

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MİMARLIK ANABİLİM DALI**  
**KENT ÇALIŞMALARI ve YÖNETİMİ PROGRAMI**

**SU/ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN GES ÜRETİM  
POTANSİYELİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Belkıs ÖĞRETMEK**

**Danışmanı: Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK**

**İSTANBUL**

Aralık 2017

Her hakkı saklıdır.

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**MİMARLIK ANA BİLİM DALI**  
**KENT ÇALIŞMALARI ve YÖNETİMİ PROGRAMI**

**SU/ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN GES ÜRETİM  
POTANSİYELİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Belkıs ÖĞRETMEK**

**Danışmanı: Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK**

**İSTANBUL**

Aralık 2017

Her hakkı saklıdır.

## ONAY SAYFASI

Belkıs ÖĞRE tarafından hazırlanan “SU/ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN GES ÜRETİM POTANSİYELİ” adlı çalışma aşağıdaki jüri üyeleri tarafından MİMARLIK ANA BİLİM DALI “KENT ÇALIŞMALARI ve YÖNETİMİ” Programında “YÜKSEK LİSANS TEZİ” olarak kabul edilip onaylanmıştır.

Danışman

Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK



Üye

Prof. Dr. Adem ESEN



Üye

Prof. Dr. Mehmet Oktay CANSUN



## BEYAN

Bu alışma İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü MİMARLIK ANA BİLİM DALI KENT ÇALIşMALARı ve YÖNETİMİ'ndeki öğrenciliğim döneminde hazırlanmış olan YÜKSEK LİSANS TEZİ tarafımdan yapılmış ve kaleme alınmış tamamen özđün bir çalışma olup bu çalışmamın başından sonuna kadar bilimsel ahlak kuralları uydum. Bu çalışmam süresince elde etmediğim ve tezimde/raporumda kullanmış olduğum bütün bilgiler ve yorumlar için atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi, patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışta bulunmadığımı beyan ederim.



**Belkis ÖĞRETMEK**

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada su ve atıksu arıtma tesislerinin elektrik ihtiyacının güneş enerjisi ile karşılanması, su ve atıksu arıtma tesislerinin işletme maliyetlerinin azaltılması ve yenilenebilir enerjinin kullanımının yaygınlaştırılarak çevrenin korunmasına katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Bu tez çalışması hocam Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK yönetiminde gerçekleştirilmiştir. Değerli hocamın her açıdan destek ve yönlendirmeleri olmadan bu çalışmanın başarıya ulaşması mümkün olmayacaktı. Çalışmanın tüm aşamalarında gösterdiği her türlü ilgi, destek ve anlayış için hocam İzzet Bey'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam boyunca bana her türlü desteği veren ve verileri almamda yardımcı olan Dilaver ŞAHİN'e ve İSKABİS programı ile ilgili yardımcı olan Karsu HATİPOĞLU'na değerli katkıları için teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca, maddi ve manevi açıdan her türlü desteklerini esirgemeyen ve bu destekleri ile bu tez çalışmasının başarıya ulaşmasını sağlayan anne ve babama tüm kalbimle teşekkür ediyorum. Tezin daha kısa sürede bitmesinde ve başarıya ulaşmasında büyük katkı sağlayan sevgili eşim Mesut'a ve bir nebze de olsa ilgimi esirgediğim sevgili oğlum Cihan Arda'ya teşekkür ediyorum.

Aralık 2017

Belkıs ÖĞRETMEK  
Elektrik Elektronik Mühendisi

# İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI.....	iv
BEYAN.....	iiiv
ÖNSÖZ.....	iv
KISALTMALAR .....	viii
TABLO LİSTESİ .....	iiix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
<b>1 GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2 YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI .....</b>	<b>3</b>
2.1 Biyokütle .....	3
2.1.1 Tarımsal Biyokütle.....	3
2.1.2 Odunsu Biyoenerji.....	3
2.1.3 Kentsel Organik Atıklar .....	4
2.2 Su.....	4
2.3 Rüzgar .....	5
2.4 Jeotermal Sular.....	6
2.5 Okyanuslar .....	7
2.6 Güneş.....	8
2.6.1 Fotovoltaik Sistemlerin Tanımlanması .....	8
2.6.2 Güneş Hücrelerinin Yapısı ve Fotovoltaik Sistem.....	9
2.6.3 Fotovoltaik Güneş Hücrelerinin Çalışma Prensibi.....	9

2.6.4	Fotovoltaik Sistem Bileşenleri .....	10
2.6.5	Güneş Hücresi Çeşitleri.....	12
2.6.6	Güneş Hücrelerinin Verimliliklerinin Karşılaştırılması .....	16
<b>3</b>	<b>DÜNYA VE TÜRKİYE GENELİNDE GÜNEŞ ENERJİSİNİN DURUMU</b>	<b>18</b>
3.1	Dünya Genelinde Güneş Enerjisinin Durumu.....	18
3.1.1	Dünyada Kurulu Güneş Enerji Santralleri .....	25
3.1.2	Dünyada Su ve Atıksu Tesislerinde Kurulu Güneş Enerji Santralleri ....	30
3.2	Türkiye Genelinde Güneş Enerjisinin Durumu.....	48
3.2.1	Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası .....	48
3.2.2	Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli .....	50
3.2.3	Türkiye'de Güneşlenme Sürelerinin Bölgelere Göre Değişimi .....	51
3.2.4	Türkiye'de İllere Göre Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi .....	55
3.2.5	Türkiye'de Kurulu Güneş Enerji Santralleri.....	56
3.2.6	Türkiye'de Su ve Atıksu Tesislerinde Kurulu Güneş Enerji Santralleri .	62
<b>4</b>	<b>İSKİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ GES UYGULAMALARI.....</b>	<b>66</b>
4.1	Büyükçekmece Gölü GES Projesi.....	66
4.1.1	Büyükçekmece Gölü Genel Bilgiler .....	66
4.1.2	Büyükçekmece GES Projesi ile Beslenebilecek Tesisler.....	67
4.1.3	Büyükçekmece Gölü GES Projesi ile Beslenebilecek Tesislerin Trafo ve Sözleşme Güç Miktarları.....	69
4.1.4	Büyükçekmece Gölü GES Projesi ile Beslenebilecek Tesislerin Fiili Elektrik Tüketim Miktarları .....	70
4.1.5	Büyükçekmece Gölü GES Projesi ile Üretilebilecek Teorik Elektrik Miktarı.....	72
4.1.6	Büyükçekmece Gölü GES Projesi için Gerekli Olan Alan ve Panel Sayısı .....	76
4.2	Terkos Gölü GES Projesi .....	77
4.2.1	Terkos Gölü Genel Bilgiler .....	77

4.2.2	Terkos Gölü GES Projesi ile Beslenebilecek Tesisler .....	79
4.2.3	Terkos Gölü GES Projesi ile Beslenebilecek Tesislerin Trafo ve Sözleşme Güç Miktarları.....	82
4.2.4	Terkos Gölü GES Projesi ile Beslenebilecek Tesislerin Fiili Elektrik Tüketim Miktarı .....	83
4.2.5	Terkos Gölü GES Projesi ile Üretilebilecek Teorik Elektrik Miktarı.....	83
4.2.6	Terkos Gölü GES Projesi için Gerekli Olan Alan ve Panel Sayısı .....	88
<b>5</b>	<b>SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>90</b>
	<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>93</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>97</b>



## KISALTMALAR

<b>GES</b>	: Güneş Enerjisi Santrali
<b>HES</b>	: Hidroelektrik Santrali
<b>İSKİ</b>	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
<b>kW</b>	: Kilo Watt
<b>MW</b>	: Mega Watt
<b>OTED</b>	: Okyanus Termal Enerji Dönüşümü
<b>PET</b>	: Poly Ethylene Terephtalate
<b>TEİAŞ</b>	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi

## TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Güneş Hücre Tiplerinin Modül ve Hücre Verimi Açısından Kıyaslanması. .....	17
Tablo 3.1 2020 Yılında Ülkelerin Tahmini Güneş Enerjisi Kurulum Miktarları ....	21
Tablo 3.2 14.5MW Güneş Enerjisi Santrali Projesine Genel Bakış.....	26
Tablo 3.3 8.5MW Güneş Enerjisi Santrali Projesine Genel Bakış.....	27
Tablo 3.4 1.7MW ve 1.2MW'lık Yüzer Mega Güneş Enerjisi Santralleri Projelerine Genel Bakış .....	31
Tablo 3.5 70MW'lık Güneş Enerjisi Santrali Projesine Genel Bakış.....	33
Tablo 3.6 2.3 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali Projesine Genel Bakış.....	34
Tablo 3.7 13.7MW'lık Güneş Enerjisi Santrali Projesine Genel Bakış.....	35
Tablo 3.8 92MW'lık Güneş Enerjisi Santrali Projesine Genel Bakış.....	36
Tablo 3.9 Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli .....	51
Tablo 3.10 Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı.....	51
Tablo 3.11 Türkiye'de İllere Göre Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi Değerleri...	56
Tablo 3.12 Güneş Enerjisi Santrallerinin Profili.....	57
Tablo 3.13 Devrede Olan Santraller.....	57
Tablo 4.1 Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin Trafo ve Sözleşme Güç Miktarları .	69

Tablo 4.2 Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin Trafo ve Sözleşme Güç Miktarları .....	70
Tablo 4.3 Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin Fiili Elektrik Tüketim Miktarları ....	71
Tablo 4.4 Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin Fiili Elektrik Tüketim Miktarları .....	72
Tablo 4.5 Panellerin Büyükçekmece Gölünü Kaplama Alanları ve Oranı .....	73
Tablo 4.6 Alanlara Yerleştirilecek Panel Sayısı .....	73
Tablo 4.7 Büyükçekmece Gölüne Kurulacak Fotovoltaik GES Sistem Kapasite Kayıp Oranları.....	74
Tablo 4.8 Büyükçekmece GES Projesi ile Üretilebilecek Teorik Elektrik Miktarı	75
Tablo 4.9 Terkos İşletmeler Müdürlüğü Tesisleri Motor Bilgileri ve Trafo Güçleri .....	82
Tablo 4.10 Terkos Terfi Merkezlerinin Fiili Elektrik Tüketim Miktarları.....	83
Tablo 4.11 Panellerin Terkos Gölünü Kaplama Alanları ve Oranı .....	85
Tablo 4.12 Alanlara Yerleştirilecek Panel Sayısı .....	86
Tablo 4.13 Terkos Gölüne Kurulacak Fotovoltaik GES Sistem Kapasite Kayıp Oranları.....	87
Tablo 4.14 Terkos Gölü GES Projesi ile Üretilebilecek Teorik Elektrik Miktarı ....	88

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1	2000-2015 Yılları Arasında Güneş Enerjisi Kurulu Güç Durumu (GW) ..	19
Şekil 3.2	2015 Yılında Ülkelerin Güneş Enerjisi Kurulu Kapasite Yüzdeleri .....	19
Şekil 3.3	2020 Yılında Tahmini Güneş Enerjisi Kurulum Miktarı(GW) .....	20
Şekil 3.4	2020 Yılına Toplam Güneş Enerjisi Kullanım Miktarı(GW) .....	20
Şekil 3.5	Yıllara Göre Avrupa Ülkelerinin Güneş Enerjisi Kurulum Miktarları.....	22
Şekil 3.6	Avrupa'da 2020 Yılı Tahmini Güneş Enerjisi Kurulum Miktarları.....	23
Şekil 3.7	Avrupa'da 2020 Yılı Toplam Tahmini Güneş Enerjisi Kurulum Miktarları .....	23
Şekil 3.8	Avrupa Ülkelerinin 2015 Yılı Güneş Enerjisi Kurulum Miktarları ve 2020 Yılı Tahminleri .....	24
Şekil 3.9	Avrupa'da 2000-2015 Yılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanım Miktarları .....	25
Şekil 3.10	Japonya'nın Hyogo Prefecture'daki Taka Kasabasında 14.5MW Güneş Enerjisi Santrali . .....	26
Şekil 3.11	Yabasekihanto Adası'nda 8,5 MW'lık Mega-Güneş Enerjisi Santrali .....	26
Şekil 3.12	Novartis İlaç Fabrikası .....	27
Şekil 3.13	BMW Binası .....	28

Şekil 3.14 Freiburg Güneş Yerleşkesi .....	29
Şekil 3.15Hôpital Universitaire De Mirebalais Hastanesi Teras Çatı BIPV Uygulaması.....	30
Şekil 3.16 Hyogo Bölgesi, Japonya'daki Projeye Genel Bir Bakış.....	31
Şekil 3.17 70MW Kagoshima Nanatsujima Mega Güneş Enerjisi Santrali.....	32
Şekil 3.18 70MW Kagoshima Nanatsujima Mega Güneş Enerjisi Santrali'nda Halka Açık Turizm Tesisi .....	32
Şekil 3.19 Kasai Şehrindeki 2.3 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali.....	33
Şekil 3.20 13.7MW Fabrikasının Yamakura Barajı Rezervuarında Oluşturulması... 34	
Şekil 3.21 Kanoya Osaki Solar Hills Güneş Enerjisi Santrali'nin Üretimi. ....	36
Şekil 3.22 Queen Elizabeth II Rezervuarı.....	37
Şekil 3.23 Queen Elizabeth II Rezervuarı Panel Dizilimleri .....	38
Şekil 3.24 Queen Elizabeth II Rezervuarı'nın Haritadaki Yeri .....	39
Şekil 3.25 İskele İnşaatı, Camden, NJ Atıksu Tesisi .....	40
Şekil 3.26 Havuzlara Döşenen Kirişler Üzerindeki Ahşap Paneller.....	40
Şekil 3.27Atıksu Tankları.....	41
Şekil 3.28 Panellerin Montaj Aşaması.....	41
Şekil 3.29 Güneş Panellerinden Sonra Camden Atıksu Tesisi.....	41
Şekil 3.30 Tankları Aralayan Alimünyum Kirişler.....	41
Şekil 3.31 Panellerin Yan Görünümü .....	42
Şekil 3.32 Atıksu Tanklarının Üzerine Döşenen Alüminyum Kirişler.....	43
Şekil 3.33 Tankların Üzerine Kurulan Panellerin Son Hali .....	42

Şekil 3.34 Alvarado Su Arıtma Tesisi'nin Havadan Görünüşü.	43
Şekil 3.35 Narmada Kanalı	45
Şekil 3.36 Kanal Suyu Üzerinde Paneller.	46
Şekil 3.37 PV Modüllere Yerleştirilen Aynalar	47
Şekil 3.38 Modüllerin Yerleşimi	47
Şekil 3.39 Northern Areas Council Atık Su Arıtma Tesisi	47
Şekil 3.40 Avrupa Güneş Enerjisi Potansiyel Haritası	49
Şekil 3.41 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası	50
Şekil 3.42 Akdeniz Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri	52
Şekil 3.43 Doğu Anadolu Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri	52
Şekil 3.44 Ege Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri	53
Şekil 3.45 Güneydoğu Anadolu Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri	53
Şekil 3.46 İç Anadolu Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri	54
Şekil 3.47 Karadeniz Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri	54
Şekil 3.48 Marmara Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri	55
Şekil 3.49 Konya Karatay Kızören Güneş Enerji Santrali	58
Şekil 3.50 Derinkuyu Güneş Enerjisi Santrali	59
Şekil 3.51 Denizli Hükümet Binası BIPV Çatı Uygulaması	60
Şekil 3.52 Antalya 100.Yıl Stadı	61
Şekil 3.53 ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Fakültesi Ayaşlı Araştırma Merkezi BIPV Uygulaması	62

Şekil 3.54 Afyonkarahisar Belediyesi İçmesuyu Arıtma Tesisi .....	63
Şekil 3.55 Nevşehir Belediyesi Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi.....	64
Şekil 3.56 Bursa Batı Özlüce Atıksu Arıtma Tesisi.....	65
Şekil 4.1 Büyükçekmece İçmesuyu Arıtma Tesisi .....	67
Şekil 4.2 Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi.....	68
Şekil 4.3 Büyükçekmece Gölü İSKABİS Üzerinden Alınan Kesitler .....	73
Şekil 4.4 Terkos Gölü İSKABİS Görünümü.....	84
Şekil 4.5 Terkos Gölü İSKABİS Üzerinden Alınan Kesitler.....	85

## ÖZET

Bu çalışmada güneş enerjisinin daha verimli bir şekilde kullanılması, çevrenin korunmasına katkı sağlanması, su ve atıksu arıtma tesislerinin elektrik ihtiyacının bir kısmının güneş enerjisi kullanılarak karşılanması ve işletme maliyetlerinin azaltılması amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda öncelikle yenilenebilir enerji kaynaklarına değinilmiş, dünyada ve ülkemiz genelinde güneş enerjisinin durumu incelenmiş, dünyada ve ülkemizde kurulu güneş enerji santralleri araştırılarak, su ve atıksu arıtma tesislerindeki uygulamalara yer verilmiştir.

Uygulama olarak Terkos ve Büyükçekmece Gölü üzerine güneş enerji sistemi tasarlanmıştır. Çalışma ile Terkos Terfi merkezleri ile Büyükçekmece Su ve Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesislerinin elektrik ihtiyacının karşılanması için göl yüzeylerinin yüzde kaçının panellerle kaplanması gerektiği, paneller için gerekli alan ve panel sayısı hesaplanmıştır. Gerekli veriler İSKİ'nin ilgili birimlerinden elde edilmiştir. Ayrıca göl yüzeylerinin %30 oranında güneş panelleriyle kaplanması durumunda elde edilebilecek elektrik miktarları hesaplanmıştır.

Bu çalışmanın, başta su ve atıksu arıtma tesisleri olmak üzere konuyla ilgilenen tüm kurum ve kuruluşlara yol gösterici bir rehber doküman olması ümit edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerji Santrali, Terkos Terfi Merkezleri, Büyükçekmece Su ve Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesisleri, Büyükçekmece Gölü, Terkos Gölü



## **ABSTRACT**

In this study, it is aimed to use solar energy more efficiently, to contribute the protection of the environment, to provide some of the electricity needs of water and wastewater treatment plants and to reduce operating costs by using solar energy.

For this purpose, firstly renewable energy sources are mentioned and the situation of solar energy in the world and in our country is examined, solar power plants installed in the world and our country are investigated and applications in water and wastewater treatment plants are given.

As an application, solar energy system is designed on Terkos and Büyükçekmece Lake. In order to supply the electricity needs of the Terkos Pumping Centers and Büyükçekmece Water and Wastewater Advanced Biological Treatment Plants, the percentage of the surface of the lake that needs to be covered with panels, the necessary area for panels and number of panels was calculated with this study. The required data were obtained from the relevant departments of the ISKI. In addition, the amount of electricity that can be obtained when the surface of the lake is covered with solar panels by 30% is calculated.

It is hoped that this work will be a guiding document for all institutions and organizations interested in the subject, especially water and wastewater treatment plants.

**Keywords:** Solar Power Plant, Terkos Pumping Centers, Büyükçekmece Water and Wastewater Advanced Biological Treatment Plants, Büyükçekmece Lake, Terkos Lake

# 1 GİRİŞ

Enerji üretimi ve tüketimi, çağımızda milletlerin refah seviyesini gösteren bir ölçü olmuştur ve ekonomik gelişme enerji tüketimi ile aşağı yukarı orantılı olarak değişmektedir. İnsanların kullandığı enerji kaynağı teknolojik gelişmelere göre değişmiştir. Önceleri enerji kaynağı olarak sadece odun ve benzeri yakacaklar kullanılırken, uzun süre sonra kömür ve yakın tarihte petrol ve doğal gaz bulunup kullanılmaya başlanmıştır.

Yaklaşık 40 yıl önce yaşanan büyük petrol krizi insanları fosil yakıtlara alternatif enerji kaynaklarını aramaya yöneltmiştir. Bu yönelimin bir diğer sebebi de fosil yakıtların sebep olduğu çevresel felaketlerdir. İnsan olmanın bir gereği, yaşamakta olduğumuz dünyayı mümkün olduğunca zarar vermeden ve kaynaklarını tüketmeden gelecek nesillere devretmektir. Bugün gelinen noktada temelde fosil yakıtların kullanımından kaynaklı mevsimsel değişiklikler, küresel ısınma ve çevre kirliliği gibi faktörlerin etkileri daha fazla hissedilmekte, ve bu sebeple de temiz ve yenilenebilir-sürdürülebilir enerji kaynaklarının yaygın olarak kullanımı çabaları artmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında hidrolik, rüzgar, dalga, gel-git, biyokütle, jeotermal ve güneş enerjisi sayılabilir. Kullanım alanı bakımından en geniş olanağa sahip olan elektrik enerjisi doğrudan ya da dolaylı olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilebilmektedir.

Güneş enerjisinden elektrik üretilmesi, ülkemizde son yıllarda giderek artan bir talep görmektedir. Fotovoltaik paneller yardımıyla elde edilen elektrik enerjisi, enerji nakil hattına verilerek ülke çapında enterkonnekte ağa katılmakta ve elektrik enerjisi talebinin karşılanmasını sağlamaktadır. Bunun yanı sıra enerji nakil hatlarının bulunmadığı yerlerde izole sistemler kurularak, hattan bağımsız bir şekilde elektrik ihtiyacının karşılanmasında da kullanılmaktadır. Elektrik üretimi esnasında herhangi

bir atık ürün çıkarmayan, işletmesi ve bakımı son derece kolay olan fotovoltaik sistemlerin kurulumu da giderek artmaktadır.

Belediyelerin, kamu hizmeti sunarken en önemli giderlerinden birisini elektrik tüketimleri için ilgili dağıtım şirketlerine ödedikleri faturalar oluşturmaktadır. İçme suyu pompaları, atık su arıtma tesisleri, park ve sokak aydınlatmaları gibi elektrik tüketimi yüksek olan birçok aboneliği bulunan belediyelerin bu kapsamda finansal açıdan büyük bir sıkıntı yaşadığı bilinmektedir.

Belediyeler tarafından güneş enerji santrali kurulması ve burada üretilen elektriğin enerji nakil hattına verilmesi mümkündür. Gerekli izinlerin alınması ile birlikte kurulan tesiste üretilen elektrik enerjisi, belediyenin tükettiği elektrik enerjisi ile mahsuplaşmak amacıyla kullanılabilir. Aynı zamanda fazla üretilen enerjinin satışı yapılarak gelir elde edilebilir.

Bu amaçla tezin birinci bölümünde konuya bir giriş yapılacaktır. İkinci bölümünde ise yenilenebilir enerji kaynaklarından bahsedilecektir. Üçüncü bölümde, Dünya ve Türkiye genelinde güneş enerjisinin durumuna değinilerek Dünyada ve Türkiye'de kurulu güneş enerji santrallerine örnekler verilmiştir. Ayrıca Dünyada ve Türkiye'deki Su ve Atıksu Tesislerinde kurulan Güneş Enerji Santralleri de detaylı olarak incelenmiştir. Dördüncü bölümde, İSKİ Genel Müdürlüğü Terkos ve Büyükçekmece Gölü su yüzeylerinin %30 oranında güneş paneli ile kaplanması durumunda elde edilebilecek enerji miktarı hesaplanmıştır. Ayrıca Terkos Terfi Merkezi'nin enerji ihtiyacının karşılanması için Terkos gölünün; Büyükçekmece İçme Suyu Arıtma ve İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinin enerji ihtiyacının karşılanması için Büyükçekmece Gölü yüzeylerinin % kaçının güneş paneliyle kaplanması gerektiği, gerekli alan ve panel sayısı hesaplanmıştır. Beşinci bölümde ise elde edilen sonuçlar ile sonraki çalışmalara dönük önerilere yer verilmiştir.

## 2 YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

Fosil kaynakların aksine yeryüzünün her noktasında en az birinin çoğunlukla bir kaçının bulunduğu ve genelde bir üretim sürecinden geçirilmeden enerji potansiyellerinden yararlanılabilen yenilenebilir enerji kaynakları, küresel ölçekte üretim ve tüketim paylarıyla oluşan sıralamaya göre; Biyokütle, Hidro, Rüzgar, Jeotermal, Okyanus ve Güneş'tir.

### 2.1 Biyokütle

Küresel ölçekte en çok kullanılan yenilenebilir enerji kaynağı olan biyoenerji, biyokütleden elde edilmektedir. Tüm organik orjinli materyaller biyokütle terimi kapsamındadır. Tarımsal biyokütle, odunsu biyokütle ve kentsel organik atıklar olmak üzere üç ana kategoride sınıflandırılması mümkündür.

#### 2.1.1 Tarımsal Biyokütle

Bitkiler fotosentez işlemi sırasında güneşten aldıkları enerjiyi ortamlarındaki karbondioksit gazını gövdelerinde depolamak maksadıyla kullanırlar. Depolama işlemi neticesinde karbondioksit gazı, selüloz, yarı selüloz ve lignin gibi maddelere dönüştürülür. Bu süreçlerden geçen bitkinin kaynak olarak tüketilmesi, tarımsal biyoenerjiye ulaşım ile sonuçlanır. "Yeşil Kömür" olarak da adlandırılan tarımsal biyoenerji kaynakları; pancar, şeker kamışı, patates, saman çöpleri ve her türden tahıl ürünlerini kapsamı altında toplamaktadır (Houtart, 2010).

#### 2.1.2 Odunsu Biyoenerji

Tarımsal biyoenerji kaynaklarıyla aynı gelişim aşamalarından geçerek oluşmaktadırlar. Ağaç kabuğu, talaş, yük taşıma sandığı, ve paletleri başlıca odunsu biyoenerji kaynaklarıdır.

### 2.1.3 Kentsel Organik Atıklar

Gelişmekte olan ülkelerdeki katı atıkların yaklaşık % 80'i organik atıktır. Bu durum, önceden sorun olarak görülen katı atıkların enerji kaynağı olarak kabul görmesini sağlamıştır. Başlıca kentsel organik atık kaynakları; bahçe, parklardan kesilen veya toplanan yapraklar, evlerdeki yiyecek ve mutfak artıkları, restoran, yiyeceğe dayalı hizmet sunan işletmelerin, perakende ürün satışı yapan yerlerin atıkları ve ürün veren organik oluşumlardır (Lorenz vd., 2013). Kısa sürede büyüme özelliğine ve düşük miktarda biyokütleden maksimum enerji elde edilmesine uygun olan tarım ürünleri, enerji tarım ürünleridir. Çok sayıda türü bulunan odunsu – otsu bitki ve çimler bu ürün grubunu kategorize etmektedir. Fil çimeni, tatlı sorgum, dallı darı, hint fıstığı ve söğüt üretimi yaygın olan türleridir (Styles vd., 2008).

## 2.2 Su

Işınım etkisiyle su kaynaklarını buharlaştıran Güneş, suyun yağmur, dolu veya kar şeklinde yeniden yeryüzüne yağış olarak düşmesini sağlayan bir döngü yaratmaktadır. Yoğunlaşarak yeryüzüne düşen yağışlar, coğrafi şekillerin ve yerçekiminin etkisiyle rakımı ve eğimi yüksek olan noktalardan, akışını kesebilecek haznelere doğru akarlar. Suyun yeryüzündeki bu yolculuğu sırasında ulaştığı akış hızı ve kapasiteye bağlı olarak ihtiva ettiği potansiyel, kullanılabilir enerjiye dönüştürülebilmektedir. Çevrim devamlılık arz ettiğinden, su gücü yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Sudaki potansiyel; modern, verimli ve güvenilir elektrik üretiminin yapıldığı hidroelektrik santrallerinde (HES) enerjiye dönüştürülmektedir. Sistem için kurulan haznedeki su, bir kanal ya da boru vasıtasıyla türbinlere yönlendirilir. Türbinlerdeki hareket jeneratörlere de dönüş verirken, üretilen elektriğin voltajı transformatörler aracılığı ile yükseltilerek tüketici kullanımına hazır hale getirilir. Türbinlerden geçen su varlığını devam ettirdiği için elektrik üretimini sağladıktan sonra değerlendirilmek üzere farklı alanlara sevk edilebilmektedir. Yüksek kaynak etkinliği sunan bu sistemin bir diğer kritik faydası ise çevreseldir. Elektrik üretiminde fosil yakıt kullanımına alternatif teşkil ettiğinden kullanılmaması halinde oluşabilecek sera gazı emisyon yayılımını önlemektedir (IEA Hydropower, 2000). Ayrıca su taşkınlarına engel olma, hazneleri sayesinde yeşil alan oluşumunu destekleme ve yerel seviyede balıkçılık sektörünün doğuşuna katkı sağlama gibi faydaları da diğer avantajlı yönlerindedir. Hidroelektrik güç üretim

sistemlerinin artı yönleri kadar negatif yönleri olduğu da tartışılmaktadır. Eleştirilerin yoğunlaştığı konular, biyolojik – ekolojik dengenin bozulması ve yatırım maliyetlerinin yüksekliğidir. Akarsuların hazneler sebebiyle göle çevrilerek civarlarındaki tarıma elverişli toprakları erozyona uğratması ve nehir içinde yaşayan organizmaları etkilemeleri ekolojik ve biyolojik dengenin bozulmasına neden olarak görülmektedir. İstimlak giderlerinin, baraj yapım maliyetlerinin yüksekliği ve yatırımın kara geçme süresindeki uzunluk gibi konular da finansman alanının dezavantajları olarak kabul bulmaktadır.

### **2.3 Rüzgar**

Güneşten gelen ışınlar atmosferin ısınmasına neden olmaktadır. Ancak dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi ve mevsimlerin oluşumunu mümkün kılan eksen eğikliği nedeniyle ısı farklılıkları oluşturmaktadır. Isınan hava yüksek katmanlara doğru hareket ederken, yerini soğuk hava kütesine bırakır. Bu oluşum sırasında meydana gelen hava akımına rüzgar adı verilmektedir. Rüzgarlar devamlılıklarına göre sürekli ve süreksiz (harikayn, tayfun, tornado ve girdap) olmak üzere iki grupta incelenebilirler (Özdamar, 2000). Coriolis, merkezkaç, sürtünme ve basınç gradyan kuvvetleri, hızlarını ve oluşumlarını belirleyen başlıca faktörlerdir. Havanın yüksek basınçtan alçak basınca doğru akma çabası basınç gradyan kuvveti olarak adlandırılırken, dünyanın kendi eksenini etrafında dönüşünün atmosfer hareketlerinde meydana getirdiği sapmanın adı Coriolis kuvvetidir. Özellikle karada etkisini gösteren ve hava akımını yavaşlatarak sirkülasyonu mümkün kılan sürtünme kuvveti, atmosferdeki farklı ısı kütlelerinin yer değişiminde de yaşanmaktadır (Özgener, 2002). İlk örneklerine İran ve Afganistan sınırında rastlanılan yel değirmenlerinin kullanılmaya başlanması 7. yüzyıla kadar uzanmaktadır. 8. ve 9. yüzyıllardan itibaren Çin’de pirinç tarlalarının sulanmasına aracılık eden değirmenlerinin Avrupa’da inşa edildiği ilk nokta, 12. yy.’ın sonlarının Normandiya Krallığıdır (Özdamar, 2000). 1890 yılında Danimarka’da inşa edilen ilk rüzgar türbini ise rüzgarın elektrik üretimi için kullanılmaya başlandığı dönüm noktası olmuştur. Rüzgar gücü, günümüzde elektrik üretimi içindeki yerini kanıtlamış payıyla önemli bir enerji kaynağı olma özelliğine sahiptir. Başlıca avantajları; arz sorunu olmaması, zararlı gaz emisyonuna neden olmadığı için asit yağmurlarına ve atmosferik ısınmaya yol açmaması, gelişen portatif teknolojileri sayesinde yüksek verimlilik

sağlaması ve kurulum süresinin kısa olmasıdır. Bazı dezavantajları ise; türbinlerinin görüntü kirliliğine neden olması ve 2 – 3 km<sup>2</sup> lik alanda radyo – tv sinyallerini parazitlendirmesidir (Güler,2005).

## 2.4 Jeotermal Sular

Dünya katmanlardan oluşmakta ve çekirdeğe doğru inildikçe sıcaklığı artmaktadır. Yer kabuğunun hemen altındaki bölüm ise; yüksek basınç ve sıcaklığın etkisiyle derinliklerinde eriyik halde kayaların, çeşitli elementler içeren buhar ve gazların bulunduğu, kalınlığı 2900 km. olan Manto'dur. Jeotermal enerji; yüzeyden yeraltına sızan suların veya zayıf noktalarından yeryüzüne doğru çatlaklar bularak yükselen Manto içeriğinin, sıcaklığın etkisiyle doğal veya suni kanallardan yeryüzüne çıkarılarak ısı veya elektriğe dönüştürülmesiyle elde edilir. Isı kaynağı, ısıyı yer altından yüzeye taşıyan akışkan ve bu akışkanın dolaşımını sağlayacak ölçüde geçirimli kayalar jeotermal kaynakların üç önemli unsurudur. Suyun buharlaşarak yukarı çıkmaya başladığı nokta ile çıkış noktası arasındaki bölge "Jeotermal Saha", çıkış yaptığı yer "Jeotermal Sistem" ve sıcak suyun yer altındaki birikim alanı "Jeotermal Rezervuar" olarak adlandırılır. Sıvının, buharın ve her ikisinin birlikte bulunduğu üç farklı rezervuar türü bulunmaktadır (Çağlar vd., 2006). 150 °C ve üzerindeki sıcaklık değerlerine sahip kaynaklar yüksek ısıdır ve genellikle elektrik üretiminde kullanılır, 150 °C'nin altında ısı değerlerine sahip olanlar ise düşük sıcaklıklı sistemlerdir ve genelde ısıtma maksatlı veya her ikisini mümkün kılan bütünlük teknolojilerle değerlendirilmektedir. Diğer birçok yenilenebilir kaynağa kıyasla kapasite faktörü oldukça yüksektir. Örneğin; rüzgar ve güneş ışınlarından elde edilen enerjiler hava durumlarına bağlı olarak değişim gösterirken, jeotermal kaynaklar uygun saha seçimleri sayesinde haftanın yedi günü yirmi dört saat kullanılabilir durumdadır (Kagel vd.,2007). Yerleşim bölgelerinin ısıtılması, müstakil binaların ısıtma ve soğutmasının yapılması (ofisler, dükkanlar, evler dahil), endüstriyel alanda; tahılların kurutulması ve balık çiftliklerinde uygun yaşam şartlarının sağlanması için suyun ısıtılması başlıca kullanım alanlarıdır (European Commission, 2013). Banyo, ısınma ve pişirme maksatlı kullanımı 3500 yıl kadar geriye uzanırken, 1904 yılında İtalya, jeotermal kaynaktan ilk kez elektrik üreten ülke olmuştur.

## 2.5 Okyanuslar

Yüzeyi 510.072.000 km<sup>2</sup> olan yerkürenin, 361.900.000 km<sup>2</sup> ile % 70,9'u sularla kaplıdır. Bir etkiye maruz kalmaması halinde denge halini koruyacak olan toplam 1,335 milyar km<sup>3</sup> suyun içinde yaşayan canlıların, deniz araçlarının, rüzgarların, Dünyanın – Ayın – Güneşin çekim gücünün, tabandaki sismik hareketlerin, jeotermal ısı değişimlerinin, kara ve yeraltı su kaynakları tarafından beslenmenin, Güneş ışınlarının teması sonucu yüzey ile derinlerde ısı farklılıkları oluşmasının, buharlaşmanın ve benzeri faktörlerin etkisiyle sürekli olarak devinim içinde olması, meydana gelen bu hareketlilikten elde edilebilecek enerji miktarının; sadece insanlığın ulaşabileceği teknolojik seviye ve işlerliğini sağlayabileceği refah düzeyi ile sınırlı olduğunu göstermektedir (Eakins ve Amante, 2010). Günümüzde ise; bu yüksek potansiyel, okyanusların altı farklı kullanım kaynağına bağlı olarak, her bir kaynak çeşidinin dönüşüm için gereksinim duyduğu farklı teknolojilerce, temsili denilebilecek düzeyde kurulu kapasite ve kapasite faktörü ile enerjiye çevrildiğinden, potansiyelin dönüştürülme seviyesi için emekleme aşamasına dahi erişilmediğini söylemek, yanlış olmayacaktır. Enerjiye dönüştürülebilen okyanus kaynakları şunlardır(Lewis, 2012):

- Dalgalar: Rüzgarın yüzeye teması sonucu ihtiva ettiği kinetik enerjiyi okyanusa transfer etmesiyle meydana gelirler.
- Gelgit Aralığı: Suyun ulaştığı en yüksek seviye ile en sığ hali arasında dikey boyutta değişim oluşmasıdır.
- Gelgit Akıntıları: Kıyı şeridinde dolarak yükselen ve çekilerek alçalan suyun kazandığı yatay hareketliliğidir.
- Okyanus Akıntıları: Suyun açık okyanustaki yatay hareketliliğidir.
- Okyanus Termal Enerji Dönüşümü (OTED): Sıcak olan yüzey suları ile genelde 1000 m.'nin altındaki soğuk suların birlikte kullanımınıdır.
- Deniz Tuzluluk Gradyent Enerjisi: Tatlı su ile tuzlu suyun karışımı, hareket enerjisinin ısı olarak serbest bırakılmasını sağlar.



## 2.6 Güneş

149,6 milyon km. mesafede bulunan Güneş, yerküreye en yakın yıldız olma özelliğine sahiptir. % 92,1'i Hidrojen, % 7,8'i Helyum ve % 0,1'i diğer elementlerden oluşmaktadır (NASA, 2017). Gerçekleştirdiği füzyon neticesinde her saniye 650 milyon ton Hidrojen, 646 milyon ton Helyuma dönüşürken, aradaki 4 milyon tonluk fark enerji formu kazanarak, ışınımın oluşması için gereken 10.000 – 170.000 yıllık sürenin sonunda uzaya yayılır. Her saniye tekrar eden bu enerji çıkışının büyüklüğü 106,4 milyar TWh'tir. Başka bir ifadeyle; 152.504 TWh olan 2013 yılı dünya enerji arzının yaklaşık olarak 700.000 katıdır (IEA, 2013). Açığa çıkan bu devasa enerjinin dünyaya ulaşan miktarı ise yıllık 3,05 milyar TWh ile 20.000 misli kadardır (Kıncay, 2017). Enerjinin uzaya yayılmasını ve dünyaya ulaşmasını sağlayan ışınım; birbirine dik düzlemlerde dalga hareketi yapan elektrik ve manyetik alanların meydana getirdiği elektromanyetik dalgalardır (DEKTMK, 2009). Atmosferin çeşitli katmanlarında fire verdikten sonra yeryüzüne ulaşan elektromanyetik dalgalardaki yüklü enerji, ısı üretimini mümkün kılan ısıl güneş sistemleri, elektrik üretilmesini sağlayan fotovoltaik ve odaklanmış güneş enerji sistemleriyle ayrıştırılarak insanlığın gereksinimlerine hizmet edecek hale dönüştürülür ve faydalanılır. Tarihte bilinen ilk kullanımına M.Ö. 215 yılında Syracuse'yı kuşatan gemilerin yoğunlaştırılmış ışınımıyla yakılması olayında rastlanılan Güneş enerjisinin, elektrik ve ısı elde edilmesini mümkün kılan çeşitli kullanım alanları ve güncel uygulama metotları bulunmaktadır. Teknolojik ilerlemeler ve maliyet etkinliğinin avantaj sağlamaya başlamasıyla 1970'lerden itibaren yaygınlaşan enerji üretim sistemlerinin başlıca kullanım alanları; su, sera, kapalı hacimlerin, yüzme havuzlarının ısıtılması, buhar, buz, tuz üretilmesi, kapalı hacimlerin soğutulması gibi ısıtma faaliyetleri ve fotovoltaik sistemlerin yanı sıra bazı ısıl yöntemlerin kullanımıyla elektrik üretimidir (Altuntop ve Erdemir, 2013).

Fotovoltaik sistemler ve özellikleri ise aşağıdaki gibidir:

### 2.6.1 Fotovoltaik Sistemlerin Tanımlanması

Fotovoltaik kelimesi İngilizce "photo" (ışık) ve "voltaic" (elektrik üreten) kelimelerinin birleşmesiyle oluşmuştur. Fotovoltaik güneş hücreleri üzerine düşen güneş ışınlarını içeriğinde bulunan yarı iletken silikon maddeler ile doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Genel olarak yüzeyleri kare, dikdörtgen veya

dairesel formlardadır. Yüzey alanı 100, 156 ve 243 cm<sup>2</sup> kalınlıkları ise 0,2 ila 0,4 mm arasında değişmektedir. Birim alandan 1 Watt elektrik enerjisi elde edilir.

### 2.6.2 Güneş Hücrelerinin Yapısı ve Fotovoltaik Sistem

Fotovoltaik güneş hücresi birbirine zıt iki yarı iletken katmandan oluşmuştur. Bu iletken katmanlar silisyum, kadmiyum tellür, galyum arsenit gibi malzemelerden üretilmektedir. Bu maddelerin güneş pili yapımında kullanılabilmesi için fosfor, alüminyum indiyum, bor gibi maddelerle işlem görerek N ya da P tipi yarı iletken maddelere dönüştürülürler. Yarı iletkenin N ya da P olması eklenen maddeye bağlıdır. En yaygın kullanılan silisyumdan N tipi silisyum elde etmek için silisyum eriğine fosfor eklenir. Silisyum atomunun dış yörüngesinde 4 elektron, fosfor atomunun dış yörüngesinde 5 elektron olduğu için fosfordaki fazla olan 1 elektronu kristal yapıya verir. Bu sebeple 5. Grup elementlerine N tipi ya da verici katkı maddesi denir. Diğer bir şekilde P tipi bir silisyum elde etmek için silisyum eriği içine periyodik cetveldeki 3. Grup bir element (alüminyum, indiyum ya da bor gibi) eklenir. 3 grup elementin son yörüngesinde bulunan 3 elektron olduğundan kristal yapının 1 elektron eksikliği oluşur bu duruma boşluk denir ve pozitif yük taşıdığı varsayılır. Bu tür maddelere de P tipi yafa alıcı katkı maddeler denir. P ya da N tip ana malzemeler içerisine gerekli katkı maddeler katılarak yarı iletken eklemler oluşur. P ve N tipi yarı iletkenler bir araya gelmeden önce her iki madde elektriksel bakımdan yüksüz (nötr) dür. PN eklem oluştuğunda, N maddesindeki elektronlar, P maddesine doğru akım oluşturur. Bu olay her iki tarafta yük dengesi oluşana kadar devam eder. PN tipi maddenin ara yüzeyinde, P bölgesinde negatif N bölgesi tarafında ise pozitif yük birikir. Bu eklem bölgesine geçiş bölgesi denir (Goetzberger ve Hoffmann, 2005).

### 2.6.3 Fotovoltaik Güneş Hücrelerinin Çalışma Prensibi

Güneşten gelen ışınlar güneş hücresine temas ettiğinde hücrenin dış yüzeyindeki geçirgen tabakadan geçerek yarı iletken madde tarafından emilir. Işığın emilmesiyle serbest kalan elektronlar elektrik akımını oluştururlar. Güneş pilinde çok elektrona sahip P tipi yarı iletken madde ve az elektrona sahip olan N tipi yarı iletken madde bulunur. Güneş ışığı P tipi yarı iletken maddeden elektron koparır. Enerji kazanan elektronlar N tipi yarı iletken maddeye doğru akarlar. Bu sabit ve tek yönlü elektron

akışı DC doğru akımı oluşturur. Elektronlar kurulan devreler boyunca akarak pillerin şarj edilmesinde ya da farklı alanlarda kullanılır ve P tipi yarı iletken maddeye geri döner.

Yarı iletken eklemine güneş pili olarak çalışması için eklem bölgesinde fotovoltaik dönüşümünü sağlaması gerekir. Bu dönüşüm P ve N bölgeleri arasında elektron akışıyla gerçekleşir. Yarıiletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandı oluşur. Bu bantlar valans bandı ve iletkenlik bandı adını alır. Bu yasak enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili foton, yarıiletken tarafından soğurulduğu zaman enerjisini valans bandındaki bir elektrona vererek elektronun iletkenlik bandına çıkmasını sağlar. Bu şekilde PN eklem güneş pilinin ara yüzeyinde elektronlar P bölgesinden N bölgesine geçerken N bölgesinden P bölgesine akımı hareketliliği sağlanmış olur. Bu şekilde tekrar bir fotonun pil yüzeyine çarpmasıyla elektron hareketliliği devam eder (Goetzberger ve Hoffmann, 2005).

#### 2.6.4 Fotovoltaik Sistem Bileşenleri

Fotovoltaik modüller, fotovoltaik sistemin en temel ve en önemli parçasıdır. Fotovoltaik güneş hücreleri, güneşten aldıkları güneş ışığından elektrik üreten yarı iletken malzemelerden üretilmişlerdir. 24 Boyutları genelde kare, dikdörtgen ve daire formunda olup yüzey alanları 100 cm<sup>2</sup> 'dir. Kalınlıkları 0,2 mm ile 0,4 mm arasında değişmektedir. Bir adet fotovoltaik güneş hücresinden üretilen elektrik miktarı çok azdır. Bu nedenler fotovoltaik güneş hücreleri seri ya da paralel bağlanarak fotovoltaik modülleri, modüllerde birleşerek panelleri, panellerde birbirine bağlanarak dizileri oluştururlar (Çelebi, 2002).

##### 2.6.4.1 Alüminyum Çerçevesiz ve Camlı Modüller

Fotovoltaik güneş hücrelerinden oluşturulan fotovoltaik panel alüminyum bir çerçeve içerisine yerleştirilir. Modül üzerindeki cam, pilleri çevresel etkilere karşı muhafaza edecek bir film tabaka ile kaplanır. En çok kullanılan fotovoltaik modül tipleridir (Oluklulu, 2001).

##### 2.6.4.2 Çerçevesiz Modüller

Çok yüksek verimliliğe sahip mono kristal silikon fotovoltaik pillerinden yapılır ve iki tabaka halinde optik filmlerle kaplanırlar. Modülün arka kısmı PET (Poly

Ethylene Terephthalate) filmi ile ortada fotovoltaik pili, ön kısmı ise pet film ya da cam malzemeden oluşturulur. Genelde trafik ikaz ışıkları veya hibrit sistemler gibi şebeke bağlantısının gerekmediği durumlarda kullanılır (Sayın ve Koç, 2011).

#### 2.6.4.3 Metal Tabanlı Modüller

Optik film tabakaları arasında ince tabakalara ayrılmış mono kristal silikon güneş hücresi pillerinden üretilir. Özel yapışkan ve yalıtım yapan kaplama ile kaplanmış paslanmaz çelik, metal ya da alüminyum alaşımdan imal edilmiş konstrüksiyon üzerine oturtulur. Modüller metal bir taban üzerine, alt kısmında PET film, orta kısımda fotovoltaik piller, ön kısımda yine Pet film ya da camdan oluşan bir yapıdadır (Sayın, 2006).

#### 2.6.4.4 Çift Yüzeyle Modüller

Her iki yüzeyinden de enerji üreten modül tipidir. Bu modüller her türlü fotovoltaik uygulamalarında kullanılabilirler. Bu tip modüller enerji üretim maliyeti açısından oldukça ekonomiktirler.

#### 2.6.4.5 Aküler

Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depo eden, ihtiyaç halinde depolanan enerjiyi elektrik enerjisi olarak veren cihaza akü denir. Fotovoltaik hücreler tarafından üretilen fazla enerjinin depolanması için akülere ihtiyaç vardır. Güneş enerjisinin depolanmasında en çok kurşun-asit ve nikel-kadmiyum tipli aküler kullanılmaktadır.

#### 2.6.4.6 Şarj Denetim Birimleri (Regülatör)

Regülatör, fotovoltaik panelden gelen akımı düzenleyerek aküye iletilmesini sağlayan birimlerdir. Regülatörler akünün tam dolmasını ve deşarj (boşalmasını) olmasını engeller. Regülatör seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli parametre, regülatörün ihtiyaç duyulan maksimum akıma dayanıklı olmasıdır. Seçilen regülatörün, kullanılan batarya voltajı ile uyumlu olmasına da dikkat edilmelidir. Şarj regülatörleri kullanılacak sisteme göre 12V/24V/48V (volt) ve/veya 10A/20A/ 40A/ 60A (amper) gibi değerlerde değişir (Arkan, 2012).

#### 2.6.4.7 İnvörtörler

İnvörtörler doğru akımı alternatif akıma dönüştüren cihazlardır. Güneş enerjisinden üretilen enerji (DC) doğru akım, evlerde kullandığımız elektrikli cihazlar ise (AC) alternatif akımlıdır. 12-24 volt olan doğru akımı 220 volt 60 Hz şebeke elektriğine çevirirler. Verimleri %93 civarındadır (Pearsall ve Hill, 2001).

#### 2.6.4.8 Diğer Sistem Bileşenleri

Fotovoltaik sistemlerden elektrik üretebilmek için, fotovoltaik modül, akü, regülatör, invörtör gibi bileşenler dışında başka bileşenlere de ihtiyaç vardır. Bu bileşenler, diyotlar , kablolar, bağlantı kesme elemanı, sigortalar, topraklama elemanları, aşırı akımdan koruma elemanı ve diğer montaj parçalarıdır. Bu elemanların tamamı bir fotovoltaik modülden enerji üretmek ve bu enerjinin yapılarda kullanımını sağlamak için gerekli olan parçalardır.

#### 2.6.5 Güneş Hücresi Çeşitleri

Fotovoltaik hücreler çeşitli malzemelerden üretilmektedirler. Güneş hücrelerinin %98'i (Si) silisyumdan üretilmektedir ve silisyum dünyada bol miktarda (SiO<sub>2</sub> kuvars) bulunur. Üretilen malzeme çeşidine göre bu hücreler genel olarak kristal silisyum, ince film ve çok katmanlı güneş hücreleri olarak üç grupta incelenebilir.

##### 2.6.5.1 Kristal Silisyum Güneş Hücresi

Güneş pili yapımında en çok tercih edilen hücre tipidir. Güneş ışınlarını yutma oranı düşük olmasına karşın verimleri %12-16 arasındadır. Hücre ve modül verimlilikleri hücre tipine göre değişiklik gösterir. Bu hücre tipleri, monokristal ve polikristal olarak ikiye ayrılırlar (Yerebakan, 2010).

##### 2.6.5.1.1 Monokristal Silisyum Güneş Hücresi (c-Si, SIN)

Mono kristal silisyum güneş hücresi verimi en yüksek olan pillerdir. Silisyum malzemesinin özelliklerini uzun süre muhafaza etmesi, yapısal ve elektriksel özelliklerinin madde içinde her yerde aynı olup homojen bir yapıya sahip olması nedeniyle fotovoltaik piller arasında en çok tercih edilme sebebi olmuştur. Verimleri %15-18 arasındadır ve uzun vadeli yatırımlar için uygundur. Buna rağmen üretim süreci karmaşık ve diğer türlere göre pahalıdır. Verimlilikleri laboratuvar ortamında

%20 ye kadar ulaşmıştır. Siyah, koyu kahverengi renklerindedir ve homojen bir görünüme sahiptirler (Yerebakan, 2010).

#### 2.6.5.1.2 Polikristal Silisyum Güneş Hücresi (Poly-Si)

Çok kristalli güneş hücresi üretiminde ham silikon vakum altında 1500 °C ye ısıtılır ve eriyik olan silisyum kare veya üçgen formlarda dökülür. Daha sonra ergime kabında 800 °C ye kadar soğutulur. Bu işlem sonunda 300 mm boyunda 400x400 mm ebadında silikon bloklar elde edilir. Bloklar kesilerek 0,3 mm kalınlığındaki levhalar haline getirilir. Bu kesme işleminde silikonun bir kısmı toz olarak kaybedilir. Fosforla karıştırıldıktan sonra arka kontak eklenir. Son olarak da elektriksel kısımlar ön yüze eklenir ve yansıma önleyici kaplamalar yapılarak işlem tamamlanmış olur. Polikristal güneş hücresi üretimi monokristal hücrelere göre daha basit üretilir ve daha ucuzdur. Ortalama verimlilikleri %12 -14 civarındadır. Fiyatının uygun olmasından dolayı çok tercih edilmektedir.

#### 2.6.5.2 İnce Film Güneş Hücresi

İnce film güneş hücreleri üretiminde genellikle polikristal güneş hücresi üretimindeki malzemeler kullanılmaktadır. Çok ince mikrometre düzeyindeki silisyum damarlarından oluşur. İnce film güneş hücreleri çok ince katmanlı bir yapıya sahip olduklarından üretim maliyetleri diğer kristalli yapılara göre düşüktür. Kristalli hücrelerde üretim için gerekli olan sıcaklık 1500 °C iken, ince film hücrelerde 200 °C -500°C civarındadır. İnce film güneş hücreleri istenilen formlarda kullanılabilirlerinden dolayı kullanım ve üretim açısından daha esneklerdir. Verimlilikleri ise %10 civarındadır. İnce film güneş hücreleri gibi üretimi yapılan 3 farklı güneş hücresi mevcuttur. Bunlar; amorf silisyum (a-Si) güneş hücresi, kadmiyum tellür (CdTe) güneş hücresi ve bakır iridyum diselenid CuInSe<sub>2</sub> (CIS) güneş hücresidir (Koryürek, 2008).

##### 2.6.5.2.1 Amorf Silisyum Güneş Hücresi

Amorf silisyum güneş hücreleri ince film güneş hücresi türündedir. İnce film hücre gibi çok ince katmanlıdır. Kristal yapıdan ayıran en önemli özellik ise atomlarının dizilişinin dağınık olmasıdır. Amorf silisyum güneş hücreleri de ince film hücreler gibi kavisli ve bükümlü yüzeylere uygulanabilir. Amorf güneş hücrelerinin

verimliliği kristal hücelere oranla çok düşüktür. Verimlilik % 6 civarındadır ve üretim maliyeti çok düşüktür. Rengi kırmızımsı kahverengidir. Düşük maliyet ve yüksek verimlilik gerektirmeyen uygulamalarda kullanılabilirler (Keleş, 2008).

#### 2.6.5.2.2 Kadmiyum Tellür Güneş Hücresi

Periyodik tablonun ikinci gurubunda bulunan kadmiyum elementi ve altıncı gurubunda bulunan tellür elementinin bir araya getirilmesiyle oluşturulan kadmiyum tellür (CdTe) yarı-iletkeni güneş radyasyonunun büyük bölümünü absorbe edebilecek yapıdadır. Yüksek soğurma özelliği yanında, ince film büyütme teknolojisinin birçoğu ile kolayca üretime olanak tanınması, geniş yüzey alanlı güneş pili üretiminde CdTe birleşik yarı iletkeninin öne çıkmasını sağlamıştır. Kadmiyum tellür güneş pilleri bir cam tabakanın altına ön kontak olarak saydam bir iletken tabaka (genellikle indiyum çinko oksit, ITO) kullanılarak imal edilir. Bir sonraki tabaka olabildiğince ince tutulan N tipi katkılanmış kadmiyum sülfid (CdS) ve daha sonra da P tipi katkılanmış CdTe absorbe eden tabakadır.

Kadmiyum Tellür güneş pillerinin üretim maliyeti düşüktür. Verimliliği amorf silisyumdan fazladır. Sadece rijit cam ile kullanılabilir. 1 cm<sup>2</sup> de yaklaşık %17'lik, 8390 cm<sup>2</sup> de %11'lik bir verime ulaşılmıştır (Oktik, 2001).

#### 2.6.5.2.3 Bakır İndiyum Diseleneid Güneş Hücresi

Periyodik tablonun birinci, üçüncü ve altıncı grubundan elementlerin üçünün ya da daha fazlasının bir araya gelmesi ile oluşan bu bileşik yarı iletkenleri soğurma katsayıları oldukça yüksek olup, yasak enerji aralıktan güneşin spektrumu ile ideal bir şekilde uyuşacak biçimde ayarlanabilir.

CIS güneş pilleri amorf silikonda olduğu gibi güneş ışığı sebebiyle verimleri düşecek kadar hassas değildir. Ancak sıcak ve nemli çevrelerde değişken verim ve enerji üretimi sorunları mevcuttur. İnce film güneş pilleri arasında en verimli teknoloji bakır indiyum diseleneid güneş pilleridir. Bu çok kristal pilde laboratuvar şartlarında %17,7 enerji üretimi amaçlı prototip modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir. Üretim maliyeti düşüktür. Verimliliği amorf silisyum güneş hücrelerine göre fazladır. Cam ve esnek yüzeyler ile kullanılabilir (Keleş, 2008).

### 2.6.5.3 Gelişme Aşamasında Olan Diğer Hücre Teknolojileri

Periyodik tablonun üçüncü ve beşinci grubu elementlerin bir araya gelmesiyle oluşan bileşik yarı iletkenin soğurma özelliği çok yüksektir. Bu hücrelere en iyi örnek galyum arsenit' ten (GaAs) yapılan güneş pilleridir. Bunun yanında ince kristal silisyum güneş hücresi, organik ve nano kristal güneş hücreleri gelişen güneş hücreleridir.

#### 2.6.5.3.1 Gallium Arsenide (GaAs)

Kristal silisyumdan sonra ikinci derece önemli yarı iletken materyaldir. “multiple-junction” aygıtından %30 verim alındığı görülmüştür. Sonraki çalışmalarda hücre verimi %40'lara sistem verimi de %30-35 civarına ulaşmıştır. Bu sistemlerin maliyeti çok yüksek olduğundan şu an için uzay çalışmalarında kullanılmaktadır.

#### 2.6.5.3.2 Dye-Sensitized (DSC) Hücreler

Dye-sensitized (DSC) güneş teknolojisi yapay fotosentez göz önünde bulundurularak düşünülmüş iyi bir teknolojidir. Bulutlu havalarda, geçici veya kalıcı bölgesel gölgelemelerde indirek ışınım ile en iyi performansı gösterir. DSC teknolojisinde titanyum dioksit (TiO<sub>2</sub>) elementi yaygındır. Titanyum dioksit partikülleri ışığa duyarlı boya ile kaplanır ve iyot iyonlarından oluşan solüsyon içindeki iki elektrot arasında askıya alınır. Işığa maruz kalan boyadan titanyum dioksite elektronlar geçer. Bununla beraber iyot elektronları da boyada boşalan yere akar. Böylece bir elektron akımı oluşur. Verimi %10 civarındadır, değişik gün ışığı koşullarında etkindir (Keleş, 2008).

#### 2.6.5.3.3 Organik ve Nano Kristal Güneş Hücresi

Dye-sensitized hücrelerin yanında organik/inorganik hibrit hücreler de mevcuttur. Bunları kabaca moleküler ve polimer olarak ayırmak mümkündür. Oldukça yüksek ışık emilimine sahip olan bu materyallerden çok düşük miktarlarda kullanım yeterli olmaktadır.

Enerji geri dönüşüm süresi organik hücrelerde daha kısa olduğundan büyük alanlarda kullanımlarda organik hücreler ile inorganik hücreler arasında büyük bir rekabet bulunmaktadır. Organik hücrelerin maliyetinin ucuz olması, farklı materyal



seçenekleri, tabaka kalınlığının inorganik materyallere göre daha ince olması gibi önemli avantajları bulunmaktadır. Fakat 1999'dan beri yapılan çalışmalarda bu hücrelerin verimliliği ancak %3,3 e çıkarılabilmektedir.

#### 2.6.6 Güneş Hücrelerinin Verimliliklerinin Karşılaştırılması

şebeke bağlantılı sistemlerde genelde monokristal ya da polikristal silikon hücreler kullanılmaktadır. Polikristal hücrelerin daha düşük olan verimi, üretim maliyetlerinden kaynaklı fiyat avantajıyla dengelenir. şekilsiz, yani amorf yapılı hücreler ise şebekeden bağımsız sistemlerde kullanılır. Piyasadaki hücreler arasında HIT yani Hibrit modüller en çok verimliliğe sahiptir. CIS ve CdTe ince film modüller de seri üretime geçmiş ve önemli referans projelerde kullanılmaya başlanmıştır. Galyum arsenid (GaAs) gibi maddeler ise en verimli güneş hücrelerinin üretiminde kullanılır. Fiyat bakımından diğer hücrelerle rekabet edemedikleri için bu hücrelerden, yalnızca uzay araştırmalarında ve de GaSb ile GaInP gibi diğer III-V grubu bileşikleriyle beraber yoğunlaştırıcı sistemlerde kullanılır. Tandem ve üçlü hücreler, verimlilik açısından dünya rekoru kırma yolunda ilgi çekici araştırmalara konu olmaktadır. Boyalarla duyarlı hale gelen organik hücreler ise geleceği çok parlak, oldukça ilginç ve değişik bir alandır. Hem renk seçenekleri hem de şeffaflıklarıyla özellikle binalara entegre edilen sistemler için yeni bir trend oluşturacakları kesindir. Tablo 2.1'de hücre tiplerine göre modül ve hücrelerin maksimum verimlilikleri özetlenmiştir. (<http://www.birsolar.com/solar-bilgi/gunes-enerjisi>)

**Tablo 2.1** Güneş Hücre Tiplerinin Modül ve Hücre Verimi Açısından Kıyaslanması  
(<http://www.solarharita.com/kutuphane/>).

Güneş Hücresi Malzemesi	Hücre Verimi (Laboratuvarında) %	Hücre Verimi (Sınırlı Üretimde)%	Modül Verimi (Seri Üretimde) %
Monokristal Silikon	24.7	18	14
Polikristal Silikon	19.8	16	13
Ribbon Silikon	19.7	14	13
Kristal İnce Film Silikon	19.2	9.5	7.9
Şekilsiz Amorf Silikon <sup>a</sup>	13	10.5	7.5
Mikromorf Silikon <sup>a</sup>	12	10.7	9.1
Hibrit HIT Hücre	20.1	17.3	15.2
CIS, CIGS	18.8	14	10
Kadmiyum Tellür	16.4	10	9
III-V Yarı İletkenleri	35.8 <sup>b</sup>	27.4	27
Boyaya Duyarlı Hücre	12	7	5 <sup>c</sup>

a kararlı halde

b yoğunlaştırılmış ışınım altında ölçülen

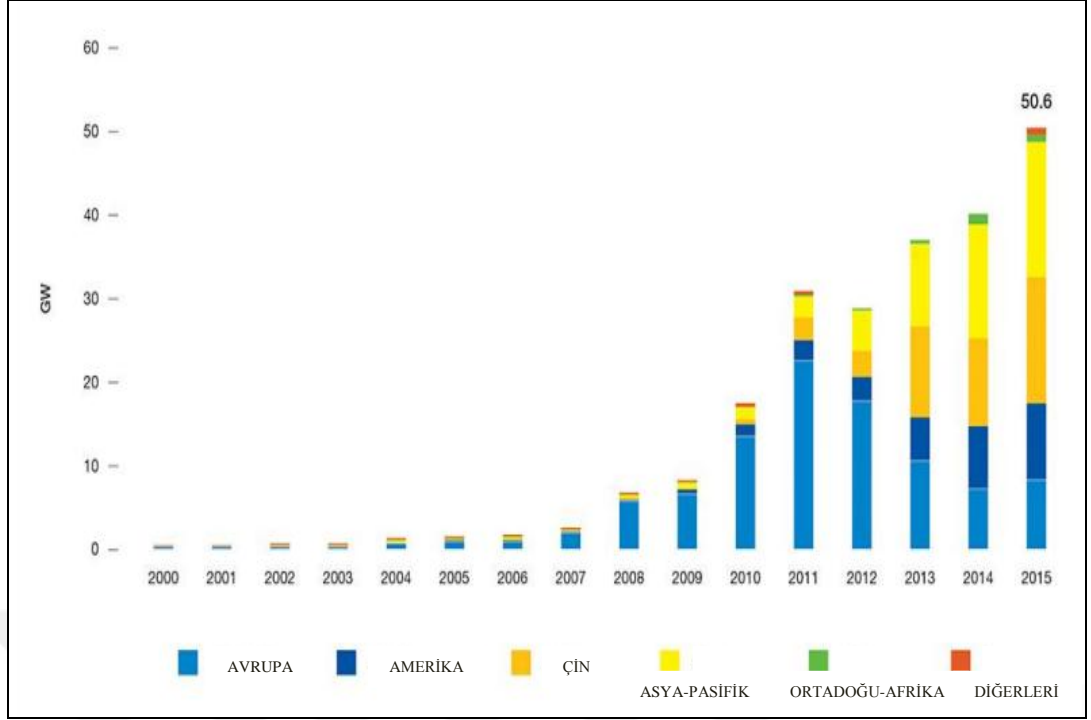
c az miktarda üretim Aşağıdaki tabloda ise 1kWp gücündeki güneş paneli türünün ne kadarlık bir alan kapladığı gösterilmektedir.

### **3 DÜNYA VE TÜRKİYE GENELİNDE GÜNEŞ ENERJİSİNİN DURUMU**

Bu bölümde Dünya ve Türkiye genelinde güneş enerjisinin durumuna değinilmiş ve Dünyada ve Türkiye'de kurulu güneş enerji santrallerine örnekler verilmiştir. Ayrıca Dünyada ve Türkiye'deki Su ve Atıksu Tesislerinde kurulan Güneş Enerji Santralleri detaylı olarak incelenmiştir.

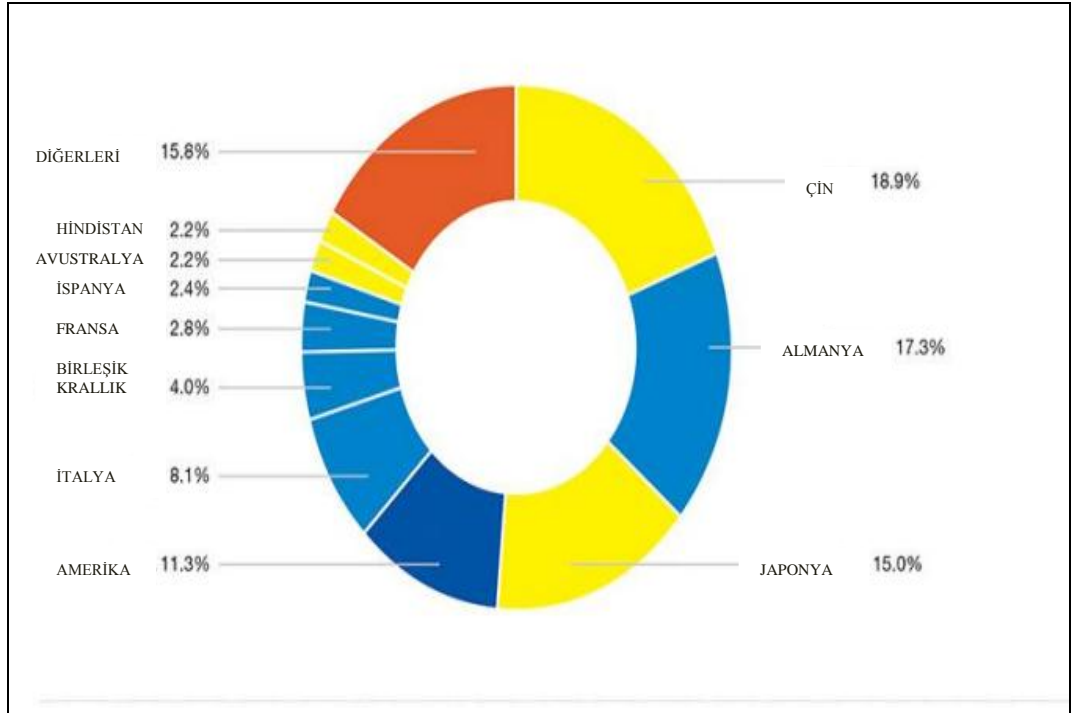
#### **3.1 Dünya Genelinde Güneş Enerjisinin Durumu**

2000'li yıllarından başından 2010 yılına kadar dünyada güneş elektrik enerjisi kapasite artışı yaklaşık % 1000 olarak gerçekleşmiştir. Ülkeler, 2007 yılında güneş enerjisi ile birlikte yenilenebilir enerji kapasitesini arttırmaya, santral inşasına, araştırma ve geliştirmeye dünya çapında 100 milyar ABD dolarından fazla bir para harcanmıştır. Bu çok önemli bir dönüm noktasıdır. Yenilenebilir enerji üretim kapasitesi 2007 yılında dünya'da yaklaşık 240 GW'a yükselmiştir. Bu, 2004'e göre % 50'lik bir artış demektir. 2007 itibariyle yenilenebilir enerji kaynakları küresel enerji kapasitesinin % 5'ine ve küresel enerji üretiminin % 3,4'üne karşılık gelmektedir. Kendi başına küresel enerji üretiminin % 15'ini karşılayan büyük hidroelektrik santraller bu rakamın dışındadır (DEKTMK, 2009). 2000'li yıllardan günümüze kadar Dünyadaki güneş enerjisi kurulum miktarları Şekil 3.1'deki gibidir:



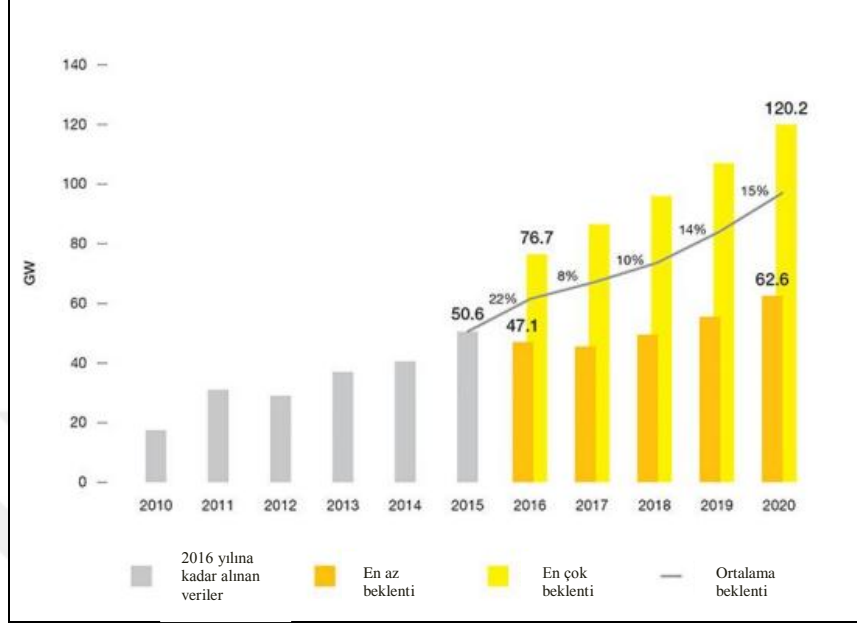
**Şekil 3.1** 2000-2015 Yılları Arasında Güneş Enerjisi Kurulu Güç Durumu (GW)  
(<http://www.solarpowereurope.org>)

Şekil 3.1'de görüldüğü gibi dünyada güneş enerjisi kullanımını 2014 yılından 2015 yılına %25'lik bir büyüme göstermiş ve 2015 yılında 50GW'ın üstüne çıkmıştır.



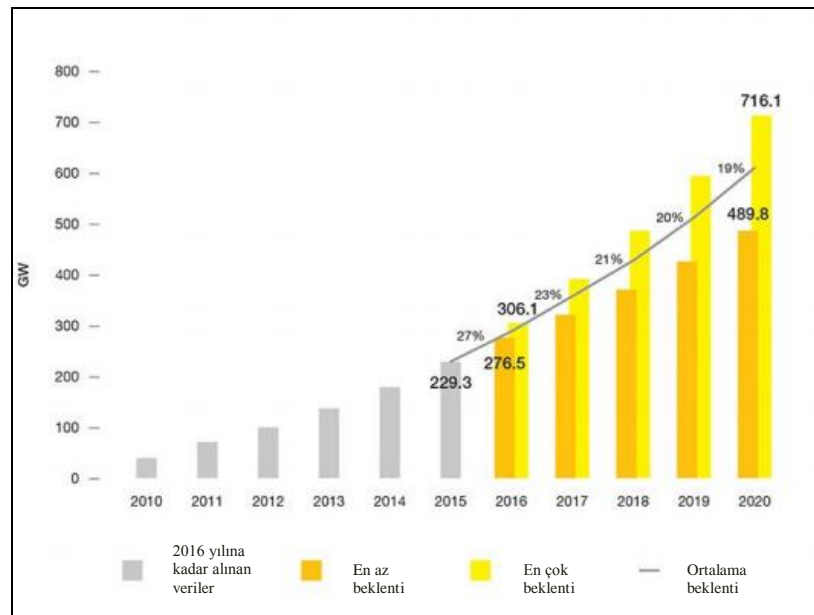
**Şekil 3.2** 2015 Yılında Ülkelerin Güneş Enerjisi Kurulu Kapasite Yüzdeleri  
(<http://www.solarpowereurope.org>)

Şekil 3.2'de görüldüğü gibi 2015 yılı sonu itibariyle Çin, %18,9 luk oranla güneş enerjisi kullanımında ilk sırada yer almaktadır. Çin'i %17,3'lük oranla Almanya, %15'lik oranla Japonya ve %11,3'lük oranla Amerika takip etmektedir.



Şekil 3.3 2020 Yılında Tahmini Güneş Enerjisi Kurulum Miktarı(GW) (<http://www.solarpowereurope.org>)

Şekil 3.3'te görüldüğü üzere 2020 yılında güneş enerjisi kullanım miktarının en düşük 62,6 GW, en fazla 120,2GW olacağı; ortalama olarak ise 97 GW olarak tahmin edilmektedir.



Şekil 3.4 2020 Yılına Toplam Güneş Enerjisi Kullanım Miktarı(GW) (<http://www.solarpowereurope.org>)

Şekil 3.4.'te görüldüğü üzere 2020 yılına kadar toplam güneş enerjisi kullanım miktarının en düşük 489,8 GW, en fazla 716,1 olacağı; ortalama olarak ise 600 GW olarak tahmin edilmektedir.

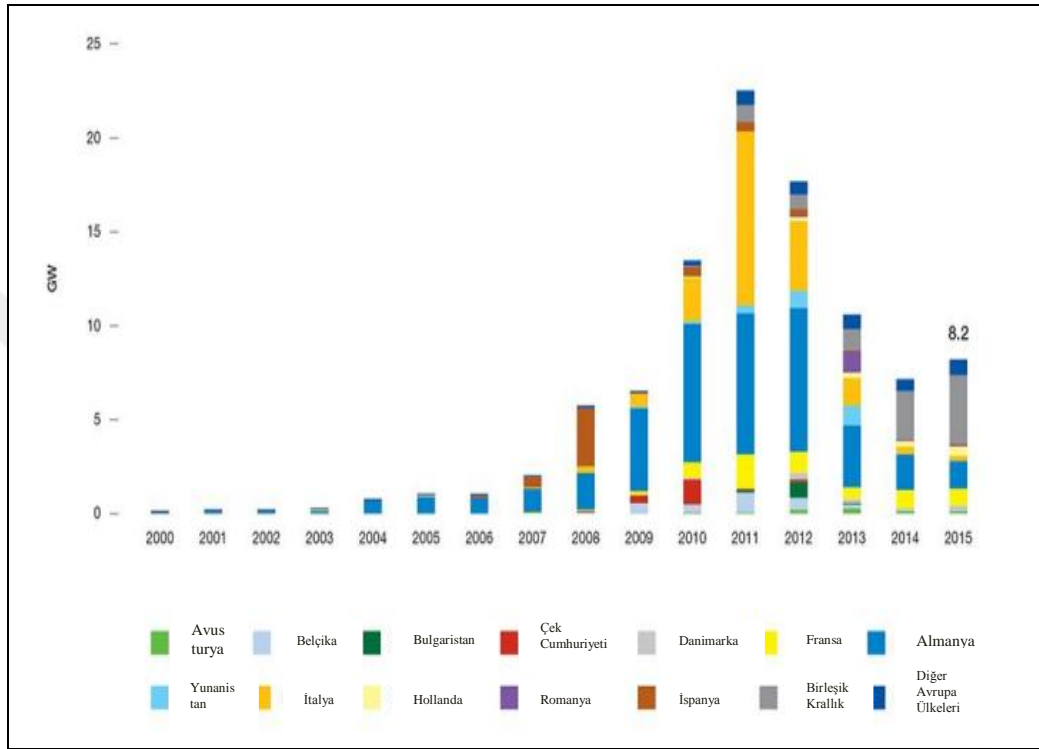
**Tablo 3.1** 2020 Yılında Ülkelerin Tahmini Güneş Enerjisi Kurulum Miktarları (<http://www.solarpowereurope.org>)

	2015 Toplam Kapasite MW	2020 2020'ye kadar Beklenen Ortalama Toplam Kapasite MW	2016-2020 Yeni Kapasite MW	2016-2020 Yıllık Ortalama Büyüme Oranı (%)
ÇİN	43,381	130,381	87,000	25%
AMERİKA	25,910	85,310	59,400	27%
HİNDİSTAN	5,048	57,398	52,350	63%
JAPONYA	34,347	63,347	29,000	13%
PAKİSTAN	610	9,985	9,375	75%
MEKSİKA	205	9,080	8,875	114%
AVUSTRALYA	5,093	12,248	7,155	19%
BREZİLYA	69	6,509	6,440	149%
KORE	3,421	9,821	6,400	23%
MISIR	16	4,859	4,843	214%
FİLİPİNLER	156	3,956	3,800	91%
KANADA	2,371	6,056	3,685	21%
SİLİ	854	4,509	3,655	39%
TAYLAND	1,444	4,654	3,210	26%
CEZAYİR	268	3,053	2,785	63%
TAYVAN	1,176	3,726	2,550	26%
GÜNEY AFRİKA	1,122	3,457	2,335	25%
SUUDİ ARABİSTAN	100	2,285	2,185	87%
BİRLEŞİK ARAP EMİRLİKLERİ	24	1,786	1,763	138%
İSRAİL	870	2,220	1,350	21%

Tablo 3.1'e göre Çin'in 2020 yılına kadar güneş enerjisi kurulum miktarını %25'lik artışla 87GW arttıracığı ve halen ilk sırada yer alacağı tahmin edilmektedir. Bu miktarları 59,4GW ile Amerika ve 52,35GW ile Hindistan takip etmektedir. Özellikle Mısır %214'lük artışla başta olmak üzere, Brezilya, Meksika ve Birleşik Arap Emirlikleri'nde de %100'ün üzerinde bir gelişme beklenmektedir.

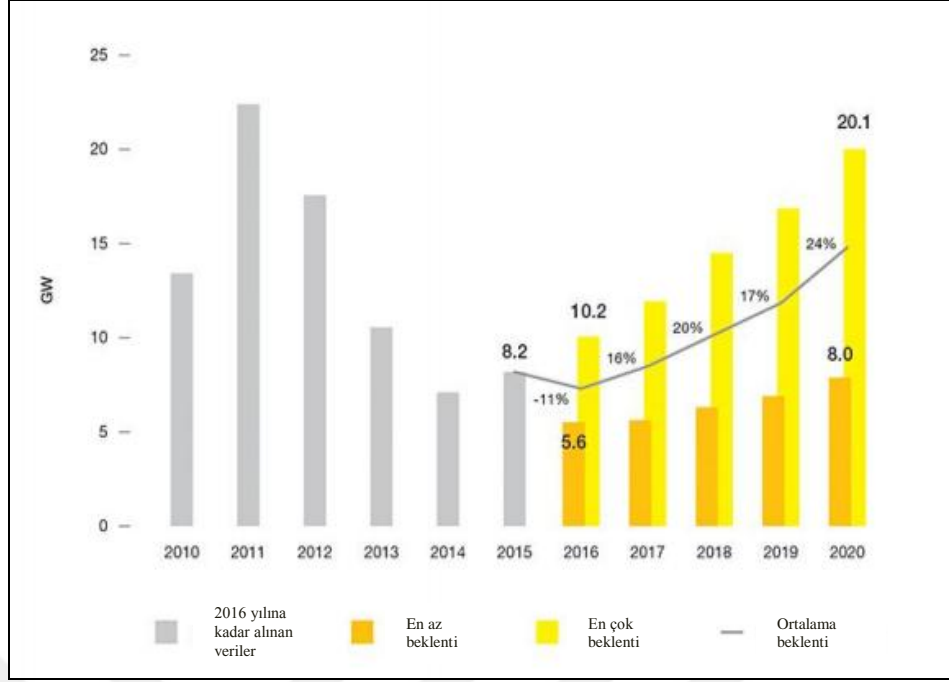
## Avrupa'da Güneş Enerjisinin Kullanım Durumu

Avrupa ülkeleri incelendiğinde, Şekil 3.5'te görüldüğü üzere özellikle 2010 ve 2012 yılları arasında Almanya ve İtalya'nın güneş enerjisi kurulumlarında ön sırada olduğu görülmüştür. 2013 ve 2015 yılları arasında Almanya ve İtalya'da kurulumda gerileme, Birleşik Krallık'ta ise artış görülmektedir.



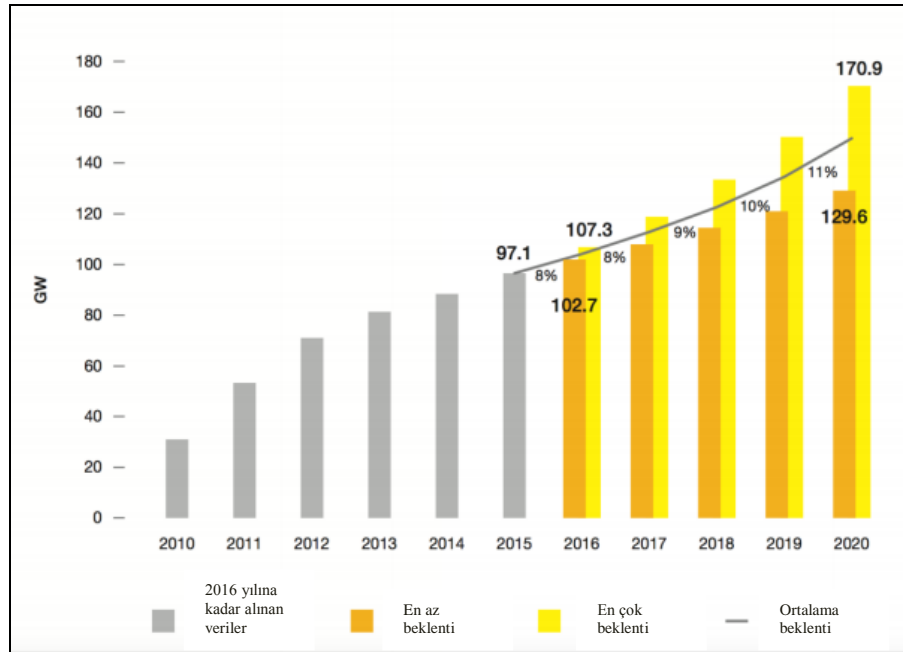
**Şekil 3.5** Yıllara Göre Avrupa Ülkelerinin Güneş Enerjisi Kurulum Miktarları (<http://www.solarpowereurope.org>)

2020 yılında Şekil 3.6'da görüldüğü üzere Avrupa'da güneş enerjisi kullanım miktarının en düşük 8 GW, en fazla 20,1GW olacağı; ortalama olarak ise 15 GW civarlarında olacağı tahmin edilmektedir.



**Şekil 3.6** Avrupa'da 2020 Yılı Tahmini Güneş Enerjisi Kurulum Miktarları (<http://www.solarpowereurope.org>)

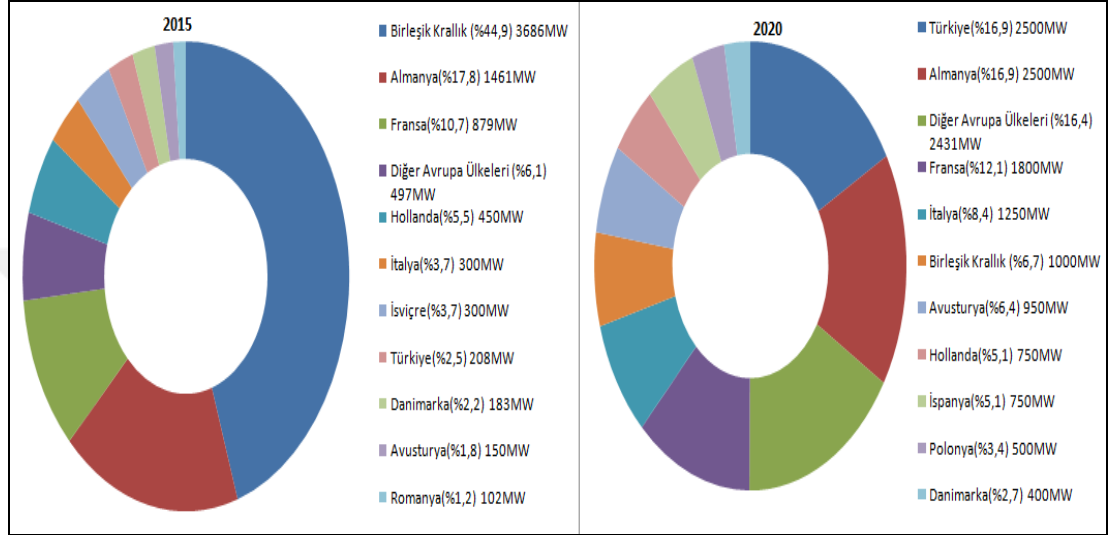
2020 yılına kadar Avrupa'da toplam güneş enerjisi kullanım miktarının Şekil 3.7'de görüldüğü üzere en düşük 129,6 GW, en fazla 170,9GW olacağı; ortalama olarak ise 140 GW civarlarında olacağı tahmin edilmektedir.



**Şekil 3.7** Avrupa'da 2020 Yılı Toplam Tahmini Güneş Enerjisi Kurulum Miktarları (<http://www.solarpowereurope.org>)

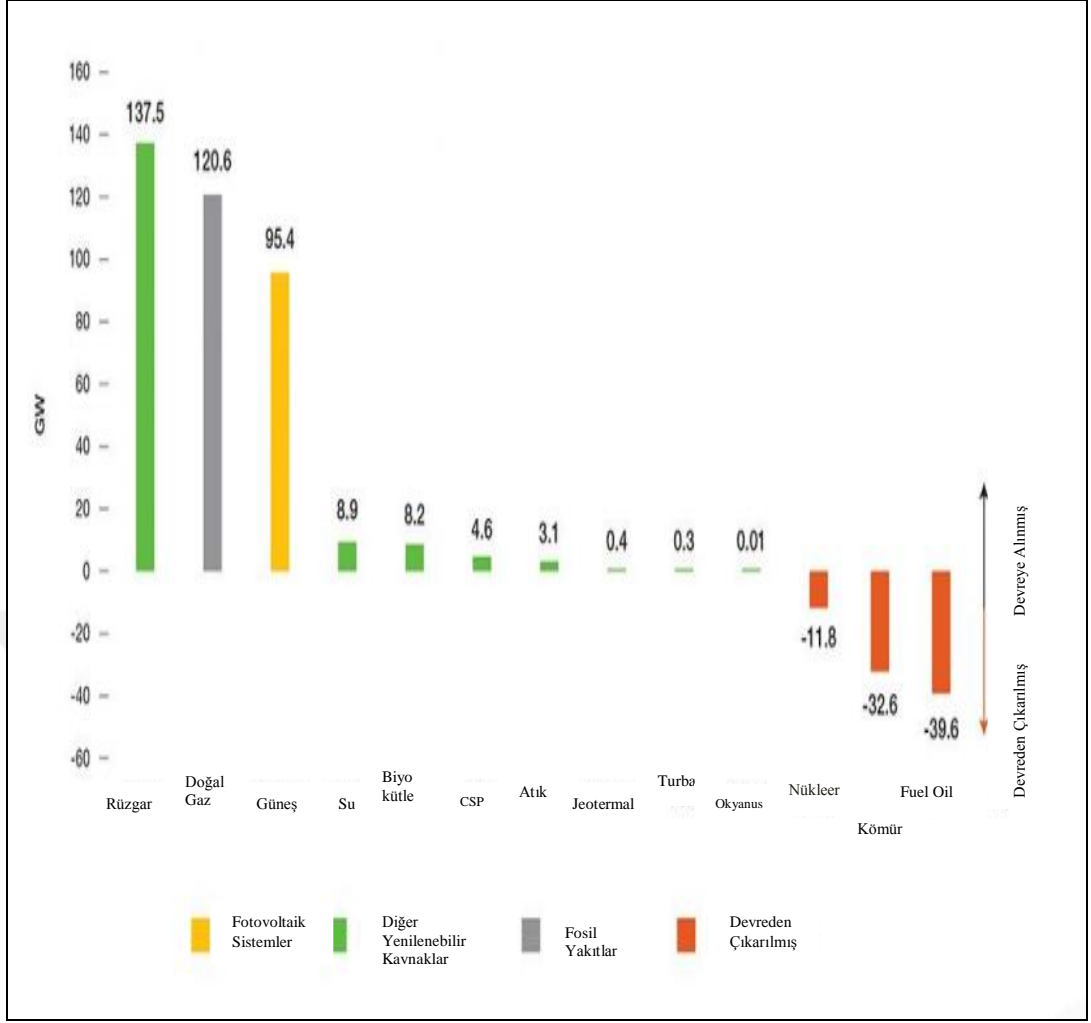


Şekil 3.8 incelendiğinde, 2015 yılında Birleşik Krallık'ta toplam güneş enerjisi kullanım miktarı %44,9 'luk artış göstermiştir. Birleşik Krallığı %17,8 lik artışla Almanya ve %10,7'lik artışla Fransa takip etmektedir. Türkiye'de ise %2,5'lik artış göstermiş olup 208MW'lık bir kurulum olmuştur. 2020 yılına bakıldığında ise özellikle Türkiye ve Almanya'nın güneş enerjisi kurulumunda öncü iki ülke olacağı tahmin edilmektedir. Türkiye'de ve Almanya'da %16,9 luk bir artış beklenmektedir.



**Şekil 3.8** Avrupa Ülkelerinin 2015 Yılı Güneş Enerjisi Kurulum Miktarları ve 2020 Yılı Tahminleri (<http://www.solarpowereurope.org>)

2000-2015 yılları arasında Avrupa'daki yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına bakıldığında Şekil 3.9'da görüldüğü üzere rüzgardan 137,5GW enerji elde edildiği ve rüzgar enerjisinin yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Güneş enerjisi ise 95,4GW'lık artışla 3.sırada yer almaktadır.



**Şekil 3.9** Avrupa'da 2000-2015 Yılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanım Miktarları (<http://www.solarpowereurope.org>)

### 3.1.1 Dünyada Kurulu Güneş Enerji Santralleri

#### 3.1.1.1 Japonya'nın 14.5MW Güneş Enerjisi Santrali

Kyocera Corporation, Mitsubishi Araştırma Enstitüsü, Tokyo Century Corporation ve Yonden Engineering Company Japonya'daki Hyogo Bölgesi, Taka Kasabasında 14.5 megawatt (MW) güneş enerjisi santralini kurmuştur. 2 Kasım 2016'da faaliyete geçen tesis, yılda yaklaşık 16.060 megawatt saat (MWh) enerji üretmektedir ve yaklaşık 4.930 hane halkının elektrik ihtiyacını karşılayabilmektedir ([http://global.kyocera.com/news/2016/1107\\_jgnd.html](http://global.kyocera.com/news/2016/1107_jgnd.html)).



**Şekil 3.10** Japonya'nın Hyogo Prefecture'daki Taka Kasabasında 14.5MW Güneş Enerjisi Santrali ([http://global.kyocera.com/news/2016/1107\\_jgnd.html](http://global.kyocera.com/news/2016/1107_jgnd.html)).

**Tablo 3.2** 14.5MW Güneş Enerjisi Santrali Projesine Genel Bakış ([http://global.kyocera.com/news/2016/1107\\_jgnd.html](http://global.kyocera.com/news/2016/1107_jgnd.html))

Yer	Taka Kasabası, Hyogo Bölgesi, Japonya
Şebeke	Takacho Yasudago Mega Güneş Hatsuden LLC
Çıktı	Yaklaşık. 14.5MW
Güneş modülleri	56.000 Kyocera modülü
Beklenen yıllık üretim	Yaklaşık. 16,060MWh / yıl
Zamanlama	İnşaata başlama tarihi: Nisan 2015 Çalıştırma başlangıcı: Kasım 2016

### 3.1.1.2 Japonya'nın 8.5MW Güneş Enerjisi Santrali



**Şekil 3.11**Yabasekihanto Adası'nda 8,5 MW'lık Mega-Güneş Enerjisi Santrali ([http://global.kyocera.com/news/2015/1102\\_kfoe.html](http://global.kyocera.com/news/2015/1102_kfoe.html)).

Santral Shiga Bölgesi, Biwa Gölü'nde bulunan Yabasekihanto Adası'nda kurulmuştur. Proje planlaması Ekim 2013'te başlamıştır. Ekim 2014'te yapımı başlamıştır. 8,5 MW'lık mega-güneş enerjisi santrali yılda yaklaşık 9.300 megawatt saat (MWh) enerji ile ortalama 2.900 hane halkının elektrik ihtiyacını karşılamaktadır ([http://global.kyocera.com/news/2015/1102\\_kfoe.html](http://global.kyocera.com/news/2015/1102_kfoe.html)).

**Tablo 3.3** 8.5MW Güneş Enerjisi Santrali Projesine Genel Bakış  
([http://global.kyocera.com/news/2015/1102\\_kfoe.html](http://global.kyocera.com/news/2015/1102_kfoe.html)).

Yer	Yabasekihanto Adası, Kusatsu Şehri, Shiga Bölgesi, Japonya
Operasyon	Kyocera TCL Solar LLC
Çıktı	Yaklaşık. 8.5MW
Site alanı	96.138 m <sup>2</sup>
Güneş modülleri	255-watt Kyocera modülleri (toplamda yaklaşık 33.000 modül)
Beklenen yıllık üretim	Yaklaşık. 9,300 megawatt MWh / yıl
Tamamlama tarihi	31 Ekim 2015 (İnşaatın başlangıcı: 28 Ekim 2014)
Çalıştırma başlangıcı	1 Kasım 2015
Tasarım ve inşaat	KYOCERA İletişim Sistemleri Ltd. Şti.
Bakım	KYOCERA Solar Corporation

### 3.1.1.3 Novartis Binası, Basel

İsviçre'de 2009'da inşa edilen bina, farklı bir mimariye sahiptir. Proje, konfor ve enerji verimliliği birlikte değerlendirilerek oluşturulmuştur. Cam çatı kaplaması, yarı transparan fotovoltaik panellerle donatılmış ve paneller projeye göre özel renkte üretilmiştir. Üretilen enerji, binanın aydınlatılması için gereken tüm enerjiyi karşılamaktadır. Sistem 92,74 kWh Kurulu güce sahiptir.



**Şekil 3.12** Novartis İlaç Fabrikası (<http://blog.bisam.com.tr/2014/09/kendi-elektrigini-ureten-cevreci-binalar.html>)

#### 3.1.1.4 BMW Binası Almanya

Almanya’da bulunan mimar Colp Himmelb imzalı BMW Welt binası 25.000 m<sup>2</sup> alana sahiptir. Fotovoltaik çatı alanı ise 16.000 m<sup>2</sup> dir. “BMW Welt için 21. yüzyıldaki akıllı binaların yeni neslini temsil eden ilk yapılardan biri diyebiliriz. Şekil ve işlevi bir araya getiren mimari konsepti, binanın havalandırmasına olanak sağlayan çelik cephede görebilirsiniz. 3600 adet 800 kW güneş paneli ile kaplanan çatıdan yan yüzeylere yönelen güneş enerjisi, binanın ısıtılmasına katkıda bulunurken, aynı zamanda havalandırma büyük duvar alanları ile gerçekleştirilmektedir. Camdan yapılan kaplama yüzeyleri konforlu bir yüzey sıcaklığı oluşturmaktadır. Dışarıdaki bitkiler ise özellikle doğal havalandırma elemanlarına yakın olanlar toz zerrecelerini tutmakta ve ayrıca soğutma etkisi oluşturmaktadır. Bina, işleyişini tamamen doğal kaynakları kullanarak sürdürmektedir. Sonuç olarak, bina mümkün olan en düşük enerji tüketimi ile çalışmakta ve doğal kaynakları tüm gereksinimlerini karşılamak için doğrudan ve dolaylı olarak kullanmaktadır (<http://enerjisensin.blogspot.com.tr/2011/06/welt-alman-oto-muhendisliginin-urettigi.html>).



**Şekil 3.13** BMW Binası (<http://www.coop-himmelblau.at/>)

#### 3.1.1.5 Freiburg Güneş Yerleşimi

Güney Almanya’nın en ılık, en güneşli kabul edilen ve güneş enerjisinden olabildiğince maksimum faydalanan Schlierberg bölgesinde güneş mimarı Rolf Disch tarafından sürdürülebilirlik esaslarına göre 2004 yılında kurulmuştur. Proje

Almanya’da ödüllü güneş kenti ekoloji harikası kabul edilmektedir. Yerleşkede 59 konut ve alışveriş merkezi bulunmaktadır. Toplam 11.000 m<sup>2</sup> alanda kurulu yerleşkede 75 ila 162 m<sup>2</sup> arasında değişen niteliklerde konut bulunmaktadır. Projede kullanılan fotovoltaik sistemde monokristal güneş panelleri kullanılmış ve 445 kWp enerji elde edilmektedir. Yıllık enerji üretimi ise 420.000 kWh dir. Proje sayesinde yıllık 2 milyon kWhaat enerji tasarrufu sağlanırken buda yaklaşık 200.000 litre petrole eşdeğerdir. Proje ile 500 ton CO<sub>2</sub> emisyonu sağlanmaktadır (<http://www.radikal.com.tr/dunya/temiz-enerjinin-baskenti-freiburg-1096936/>).



**Şekil 3.14** Freiburg Güneş Yerleşkesi (<http://tr.greenact2020.org/portfolio/tukettiginin-4-kati-enerji-ureten-ekokent-gunes-gemisi/>)

Çatılarında fotovoltaik paneller olan bu yapılar, sürekli enerji üretimi yapmak amacıyla yola çıksa da sonucun bu kadar iyi olacağı düşünülüyordu. Proje sonucunda, Schlierberg bölgesinde tüketilen enerjinin dört katı enerji üretilmektedir. Sistem şebekeye bağlı olarak inşa edildiği için üretilen enerjinin fazlası şebekeye aktarılmaktadır.

#### 3.1.1.6 Hôpital Universitaire De Mirebalais

Haiti’nin başkenti Port-au-Prince’nin Mirebalais kasabasında bulunan Hôpital Universitaire de Mirebalais hastanesi dünyanın en büyük BIPV güneş uygulaması sistemine sahip hastanesidir. Hastane 200.000 m<sup>2</sup> alana inşa edilmiş ve enerji

ihtiyacı, çatısına monte edilen 1800 adet güneş panelinden sağlanmaktadır. Hastanenin tüm enerji ihtiyacını karşılayan sistem, hastanenin tükettiği enerjiden daha fazla enerji üretmektedir. Proje sayesinde 210 ton carbon salınımı önlenmektedir. Paneller, yüksek sıcaklıklarda az verimli olduğu için çatı yüzeyi beyaz boya ile boyanmış ve hava sirkülasyonu sağlanması amacıyla ayak üzerine oturtulmuştur. Proje 2.200.000 \$ yatırım maliyeti ile üretmiş olduğu enerji sayesinde sistem kendini 6 yılda amorti edeceği hesaplanmaktadır. Sistem Aralık 2012' de devreye alınmıştır (<https://inhabitat.com/hopital-universitaire-de-mirebalais-will-be-the-worlds-largest-solar-powered-hospital/>).



**Şekil 3.15** Hôpital Universitaire De Mirebalais Hastanesi Teras Çatı BIPV Uygulaması( <http://inhabitat.com/hopital-universitaire-de-mirebalais-will-be-the-worlds-largest-solarpowered-hospital/haiti-solar-powered-hospital-01/>)

### 3.1.2 Dünyada Su ve Atıksu Tesislerinde Kurulu Güneş Enerji Santralleri

#### 3.1.2.1 Japonya'nın 1.7MW ve 1.2MW'lık Yüzer Mega Güneş Enerjisi Santralleri

Japonya Kato Şehrindeki Hyogo Bölgesindeki Nishihira Göleti (1.7MW) ve Higashihira Göletleri (1.2MW) üzerine kurulmuştur. 2015 yılı mart ayı sonlarında hizmete giren tesisler, yılda yaklaşık 3,300 megawatt saat (MWh) üretmekte ve yaklaşık 920 tipik hanehalkının elektrik ihtiyacını karşılamaktadır ([http://global.kyocera.com/news/2015/0401\\_tome.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0401_tome.html)).



**Şekil 3.16** Hyogo Bölgesi, Japonya'daki Projeye Genel Bir Bakış  
([http://global.kyocera.com/news/2015/0401\\_tome.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0401_tome.html))

**Tablo 3.4** 1.7MW ve 1.2MW'lık Yüzer Mega Güneş Enerjisi Santralleri Projelerine Genel Bakış ([http://global.kyocera.com/news/2015/0401\\_tome.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0401_tome.html))

Yer	Japonya, Hyogo Bölgesi, Kato Şehri'nde iki rezervuar
Operasyon	Kyocera TCL Solar LLC
Çıktı	Nishihira Göleti: 1.7MW; Higashihira Göleti: 1.2MW (Toplam: 2.9MW)
Güneş Modülleri	255-watt Kyocera modülleri (toplam 11.256 modül)
Beklenen yıllık üretim	Yaklaşık 3,300MWh / yıl
Inşaat başlangıcı	Eylül 2014
Çalıştırma başlangıcı	Mart 2015

### 3.1.2.2 Japonya'nın 70MW'lık Güneş Enerjisi Santrali

Santral, Kagoshima Mega Solar Power Corporation, Kyocera ve altı başka şirket tarafından Temmuz 2012'de kuruldu. Santral Japonya'nın Kagoshima ili Nanatsujima bölgesine kurulmuştur. 2013 yılı kasım ayında hizmete giren tesis, yılda yaklaşık 78,800 megawatt saat (MWh) lik enerji üretmekte ve yaklaşık 22.000 hanenin elektrik ihtiyacını karşılamaktadır ([http://global.kyocera.com/news/2013/1101\\_nnms.html](http://global.kyocera.com/news/2013/1101_nnms.html)).





**Şekil 3.17** 70MW Kagoshima Nanatsujima Mega Güneş Enerjisi Santrali ([http://global.kyocera.com/news/2013/1101\\_nnms.html](http://global.kyocera.com/news/2013/1101_nnms.html)).

Buna ek olarak, halka açık 70MW lık santralin bitişiğinde, ziyaretçilerin yüksek bir noktadan 290.000 güneş paneli izleyebileceği ve okyanus körfezinin manzarasının keyfini çıkarabileceği dairesel bir görüntüleme odası içeren bir tesis kurulmuştur. Arka planda ise büyük Sakurajima yanardağı vardır([http://global.kyocera.com/news/2013/1101\\_nnms.html](http://global.kyocera.com/news/2013/1101_nnms.html)).



**Şekil 3.18** 70MW Kagoshima Nanatsujima Mega Güneş Enerjisi Santrali'nda Halka Açık Turizm Tesisi([http://global.kyocera.com/news/2013/1101\\_nnms.html](http://global.kyocera.com/news/2013/1101_nnms.html))

**Tablo 3.5** 70MW'lık Güneş Enerjisi Santrali Projesine Genel Bakış  
([http://global.kyocera.com/news/2013/1101\\_nnms.html](http://global.kyocera.com/news/2013/1101_nnms.html))

İsim	Kagoshima Nanatsujima Mega Güneş Enerjisi Santrali
Yer	2 Nanatsujima, Kagoshima Şehri, Kagoshima Bölgesi, Japonya
Alan	1.270.000 m <sup>2</sup> (kabaca 27 beyzbol stadyumuyla aynı alan)
Yıllık çıktı	Yaklaşık. 78,800MWh (öngörülen) Üretilen elektrik yaklaşık 22.000 ortalama hane için güç sağlayacak ve yılda kabaca 25.000 ton CO2'yi azaltmaya yardımcı olacaktır
İnşaat zaman çizelgesi	İnşaatın başlama tarihi: Eylül 2012 Tamamlanma Tarihi: Ekim 2013
Toplam yatırım	Yaklaşık. 27 milyar yen (yaklaşık 275.5 milyon ABD doları)

### 3.1.2.3 Japonya'nın 2.3 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali

Santral, Kyocera Corporation ve Century Tokyo Leasing Corporation tarafından tamamlanmıştır. Santral Japonya'nın Kasai ili Hyogo Bölgesinde kurulmuştur. 2.3 MW'lık tesis yılda yaklaşık 2,680 megawatt saat (MWh) enerji üretmekte ve yaklaşık 820 hanenin elektrik ihtiyacını karşılamaktadır ([http://global.kyocera.com/news/2015/0503\\_khfp.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0503_khfp.html)).



**Şekil 3.19** Kasai Şehrindeki 2.3 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali  
([http://global.kyocera.com/news/2015/0503\\_khfp.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0503_khfp.html)).

**Tablo 3.6** 2.3 MW'lık Güneş Enerjisi Santrali Projesine Genel Bakış  
([http://global.kyocera.com/news/2015/0503\\_khfp.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0503_khfp.html)).

Yer	Kasai Şehri, Hyogo Bölgesi, Japonya Rezervuarı
Operasyon	Kyocera TCL Solar LLC
Çıktı	2.3MW
Güneş Modülleri	255-watt Kyocera modülleri (toplam 9.072 modül)
Beklenen Yıllık Elektrik Üretimi	Yaklaşık. 2,680MWh / yıl
Çalıştırma başlangıcı	Haziran 2015 (planlanmış)

#### 3.1.2.4 Japonya'nın 13.7MW'lık Güneş Enerjisi Santrali (devam ediyor)

Kyocera TCL Solar LLC ve Century Tokyo Leasing Corporation ortak girişimiyle Japonya'daki Chiba Bölgesi Kamu İşletmeleri Kurumu tarafından yönetilen Yamakura Barajı rezervuarında 13.7 megavat (MW)'lık yüzen güneş enerjisi santralinin yapımına 2016 yılında başlanmıştır([http://global.kyocera.com/news/2016/0102\\_knds.html](http://global.kyocera.com/news/2016/0102_knds.html)).



**Şekil 3.20** 13.7MW Fabrikasının Yamakura Barajı Rezervuarında Oluşturulması  
([http://global.kyocera.com/news/2016/0102\\_knds.html](http://global.kyocera.com/news/2016/0102_knds.html)).

Mart 2018'de bitmesi planlanan tesis 180,000m<sup>2</sup> su yüzeyi alanı üzerinde kurulu yaklaşık 51.000 Kyocera modüllerden oluşacaktır. Proje yılda tahminen 16.170 megawatt saat (MWh) üretecek ve yaklaşık 4.970 hanehalkına yetecek kadar elektrik üretecektir.

**Tablo 3.7** 13.7MW'lık Güneş Enerjisi Santrali Projesine Genel Bakış  
([http://global.kyocera.com/news/2016/0102\\_knds.html](http://global.kyocera.com/news/2016/0102_knds.html)).

Yer	Yamakura Barajı (Ichihara Şehri, Chiba Bölgesi, Japonya)
Operasyon	Kyocera TCL Solar LLC
Çıktı	Yaklaşık. 13.7MW
Güneş modülleri	270-watt Kyocera modülleri (toplam 50.904 modül)
Yıllık elektrik üretimi (beklenen)	Yaklaşık. 16,170MWh / yıl
İnşaat zaman çizelgesi	İnşaata başlama tarihi: Aralık 2015 Planlanan lansman: FY2018 (31 Mart 2018 biten mali yıl)
Tasarım ve inşaat	KYOCERA İletişim Sistemleri Ltd. Şti.
Bakım	KYOCERA Solar Corporation

### 3.1.2.5 Japonya'nın 92MW'lık Güneş Enerjisi Santrali

Santralin Kanoya Şehri ve Osaki Şehri boyunca uzanan bir alanda yapılması planlanmaktadır. Bölge, 30 yılı aşkın bir süre önce bir golf sahası yapımı için belirlenmiş ancak daha sonra vazgeçilmiştir. Ocak 2014'te ise güneş enerji santrali yapımı konusunda projeler planlamaya başlamıştır. Proje için arazi geliştirme başvurusu Nisan 2015'te tamamlanmış ve bir yıl çevresel etki değerlendirmesi yapılmıştır. 2016 yılının ikinci yarısında inşaat yapımına başlanmıştır. 2018 yılında ise faaliyete geçmesi hedeflenmektedir([http://global.kyocera.com/news/2015/0502\\_gpct.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0502_gpct.html)).



**Şekil 3.21** Kanoya Osaki Solar Hills Güneş Enerjisi Santrali'nin Üretimi ([http://global.kyocera.com/news/2015/0502\\_gpct.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0502_gpct.html)).

Santral 340.740 adet güneş modüllünden oluşacaktır ve her yıl ortalama 99,230MWh enerji elde edilmesi beklenmektedir. Projenin yaklaşık 2,000,000m<sup>2</sup> alanı kapsayacağı (yaklaşık 494 dönüm) ve yaklaşık 30.500 hane halkının elektrik ihtiyacını karşılayacağı tahmin edilmektedir. Santralin, Kanoya Şehri ve Osaki Kasabası'ndaki iş yaratma potansiyelini ve vergi gelirlerini arttıracığı ve yöre halkına katkıda bulunacağı düşünülmektedir([http://global.kyocera.com/news/2015/0502\\_gpct.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0502_gpct.html)).

**Tablo 3.8** 92MW'lık Güneş Enerjisi Santrali Projesine Genel Bakış ([http://global.kyocera.com/news/2015/0502\\_gpct.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0502_gpct.html)).

Proje Adı	Kanoya Osaki Solar Hills Güneş Enerjisi Santrali
yer	Kagoshima Bölgesi, Japonya'daki Kanoya Şehri ve Osaki Şehri
Çıktı	Yaklaşık. 92MW
Yıllık elektrik üretimi (beklenen)	Yaklaşık. 99,230MWh / yıl Yaratılan elektrik yaklaşık 30.500 ortalama hane için eşdeğer güç sağlayacaktır.
Güneş modülleri	Yaklaşık 340.740 Kyocera modülleri
Toplam yatırım	Yaklaşık 35 milyar yen (planlanmış)
Proje zaman çizelgesi	2016 yılının ikinci yarısı: inşaat başlangıcı MY2018: işletme başlangıcı

### 3.1.2.6 İngiltere'nin Queen Elizabeth II Rezervuarı

Paneller, Londra'daki Thames Eyaletindeki Heathrow havalimanı yakınlarındaki sekiz futbol sahası boyutundaki Queen Elizabeth II rezervuarında kurulmuştur. Elde edilen enerji, Thames Su Arıtma tesisinin enerji ihtiyacını karşılayacaktır (<http://www.telegraph.co.uk/news/earth/energy/renewableenergy/12200484/Europes-largest-floating-solar-farm-powers-up.html>).



**Şekil 3.22** Queen Elizabeth II Rezervuarı(<http://www.telegraph.co.uk/news/earth/energy/renewableenergy/12200484/Europes-largest-floating-solar-farm-powers-up.html>).

Paneller, alanı 57.000 m<sup>2</sup> olan rezervuarın % 10'undan fazlasını kaplamaktadır. Her biri 275 watt'lık kapasitesiye sahip 23.046 adet güneş paneli modülünden ve toplam 61.721 dubadan üretilen sistemin, üretiminin ilk yılında, 1.800 kW saat, yani 1.800 haneye güç sağlayacağı tahmin edilmektedir. Sistemin toplam kapasitesi 6.33 MWp'dir. Üretilen enerjinin Thames Su Arıtma Tesisinin enerjisinin % 20'sini karşılaması beklenmektedir. 2020 yılına kadar da üçte birini karşılayacağı tahmin edilmektedir (<http://wwtonline.co.uk/features/project-focus-floating-solar-panels-for-thames-reservoir#.WN32s1XyiUk>).



**Şekil 3.23** Queen Elizabeth II Rezervuarı Panel Dizilimleri(<http://www.telegraph.co.uk/news/earth/energy/renewableenergy/12200484/Europes-largest-floating-solar-farm-powers-up.html>).

Güneş panelleri gruplar halinde dubalara monte edilmektedir. Duba grupları daha sonra rezervuara bölümler halinde itilmekte ve orda birleştirilmekte ve rezervuarın tabanına bağlanmaktadır. Paneller tarafından üretilen elektrik, sudan korunarak deniz kablolarıyla kıyıya taşınır ve invertörlere bağlanır. Daha sonra, çıkış kabloları bölgedeki mevcut Thames Water özel güç şebekesine bağlanmaktadır.

Rezervuardaki dalgalar bir metrelik bir yüksekliğe kadar uzanabilir, bu nedenle dubalar bu dalgalara göre tasarlanmıştır. Ayrıca modüller yağmuru atlatacak bir eğime ihtiyaç duymaktadır. Ancak paneller rüzgar yüklemesini azaltmak için 12 derecelik sığ açıda tutulmaktadır. Sistem rezervuarın tabanına 177 çapa ile sabitlenmiştir (<http://wwtonline.co.uk/features/project-focus-floating-solar-panels-for-thames-reservoir#.WN32s1XyiUk>).

Güneş enerjisinin İngiltere iklimine uygun olmadığı düşünülürse de, güneş panelleri doğrudan güneş ışığı gerektirmeyen, günışığı ile de elektrik üreten sistemlerdir (<http://wwtonline.co.uk/features/project-focus-floating-solar-panels-for-thames-reservoir#.WN32s1XyiUk>).



**Şekil 3.24** Queen Elizabeth II Rezervuarı'nın Haritadaki Yeri (<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3509553/World-s-largest-FLOATING-solar-farm-built-UK-reservoir-Structure-23-000-panels-power-1-800-homes.html>)

### 3.1.2.7 Amerika'nın Camden İlçesi Atıksu Arıtma Tesisi

Camden İlçesi Atıksu Arıtma Tesisi, Amerika'nın New Jersey eyaletindedir. Camden ilçesi, New Jersey'in güneybatı kesiminde, Philadelphia'daki Delaware Nehri boyunca yer almaktadır. İlçe, yaklaşık 500.000 kişilik nüfusu ile 226 mil kare alanındadır. Camden İlçesinde otuz yedi belediye vardır (<http://www.superiorscaffold.com/superior-scaffold-helps-install-innovative-solar-array-over-camden-county-wastewater-treatment-plant/>).

Temmuz 2012'de Camden İlçesi Atıksu Arıtma Tesisinde, 7 dönüm açık alanda 7,200'den fazla güneş panelinden oluşan 1.8 Megavat güneş enerjisi sistemi devreye alınmıştır. 1,8 milyon watt elektrik, tesisin enerji ihtiyaçlarının yaklaşık% 10'unu temsil etmektedir. Projenin ilk yılı boyunca enerji maliyetlerinde yaklaşık 300.000 dolar, 15 yıllık elektrik alım anlaşmasının ömrü boyunca yaklaşık 7 milyon dolar tasarruf sağlanacağı tahmin edilmektedir ([http://www.cmua.org/?page\\_id=1818](http://www.cmua.org/?page_id=1818)).

Yenilikçi tasarım, tuzlu su, karbonik asit ve hidrojen sülfürden kaynaklanan korozyona karşı koymak için tasarlanmış 8-9 feet yüksekliğinde bir gölgeli montaj sistemini içerir.





**Şekil 3.25** İskele İnşaati, Camden, NJ Atıksu Tesisi([http://www.ccmua.org/?page\\_id=1818](http://www.ccmua.org/?page_id=1818))

Bir Güç Satın Alma Anlaşması sayesinde CCMUA'nın (Camden İlçesi Belediye Hizmet Sunma Kurumu) herhangi bir sermaye harcamasına maruz kalmamış ve herhangi bir işletme ve bakım masrafından sorumlu olmamıştır. CCMUA'nın tek mali sorumluluğu, aylık güneş enerjisi faturasını 15 yıl boyunca indirimli sabit bir fiyatla ödemektir ([https://www.youtube.com/watch?v=jlPs9\\_55NYs](https://www.youtube.com/watch?v=jlPs9_55NYs)).



**Şekil 3.26** Havuzlara Döşenen Kirişler Üzerindeki Ahşap Paneller([http://www.ccmua.org/?page\\_id=1818](http://www.ccmua.org/?page_id=1818))

Paneller ve destekleri kalıcı olarak kurulduktan sonra, zemin kaplaması sistemi bir bir sonraki depoya kolayca taşınabilir.



**Şekil 3.27** Atıksu Tankları  
([http://www.ccmua.org/?page\\_id=1818](http://www.ccmua.org/?page_id=1818))



**Şekil 3.28** Panellerin Montaj Aşaması  
([http://www.ccmua.org/?page\\_id=1818](http://www.ccmua.org/?page_id=1818))



**Şekil 3.29** Güneş Panellerinden Sonra  
Camden Atıksu Tesisi  
([http://www.ccmua.org/?page\\_id=1818](http://www.ccmua.org/?page_id=1818))



**Şekil 3.30** Tankları Aralayan Alimünyum  
Kirişler  
([http://www.ccmua.org/?page\\_id=1818](http://www.ccmua.org/?page_id=1818))



**Şekil 3.31** Panellerin Yan Görünümü  
([http://www.ccmua.org/?page\\_id=1818](http://www.ccmua.org/?page_id=1818))



**Şekil 3.32** Atıksu Tanklarının Üzerine  
Döşenen Alüminyum Kirişler  
([http://www.ccmua.org/?page\\_id=1818](http://www.ccmua.org/?page_id=1818))



**Şekil 3.33** Tankların Üzerine Kurulan Panellerin Son Hali  
([http://www.ccmua.org/?page\\_id=1818](http://www.ccmua.org/?page_id=1818))

#### 3.1.2.8 Amerika'nın Alvarado Su Arıtma Tesisi

Alvarado Su Arıtma Tesisinde toplam üç yüz depolama rezervuarının beton çatısının üstüne yaklaşık 4.33 dönümlük bir alana 6128 güneş paneli kurulmuştur. Sistemin toplam kapasitesi 1 MWp'dir. Sistem, kurulumundan bu yana beklenen çıktılarının yüzde 115'inde performans göstermiştir. Yılda 1,6 milyon kilovat saat (kWh) üretim

beklenmiştir ancak beklentileri aşarak 1,85 milyon kilowatt saatin üzerinde üretim yapmaktadır. Paneller, tesis gücünün yaklaşık yüzde 20'sini üretmekte ve yıllık elektrik tasarrufu 40.000 dolar olarak tahmin edilmektedir(<https://www.wwdmag.com/san-diego%E2%80%99s-alvarado-water-treatment-plant-unveils-1-megawatt-solar-system>; [https://americas.kyocera.com/press-releases/pressreleases\\_201503232375.htm](https://americas.kyocera.com/press-releases/pressreleases_201503232375.htm)).



**Şekil 3.34** Alvarado Su Arıtma Tesisi'nin Havadan Görünüşü([https://americas.kyocera.com/press-releases/pressreleases\\_201503232375.htm](https://americas.kyocera.com/press-releases/pressreleases_201503232375.htm)).

#### 3.1.2.9 Hindistan'ın Narmada Kanalı

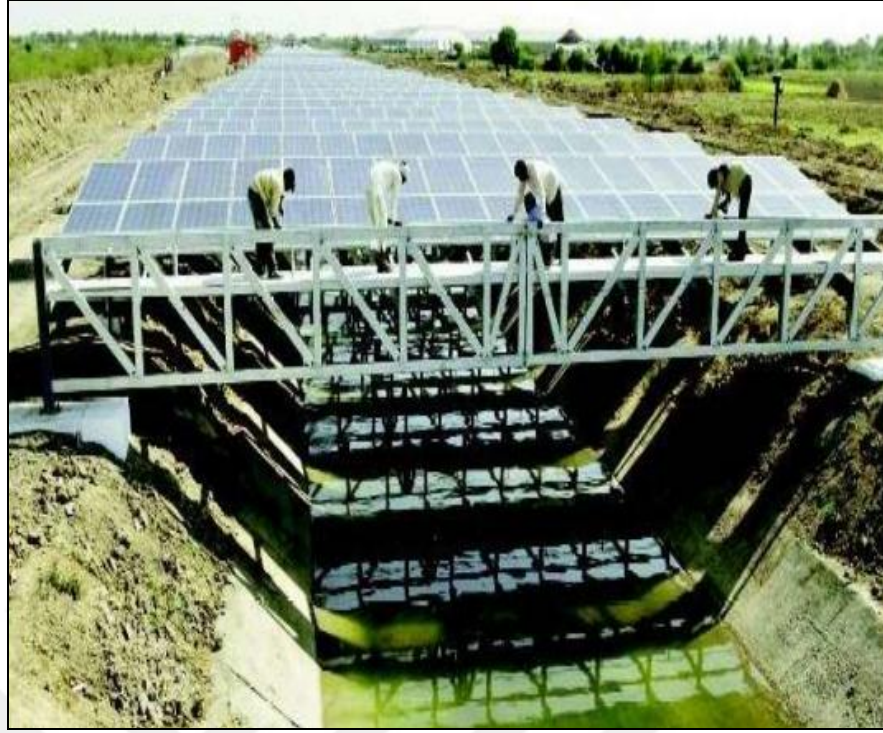
Mayıs 2015'te kömürün Hindistan elektrik enerjisinin yüzde 75'inden fazlasını oluşturduğu ve mevcut en ucuz enerji kaynakları arasında yer aldığını bildirilmiştir. Ancak; 300 milyondan fazla Hintlinin ve endüstriyel talebin ihtiyaçlarının artmasıyla, kömürle çalışan elektrik ihtiyacının 2030 yılına kadar üç kat artacağı öngörülmüş ve bu denli kömür kullanımının olumsuz çevresel etkilerinin daha da artacağı tahmin edilmiştir. Bu sebeple fosil yakıtların yerine güneşli bir ülke olan Hindistan'da güneş enerjisinin kullanımının yaygınlaştırılması gereği ortaya çıkmıştır (<http://www.indiaspend.com/cover-story/why-indias-canals-could-help-fast-forward-its-solar-energy-plans-61816>).

Bu sebeplerle, Hindistan, kömür gibi geleneksel güç üreten kaynaklara başvurmak yerine güneş panelleri kullanımını içeren projeler üzerinde aktif bir şekilde çalışmaktadır. Ülke 214 MW'lık bir Güneş Enerjisi Parkı inşa etmiştir. Ayrıca

Gandhinagar'da ve hatta ulusal karayolu üzerinde 2.5 MW'lık güneş panelleri yerleştirmeyi planlamaktadır. Üçüncü dünya ülkesi olmasına rağmen Hindistan, dünyaya, enerji tasarrufu ve yenilik açısından çok katkı sunmuştur (<http://www.isfoundation.com/news/indias-canals-seek-generate-power-using-solar-energy>).

Hindistan gelişen ekonomisi sebebiyle yükselen enerji taleplerini karşılamak için mücadele etmektedir. Bununla birlikte, Gujarat eyaleti, krizlerine ışık tutacak bir pilot proje başlatmıştır. Dünyanın ilk Canal Güneş Enerjisi Projesi, eyaletteki Mehsana ilçesindeki Chandrasan köyü Kadi Taluka'daki 1,250 kilometre uzunluğundaki Narmada Kanalı'nı kapsamaktadır. Bu 1 megawatt'lık proje yılda kanallardan 90 lakh litrenin buharlaşmasını önlemiştir ve 50 yıl içinde tamamlanacağı planlanan 85.000 km'lik kanaldan, 11.000 MW'lık bir güç üretimi beklenmektedir (<http://www.isfoundation.com/news/indias-canals-seek-generate-power-using-solar-energy>).

Bu projenin bir diğer önemli yönü finansmandır. Bu projenin inşaatı Gujarat Devlet Elektrik Kurumu (GSECL) tarafından yönetilmektedir. Geleneksel güneş enerjisi istasyonları genellikle hükümetin özel arazileri satın almasını gerektirmektedir, ancak kanallar halihazırda devlete ait olduğundan, arazinin satın alınmasına gerek kalmamıştır. Altyapıda da fazla bir maliyet çıkmamıştır çünkü kanalların duvarları panellerin desteği olarak kullanılmıştır. Amaç, Hindistan'ın talebin karşılanması için yeterli kaynağı temin edebilmesi için daha düşük bir maliyetle daha temiz enerji ve su kullanmaktır. Tesis, aynı zamanda, temiz kaynaklar üretmenin yanı sıra çevre dostu bir başka amaca da hizmet etmektedir. Güneş panelleri kanalların üstüne yerleştirildiğinden, Gujarat'ın kuzey bölgelerinde ve Rajasthan'ın güney ucunda bulunan çiftlikler için kullanılan trilyon litre suyun buharlaşmasını da önlemektedir (<http://www.isfoundation.com/news/indias-canals-seek-generate-power-using-solar-energy>).



**Şekil 3.35** Narmada Kanalı(<http://www.folkecenter.dk/mediafiles/folkecenter/pdf/SOLAR-ENERGY-IN-INDIA.pdf>)

Kanal üstü fikri ilk defa 2011 yılında sunulmuştur. Kanal üstü güneş projeleri için bu ağın sadece yüzde 30'unu kullanan Gujarat'ta 18,000 MW güç üretilebilmektedir. Başka bir deyişle, Gujarat kanallarının yüzde 30'unun üzerinde güneş panelleri monte etmek, 2022 yılına kadar Hindistan'ın güneş enerjisi hedeflerinin yaklaşık beşte birini karşılamak için kullanılabilir ( <http://www.indiaspend.com/cover-story/why-indias-canals-could-help-fast-forward-its-solar-energy-plans-61816>).

Bunun dışında, paneller suyun üstüne yerleştirildiğinden dolayı, alttan soğutulur ve bu da verimliliğini artırır ve üretimi yüzde 2,5-5 oranında artırır. Esasen, bu, panellerin zemine monte edilmiş bir güneş panelinin ortalama ömrü olan 25 yıldan uzun süreceği anlamına gelirken, verimlilik artışı nedeniyle daha fazla da güç üretmektedir ( <http://www.indiaspend.com/cover-story/why-indias-canals-could-help-fast-forward-its-solar-energy-plans-61816>).



**Şekil 3.36** Kanal Suyu Üzerinde Paneller (<http://www.indiaspend.com/cover-story/why-indias-canals-could-help-fast-forward-its-solar-energy-plans-61816>).

#### 3.1.2.10 Avustralya'nın Northern Areas Council Atık Su Arıtma Tesisini

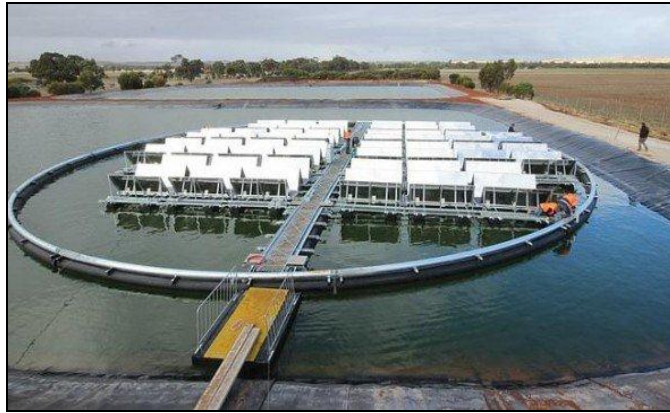
Avustralya'nın Northern Areas Council Atık Su arıtma tesisinin Jamestown projesi Avustralya'nın ilk yüzen güneş enerjisi üretim tesisidir. Tesisin ilk kısmı, Northern Areas Council Atık Su arıtma tesisinin yakınında kanalizasyon suyunun üzerinde yüzmektedir. Tüm sistem tamamlandığında, PV modülleri güney Avustralya'nın kuzeyinde, Jamestown ve Gladstone'da beş su havzasını kapsayacaktır. Sistem 12 milyon \$'a mal olmuştur. Sistem 4MW gücündedir. Projenin tasarımı ve uygulaması üç yıldan fazla zaman almıştır. Sistem, standart fotovoltaik panelleri destekleyen bir yapıdan oluşur. Paneller, suya yakın oldukları için korozyonu önlemek için özel olarak kaplanmıştır. Su, panelleri soğutmak için çalışır, böylece panellerin verimliliği artar. Sistem, atık su tesisatına güç sağlar, suyun yüzeyini örterek buharlaşma ve su kaybını azaltır (<http://infratechindustries.com/initiatives/our-projects/jamestown-floating-solar/>). PV modüllerine ek olarak, panellere çarpan ışık miktarını artırmak için sisteme aynalar yerleştirilmiştir(<http://www.sunwindenergy.com/photovoltaics/1-mw-floating-solar-system-california>).



**Şekil 3.37** PV Modüllere Yerleştirilen Aynalar(<http://reneweconomy.com.au/australias-first-floating-solar-plant-opened-in-south-australia-42322/>)



**Şekil 3.38** Modüllerin Yerleşimi(<http://infratechindustries.com/initiatives/our-projects/jamestown-floating-solar/>)



**Şekil 3.39** Northern Areas Council Atık Su Arıtma Tesisi ([http://reneweconomy.com.au/australias-first-floating-solar-plant-opened-in-south-australia-42322](http://reneweconomy.com.au/australias-first-floating-solar-plant-opened-in-south-australia-42322/))



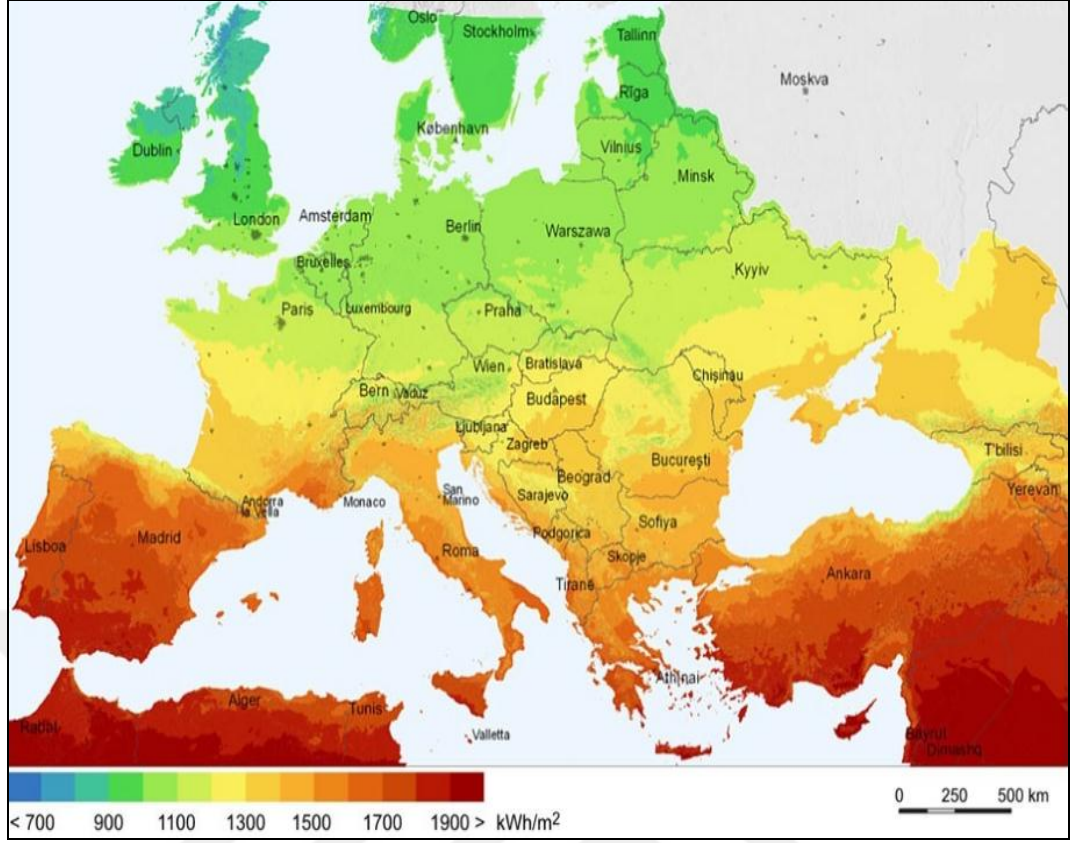
Sistem, Flinders Üniversitesi'nin Nano Bilim ve Teknoloji Departmanından 15 mühendis ve akademisyenden oluşan bir ekip tarafından geliştirilmiştir. PV tesisatı arıtma tesisinin enerji ihtiyacını % 15 düzeyde karşılamakla kalmayıp, kara tabanlı PV sistemlerine göre % 57 daha fazla güç üretebilmektedir. Panellerin su yüzeyine yerleştirilmesi bu bölgedeki buharlaşmayı % 90 oranında azaltmaktadır ([http://reneweconomy.com.au /australias-first-floating-solar-plant-opened-in-south-australia-42322/](http://reneweconomy.com.au/australias-first-floating-solar-plant-opened-in-south-australia-42322/)).

## **3.2 Türkiye Geneline Güneş Enerjisinin Durumu**

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Güneşten dünyaya saniyede yaklaşık olarak 170 milyon MW enerji gelmektedir. Türkiye'nin yıllık enerji üretiminin 100 milyon MW olduğu düşünülürse bir saniyede dünyaya gelen güneş enerjisi, Türkiye'nin enerji üretiminin 1.700 katıdır (Varınca ve Gönüllü,2006).

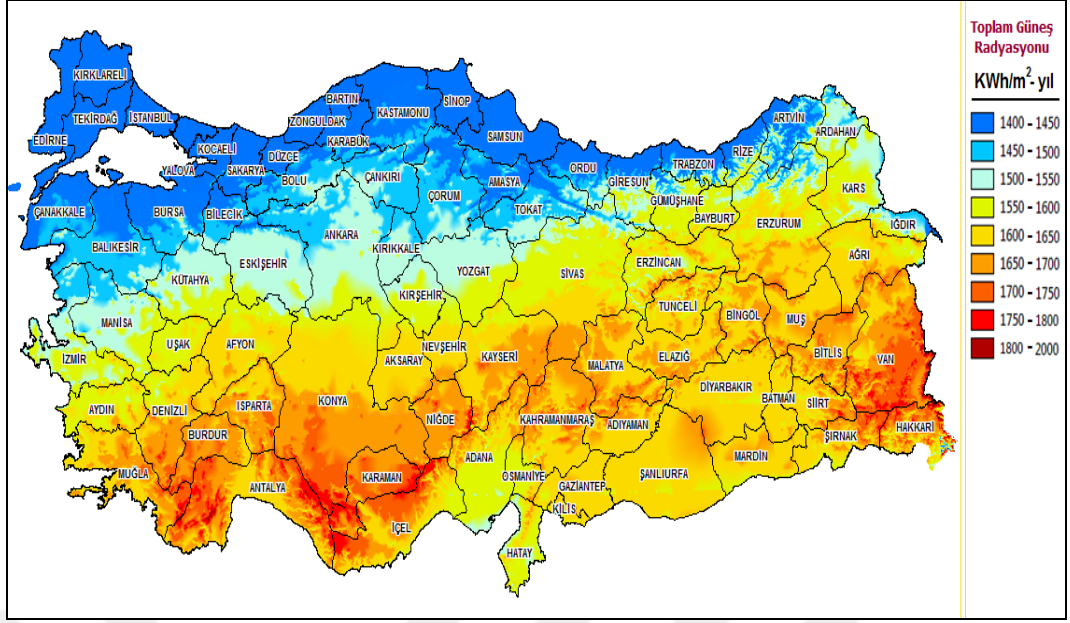
### **3.2.1 Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası**

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin artmasındaki en önemli nokta; coğrafi konumunun güneşlenmeye son derece elverişli olmasıdır. Avrupa Birliği Araştırma Merkezi tarafından hazırlanmış olan Şekil 3.40'daki güneş enerjisi potansiyeli haritasında Türkiye'nin Avrupa ülkelerinden daha çok güneş enerjisi potansiyele sahip olduğu görülmektedir.



**Şekil 3.40** Avrupa Güneş Enerjisi Potansiyel Haritası (ETK Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü,2012)

GEPA güneş enerjisi çalışmaları için elverişli yüzeylerin bulunduğu yerlerin ve bu alanlarda güneş enerjisi ile ilgili elektrik enerjisi üretim fırsatlarının belirlenmesi için hazırlanmış olup kullanıcılara sunulmuştur. Söz konusu sistem bir güneş enerjisi modelinden elde edilen güneş kaynak bilgilerinin (toplam, direkt, difüz güneş radyasyonları ile güneşlenme süresi) Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak tematik haritalarla görüntülenmesi ile elde edilmiştir. 500 x 500 metre çözünürlükteki güneş kaynak bilgileri planlamacılar, enerji şirketleri, iş dünyası ve arazi/konut sahipleri gibi geniş bir kullanıcı kitlesinin hizmetine sunulmuştur (ETK Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2012).



**Şekil 3.41** Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (<http://www.eie.gov.tr/My Calculator/Default.aspx>)

Şekil 3.41'de mavi ile belirlenen bölgeler güneş radyasyonunun az olduğu bölgeleri göstermektedir. Koyu maviden kırmızı renge doğru güneş radyasyonu artmakta ve haritada gösterilmektedir. Haritada da görüldüğü gibi mavi olan alanlar ülkemizin çok az bir bölümünü göstermekte sarı ile kırmızı ağırlıklı bir haritamız olduğunu görmekteyiz. Bu da bize ülkemizin güneş radyasyonu açısından oldukça zengin bir ülke olduğunu göstermektedir. Güneş radyasyonu güneyden kuzey bölgelere doğru gidildikçe azalmaktadır.

### 3.2.2 Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. EİE tarafından yapılan çalışmaya göre; Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat, (günlük toplam 7,2 saat) ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m<sup>2</sup>) olduğunu tespit etmiştir (EİE, 2017).

Tablo 3.9'da verilen rakamlara göre Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları sıcaklık ortalamasının en yüksek olduğu aylar olarak görülmektedir.

**Tablo 3.9** Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli (EİE Genel Müdürlüğü,2017)

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	103.0
ŞUBAT	5.44	63.27	115.0
MART	8.31	96.65	165.0
NİSAN	10.51	122.23	197.0
MAYIS	13.23	153.86	273.0
HAZİRAN	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
EKİM	7.73	89.90	214.0
KASIM	5.23	60.82	157.0
ARALIK	4.03	46.87	103.0
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

### 3.2.3 Türkiye'de Güneşlenme Sürelerinin Bölgelere Göre Değişimi

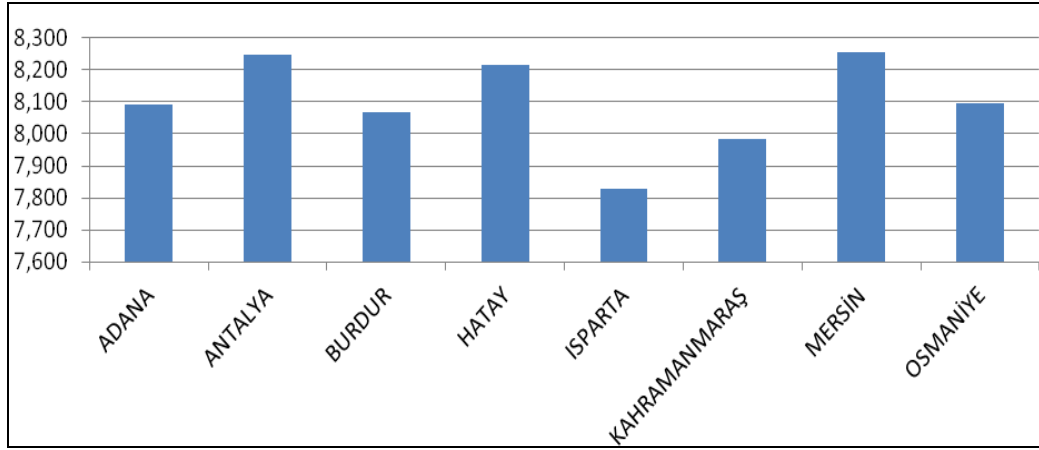
Tablo 3.10'da verilen değerlere göre; Türkiye'nin Akdeniz Bölgesi ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi en fazla güneş enerjisi alan bölgesidir.

**Tablo 3.10** Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı (<http://www.eie.gov.tr/eieweb/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>)

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

### 3.2.3.1 Akdeniz Bölgesinde Güneşlenme Süresi

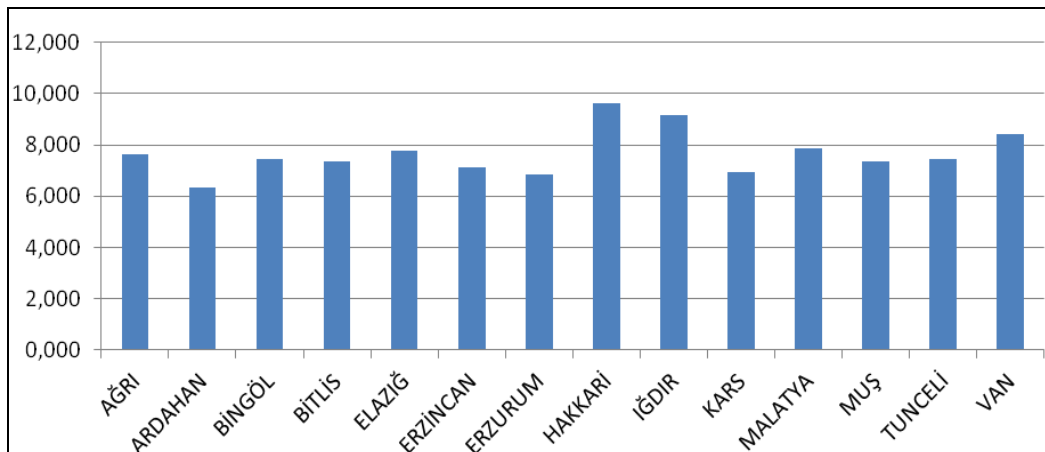
Şekil 3.42' de görüldüğü üzere Akdeniz Bölgesi'nde bulunan 8 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 8,098 saattir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 8,257 saat ile Mersin'de, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 7,830 saat ile Isparta'dadır.



Şekil 3.42 Akdeniz Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri (GEPA Verileri).

### 3.2.3.2 Doğu Anadolu Bölgesinde Güneşlenme Süresi

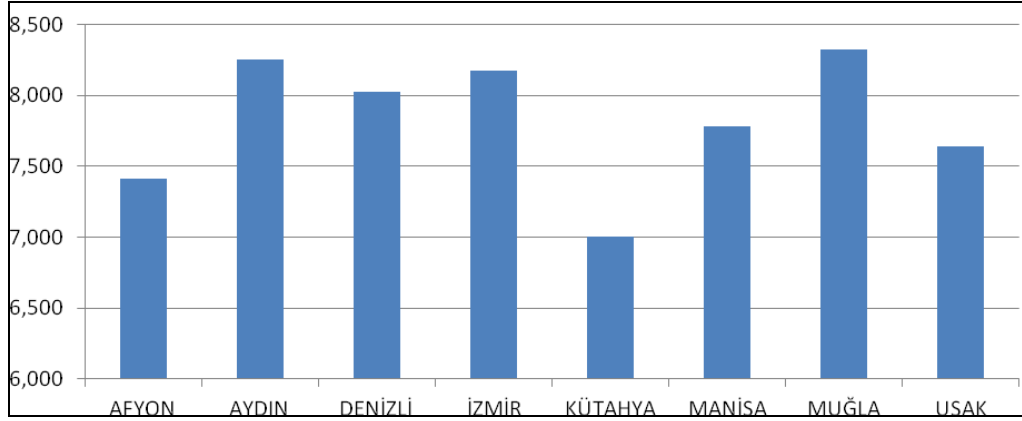
Şekil 3.43' de görüldüğü üzere Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 14 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 7,664 saattir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 9,616 saat ile Hakkari'de, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 6,333 saat ile Ardahan'dadır.



Şekil 3.43 Doğu Anadolu Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri (GEPA Verileri).

### 3.2.3.3 Ege Bölgesinde Güneşlenme Süresi

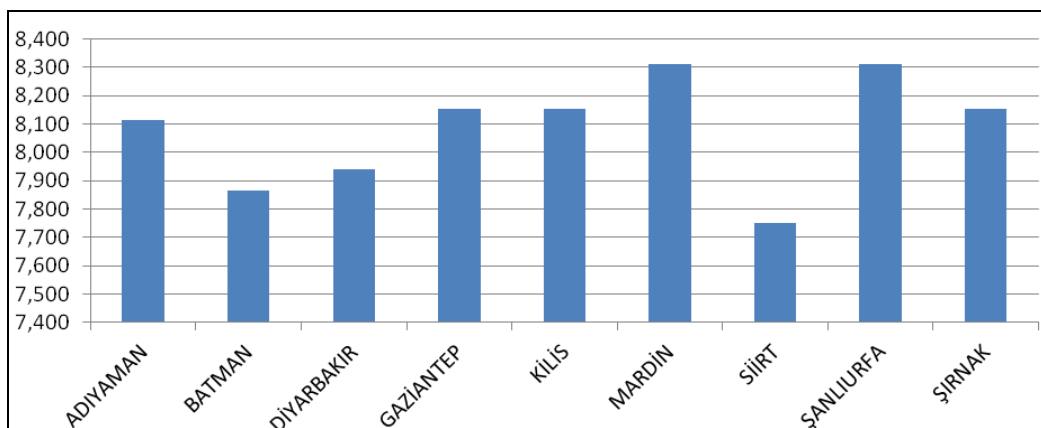
Şekil 3.44' te görüldüğü üzere Ege Bölgesi'nde bulunan 8 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 7,828 saattir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 8,328 sat ile Muğla'da, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 7,005 saat ile Kütahya'dadır.



Şekil 3.44 Ege Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri (GEPA Verileri).

### 3.2.3.4 Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Güneşlenme Süresi

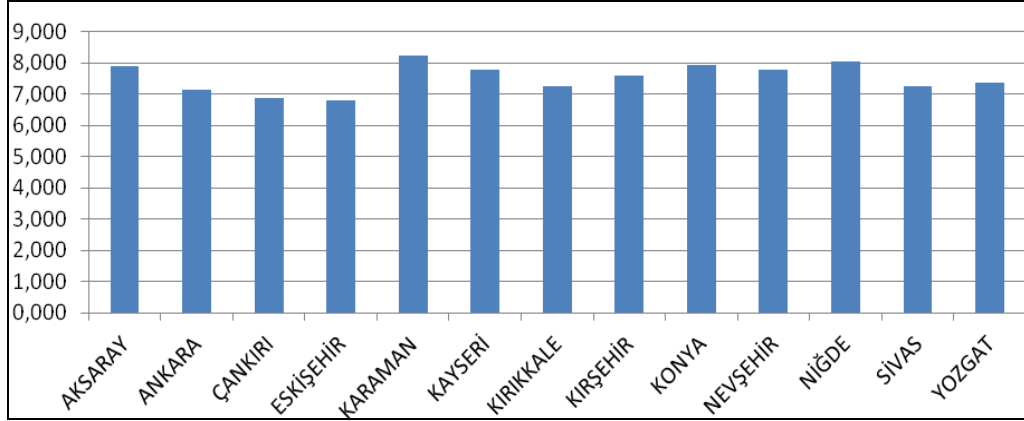
Şekil 3.45' te görüldüğü üzere Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan 9 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 8,084 saattir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 8,313 saat ile Mardin'de, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 7,749 saat ile Siirt'tedir.



Şekil 3.45 Güneydoğu Anadolu Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri (GEPA Verileri, 2017).

### 3.2.3.5 İç Anadolu Bölgesinde Güneşlenme Süresi

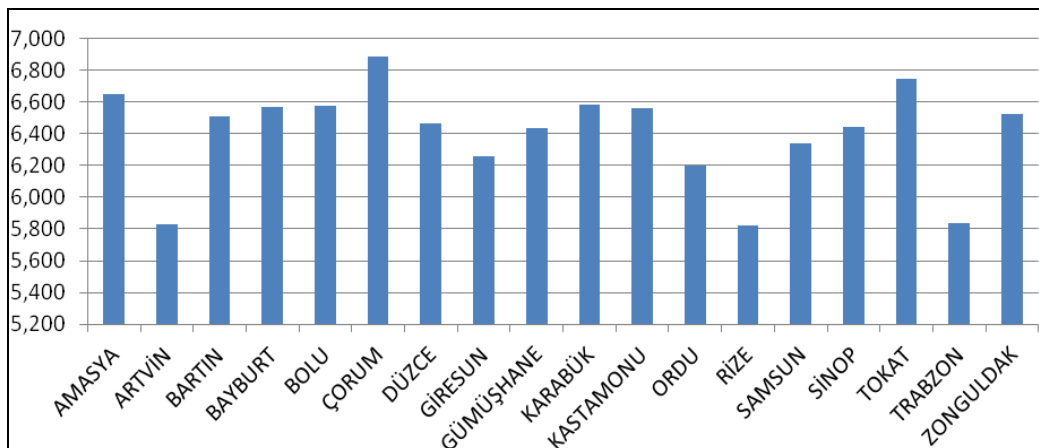
Şekil 3.46' da görüldüğü üzere İç Anadolu Bölgesi'nde bulunan 13 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 7,536 saattir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 8,239 saat ile Karaman'da, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 6,785 saat ile Eskişehir'dedir.



Şekil 3.46 İç Anadolu Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri (GEPA verileri, 2017).

### 3.2.3.6 Karadeniz Bölgesinde Güneşlenme Süresi

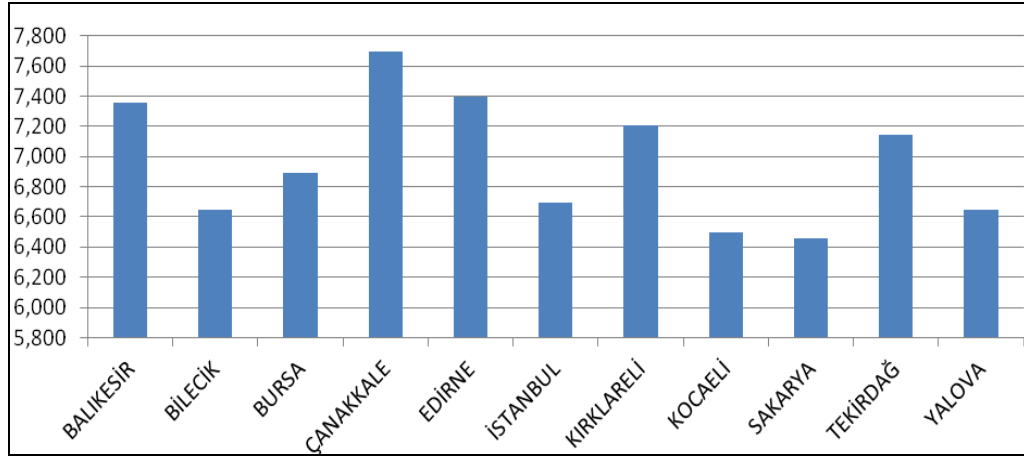
Şekil 3.47' de görüldüğü üzere Karadeniz Bölgesi'nde bulunan 18 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 6,402 saattir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 6,883 saat ile Çorum'da, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 5,825 saat ile Rize'dedir.



Şekil 3.47 Karadeniz Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri (GEPA Verileri,2017).

### 3.2.3.7 Marmara Bölgesinde Güneşlenme Süresi

Şekil 3.48' de görüldüğü üzere Marmara Bölgesi'nde bulunan 11 ilin ortalama güneşlenme süresi değeri 6,966 saattir. En yüksek güneşlenme süresi değeri 7,698 saat ile Çanakkale'de, en düşük güneşlenme süresi değeri ise 6,456 saat ile Sakarya'dadır.



Şekil 3.48 Marmara Bölgesi Güneşlenme Süresi Değerleri (GEPA verileri,2017).

### 3.2.4 Türkiye'de İllere Göre Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi

Türkiye'de illere göre yıllık ortalama güneşlenme süresi değerlerini gösteren değerler Tablo 3.11'de verilmiştir. Buna göre en yüksek değer 9,616 ile Hakkari'de iken en düşük değer 5,825 ile Rize'dedir.



**Tablo 3.11** Türkiye’de İllere Göre Yıllık Ortalama Güneşlenme Süresi Değerleri (GEPA Verileri,2017).

İl	Ortalama (saat)	İl	Ortalama (saat)	İl	Ortalama (saat)
Hakkari	9,616	Isparta	7,830	Bursa	6,889
Iğdır	9,148	Kayseri	7,787	Çorum	6,883
Van	8,412	Manisa	7,784	Erzurum	6,855
Muğla	8,328	Nevşehir	7,767	Eskişehir	6,785
Mardin	8,313	Elazığ	7,755	Tokat	6,749
Şanlıurfa	8,312	Siirt	7,749	İstanbul	6,696
Mersin	8,257	Çanakkale	7,698	Amasya	6,650
Aydın	8,255	Uşak	7,640	Yalova	6,645
Antalya	8,247	Ağrı	7,620	Bilecik	6,643
Karaman	8,239	Kırşehir	7,587	Karabük	6,583
Hatay	8,216	Bingöl	7,453	Bolu	6,578
İzmir	8,177	Tunceli	7,443	Bayburt	6,570
Gaziantep	8,155	Afyon	7,409	Kastamonu	6,561
Kilis	8,154	Edirne	7,396	Zonguldak	6,524
Şırnak	8,152	Bitlis	7,372	Bartın	6,511
Adıyaman	8,114	Muş	7,362	Kocaeli	6,496
Osmaniye	8,096	Balıkesir	7,359	Düzce	6,466
Adana	8,093	Yozgat	7,351	Sakarya	6,456
Burdur	8,067	Sivas	7,270	Sinop	6,440
Denizli	8,027	Kırkkale	7,258	Gümüşhane	6,438
Niğde	8,026	Kırklareli	7,204	Samsun	6,338
K.maraş	7,983	Ankara	7,157	Ardahan	6,333
Konya	7,941	Tekirdağ	7,144	Giresun	6,261
Diyarbakır	7,938	Erzincan	7,111	Ordu	6,196
Aksaray	7,909	Kütahya	7,005	Trabzon	5,837
Malatya	7,874	Kars	6,949	Artvin	5,829
Batman	7,865	Çankırı	6,890	Rize	5,825

### 3.2.5 Türkiye’de Kurulu Güneş Enerji Santralleri

Türkiye’de bulunan 1078 Güneş Enerji Santrallerinin toplam kurulu gücü 860,63 MW’dır. 2016 yılında Güneş Enerji Santralleri ile 1.020.000.000 kilovatsaat elektrik üretimi yapılmıştır. Güneş Enerji Santralleri temelde iki farklı yapı ile çalışır. Bunlar fotovoltaik sistem ve termal sistemdir. Fotovoltaik sistemde, güneşten gelen radyasyon, paneller vasıtası ile enerjiye çevrilmekte, elde edilen enerji inverter cihazı ile kullanıma uygun hale getirilerek kullanılmaktadır. Termal sistemlerde özel aynalar vasıtası ile güneş ışınları belli bir noktaya iletilmekte, bu noktada bulunan yağ, su vb. sıvı ısıtılmakta, ısıtılan bu sıvı ile termik sistemlerde olduğu gibi buhar basıncı vasıtası ile mekanik enerji kinetik enerjiye çevrilmektedir. Çok yaygın

olmasa da bu iki sistem haricinde değişik yöntemlerle de güneş enerjisi elektrik enerjisine çevrilebilmektedir. Tablo 3.12 ve 3.13'te Türkiye'de elektrik üretimi yapılan güneş enerji santrallerinin profili ve kapasiteleri hakkında detaylı bilgiler verilmiştir (<http://www.enerjiatlası.com/gunes/>).

**Tablo 3.12** Güneş Enerjisi Santrallerinin Profili (<http://www.enerjiatlası.com/gunes/>)

<b>Aktif Santral Sayısı :</b>	500
<b>Kurulu Güç :</b>	691 MWe
<b>Kurulu Güce Oranı :</b>	% 0,88
<b>Yıllık Elektrik Üretimi :</b>	~ 1.022 GWh
<b>Üretimin Tüketime Oranı :</b>	% 0,39
<b>Lisans Durumu :</b>	2 lisanslı, 498 lisanssız

**Tablo 3.13** Devrede Olan Santraller (<http://www.enerjiatlası.com/gunes/>)

S.	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1)	Konya Karatay Kızören GES	Konya	Tekno Enerji	18 MW
2)	Derinkuyu Güneş Enerjisi Santrali	Nevşehir		17 MW
3)	Makascı Mühendislik GES	Konya	Makascı Mühendislik	10 MW
4)	Astor Enerji Bozova GES	Şanlıurfa	Astor Enerji	8,97MW (10.9667 MW)
5)	Kayseri Çiftlik Güneş Enerjisi Santrali	Kayseri	Bayraktar İnşaat	8,40 MW
6)	Afyon Dinar Güneş Enerji Santrali	Afyonkarahisar		8,00 MW
7)	Entar Enerji Güneş Enerjisi Santrali	Kayseri	Entar Enerji	8,00 MW
8)	Solentegre GES	Elazığ	Akfen Enerji	8,00 MW
9)	Yarışlı Güneş Enerji Santrali	Burdur	Zen Enerji	8,00 MW
10)	Sunergie Güneş Enerji Santrali	Konya		7,98 MW

### 3.2.5.1 Konya Karatay Kızören Güneş Enerji Santrali

Konya Karatay Kızören Güneş Enerji Santrali Konya'nın Karatay ilçesi Kızören bölgesindedir. Santral 17,82 MWe kurulu gücü ile Türkiye'nin 483. Konya'nın ise 4. büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca Türkiye'nin en büyük Güneş Enerji Santrali'dir. Konya Karatay Kızören GES ortalama 26.100.000 kilovatsaat elektrik üretimi ile 7.885 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedir. Konya Karatay Kızören GES sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 8.286 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır(<http://www.enerjiatlası.com/gunes/karatay-kizoren-ges.html>).



**Şekil 3.49** Konya Karatay Kızören Güneş Enerji Santrali (<http://www.enerjiatlası.com/gunes/karatay-kizoren-ges.html>)

### 3.2.5.2 Derinkuyu Güneş Enerjisi Santrali

Derinkuyu Güneş Enerjisi Santrali Nevşehir'in Derinkuyu ilçesindedir. Türkiye'nin 490. Nevşehir'in ise 3. büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca Türkiye'nin 2. büyük Güneş Enerji Santrali'dir. Derinkuyu Güneş Enerjisi Santrali ortalama 24.820.000 kilovatsaat elektrik üretimi ile 7.498 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik

enerjisi ihtiyacını karşılayabilmektedir. Derinkuyu Güneş Enerjisi Santrali sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 7.879 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır (<http://www.enerjiatlası.com/gunes/derinkuyu-gunes-enerjisi-santrali.html>).



**Şekil 3.50** Derinkuyu Güneş Enerjisi Santrali(<http://www.enerjiatlası.com/gunes/derinkuyu-gunes-enerjisi-santrali.html>)

#### 3.2.5.3 Denizli Hükümet Binası

Denizli Hükümet binasında BIPV uygulaması ile binanın tüm enerji ihtiyacı (75 kWp) bu sistemden karşılanmaktadır. Atıl duran çatıya yerleştirilen güneş enerjisi sistemi ile çatıya elektrik üreten bir santral niteliği kazandırmıştır. Sistemin en önemli özelliği şebeke bağlantılı olmasıdır. Bu sayede üretilen enerji depo edilmeden direk tüketilebilmektedir. Proje üç hafta gibi kısa sürede tamamlanmıştır. Sistem yıllık 106 bin kWh elektrik üretim kapasitesine sahiptir ( <https://www.haberler.com/gsr-enerji-den-denizli-hukümet-konagi-na-gunes-3516718-haberi/>).



**Şekil 3.51** Denizli Hükümet Binası BIPV Çatı Uygulaması (<http://gsrenerji.com.tr/index.php/referanslarimiz>)

#### 3.2.5.4 Antalya 100. Yıl Stadyumu

33 bin seyirci kapasiteli Antalya 100.yıl stadyumu 136 dönüm arazi üzerine kurulmuştur. 1.4 MWp güce sahip statta günlük ortalama 7200 kWh elektrik üretim kapasitesine sahiptir. Bu üretim rakamıyla 550 konutun günlük enerji tüketimine eşdeğerdir. sistemin yıllık ortalama üretim miktarı 2.200.000kWh değerindedir. Silindirik olarak inşa edilen stadın 10200 m<sup>2</sup> lik çatı alanına 6000 adet 250 Wp gücünde monokristal güneş panelleri ve nominal gücü 10 kW olan 124 adet invertör kullanılmıştır. Fotovoltaik panel dizileri 15 ve 16 şarlı invertörler ile uyumlu çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Modüller arası bağlantılar ve DC gerilim düşümleri ve akım kapasiteleri göz önüne alınarak 6mm<sup>2</sup> kesitli PV1-F kablolar kullanılmıştır. (Anonim. b.t.) Antalya stadyumu 1MW güce sahip Tayvan Kaohsiung National Stadium ve 1.3 MWp güce sahip İsviçre Stade de Suisse statlarının rekorunu kırarak dünyanın en büyük güneş enerjili stadi olma ünvanını elde etmiştir (<http://enerjienstitusu.com/2015/09/16/turkiyenin-ilk-gunes-enerjili-stadi-antalya-arena-stadieylul-sonunda-aciliyor/>).



**Şekil 3.52** Antalya 100.Yıl Stadı (<http://enerjienstitusu.com/2015/09/16/turkiyenin-ilk-gunes-enerjili-stadi-antalya-arena-stadieylul-sonunda-aciliyor/>)

#### 3.2.5.5 ODTÜ Binası

ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Fakültesi Ayaşlı Araştırma Merkezinde BIPV uygulaması, Türk Mimarisinin önde gelen mimarlarından Behruz Çinici, tarafından tasarlanmıştır. Teknik tasarım sırasında, fotovoltaik özellik taşıyan hangi yapı bileşenlerinin kullanılacağı kararlaştırılmıştır. Bu ürünlerden ne kadar elektrik üretileceği, kabloların nereden ve nasıl geçeceği, sistem invertörlerinin konulacağı odanın yeri tasarım safhasında planlanmıştır. Binanın doğal aydınlatmayla aydınlatmasını sağlamak üzere çatıda 6 adet atrium cam tasarlanmıştır. Atriumda kullanılacak camların bir bölümü PV özelliği taşıyan yarı transparan fotovoltaiklerden seçilmiş, böylece atrium üzerine düşen gün ışığının %75'nin bina içerisine girmesi sağlanmıştır. Projede toplamda 1400 m<sup>2</sup> olan çatı alanından 51,4 kWp enerji elde edilmiştir. Yıllık 60.000 kWh enerji üreteceği öngörülen bu sistem, araştırma geliştirme amaçlı kullanılan cihazlar haricinde binanın tüm elektrik ihtiyacını karşılayabilecek boyuttadır (<http://www.ntv.com.tr/turkiye/kendi-enerjisini-uretenbinalar,1keNItJJx0G1WSrgcp7kKA>).



**Şekil 3.53** ODTÜ Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Fakültesi Ayaşlı Araştırma Merkezi BIPV Uygulaması (<http://www.ntv.com.tr/turkiye/kendi-enerjisini-ureten-binalar,1keNIJJx0G1WSrgcp7kKA>)

### 3.2.6 Türkiye'de Su ve Atıksu Tesislerinde Kurulu Güneş Enerji Santralleri

Bu bölümde Türkiye'deki Afyonkarahisar Belediyesi İçmesuyu Arıtma Tesisi, Nevşehir Belediyesi Biyolojik Arıtma Tesisi ve Bursa Batı Özlüce Atıksu Arıtma Tesisi incelenmiştir.

#### 3.2.6.1 Afyonkarahisar Belediyesi İçmesuyu Arıtma Tesisi

Sistem, 2015 yılında Afyonkarahisar Belediyesi İçmesuyu Arıtma Tesisinde kurulmuştur. Gücü, 500 Kw'p'dır. kapasiteli Güneş Enerji Santrali, ilk yılında hedeflenen elektrik enerji üretiminden daha fazla üretim sağlamıştır. Yılda ortalama 750 bin kwh elektrik enerjisi üretimi hedefiyle açılan Güneş Enerjisi Santrali, ilk yılında 800 bin kwh elektrik enerjisi üretimiyle hedeflenen enerji üretimini aşmıştır. Çevre dostu sistem sayesinde ayrıca, yılda yaklaşık olarak 470 ton karbondioksit salınımı engellenerek, yaklaşık 750 adet ağacın kurtarılması planlanmış, ancak hedefleri aşarak 500 ton karbondioksit salınımını engellemiş ve 800 ağaç kurtarılmıştır. 2 milyon liraya mal olan ve İçmesuyu Arıtma Tesisi'nin elektrik ihtiyacının yüzde 30'unu karşılayan Güneş Enerjisi Santrali'nin yedi yıl içerisinde

kendisini amorti etmesi öngörülmektedir (<http://www.afyon.bel.tr/news/1/5437/gunes-enerji-santrali-hedefleri-as.aspx>).



**Şekil 3.54** Afyonkarahisar Belediyesi İçmesuyu Arıtma Tesisi (<http://afyonkarahisar.bel.tr/news/1/5437/gunes-enerji-santrali-hedefleri-as.aspx>)

### 3.2.6.2 Nevşehir Belediyesi Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi

Yaklaşık 8 yıl önce Nevşehir Belediyesi olarak Kapadokya Eğitim Merkezi çatı katında oluşturulan güneş panelleri ile arıtma tesisinin ihtiyaç duyduğu elektriğin bir bölümünü karşılanmaktadır. Nevşehir Belediyesi Strateji Geliştirme Müdürlüğü tarafından hazırlanan bu yeni proje kapsamında da Nevşehir Belediyesi tarafından 2010 yılında hizmete kazandırılan Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi' nin yanında 2 bin metrekarelik bir alan üzerinde 700 güneş paneli kullanılarak tesis hizmete açılmıştır. Tesisin yılda 240 bin kWh elektrik üretilmektedir. Bu enerjinin Nevşehir Belediyesi Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi'nin yaklaşık yüzde 10' luk bölümünün elektrik ihtiyacının karşılamaktadır. Nevşehir Belediyesi Biyolojik Arıtma Tesisi'nde kurulan sistem ile, güneş panellerinden elde edilen doğrusal akım, 5 invertör cihazı yardımıyla alternatif akıma dönüştürülerek, tesise gerekli olan elektrik enerjisini sağlamaktadır ([http://www.nevsehir.bel.tr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2357:nevsehir-belediyesi-gunes-panelleri-ile-elektrik-ueretiyor&catid=53:2015-haber-arsivi-2&Itemid=255](http://www.nevsehir.bel.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=2357:nevsehir-belediyesi-gunes-panelleri-ile-elektrik-ueretiyor&catid=53:2015-haber-arsivi-2&Itemid=255)).





**Şekil 3.55** Nevşehir Belediyesi Biyolojik Atık Su Arıtma Tesisi(<http://www.lalehaber.com/haber-nevsehir-belediyesi-gunes-panelleri-ile-elektrik-uretiyor-12889.html>)

#### 3.2.6.3 Bursa Batı Özlüce Atıksu Arıtma Tesisi Güneş Enerji Santrali

Batı Özlüce Atıksu Arıtma Tesisi Güneş Enerji Santrali Bursa'nın Nilüfer ilçesi Özlüce bölgesindedir. Bursa Büyükşehir Belediyesi firmasına ait santral 250 kWp kurulu gücü ile Türkiye'nin 1573. Bursa'nın ise 40. büyük enerji santralidir. Tesis ayrıca Türkiye'nin 392. büyük Güneş Enerji Santrali'dir(<http://www.enerjiatlası.com/gunes/bati-ozluce-atıksu-gunes-enerji-santrali.html>). Batı Atıksu Arıtma Tesisi'nde atıl vaziyetteki 4 bin metrekare alana yaklaşık 600 panel monte edilmiştir.. Tesisimiz kendini yaklaşık 6,5 yıl içinde amorti etmiş olacaktır(<https://www.haberler.com/bati-atıksu-arıtma-tesisi-nde-gunes-enerjisinden-6338797-haberi/>)



**Şekil 3.56** Bursa Batı Özlüce Atıksu Arıtma Tesisi([https://www.google.com.tr/search?q=Bat%C4%B1+%C3%96zl%C3%BCce+At%C4%B1ksu+Ar%C4%B1tma+Tesisi+G%C3%BCne%C5%9F+Enerji+Santrali&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj2u7SCv6bUAhUDICwKHUChD0UQ\\_AUICygC&biw=1920&bih=974#imgsrc=Qo7reuEBzq6HWM:](https://www.google.com.tr/search?q=Bat%C4%B1+%C3%96zl%C3%BCce+At%C4%B1ksu+Ar%C4%B1tma+Tesisi+G%C3%BCne%C5%9F+Enerji+Santrali&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj2u7SCv6bUAhUDICwKHUChD0UQ_AUICygC&biw=1920&bih=974#imgsrc=Qo7reuEBzq6HWM:))

Özlüce Atıksu Arıtma Güneş Santrali ortalama 321.200 kilovatsaat elektrik üretimi ile 97 kişinin günlük hayatında ihtiyaç duyduğu (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi) tüm elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilir. Özlüce Atıksu Arıtma Güneş Santrali sadece konut elektrik tüketimi dikkate alındığında ise 102 konutun elektrik enerjisi ihtiyacını karşılayabilecek elektrik üretimi yapmaktadır. Bu üretim kapasitesine sahip olan bir Güneş Enerji Santrali lisanssız elektrik üretim tesisi ile elektrik faturasının ulusal elektrik fiyatları üzerinden yılda yaklaşık 125.268 TL daha az geleceği söylenebilir. Ayrıca yıllık 321.200 kWh üretim kapasitesine sahip olan böyle bir enerji tesisin ürettiği elektrik TEİAŞ tarafından yurtdışından ithal edilmiş olsaydı toptan fiyatı ile yaklaşık olarak 53.933 TL ödeme yapılacaktı. Bu nedenle Batı Özlüce Atıksu Arıtma Tesisi Güneş Enerji Santrali enerjide dışa bağımlılığımızın azalmasına da katkıda bulunur (<http://www.enerjiatlası.com/gunes/bati-ozluce-atıksu-gunes-enerji-santrali.html>).

## 4 İSKİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ GES UYGULAMALARI

### 4.1 Büyükçekmece Gölü GES Projesi

Büyükçekmece Gölü GES Projesi ile Büyükçekmece Gölü su yüzeyinin %30 oranında güneş paneli ile kaplanması durumunda üretilebilecek elektrik miktarı hesaplanmıştır. Ayrıca Büyükçekmece İçme Suyu Arıtma ve İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinin elektrik ihtiyacının karşılanması için Büyükçekmece Gölü yüzeyinin % kaçının güneş paneliyle kaplanması gerektiği, gerekli alan ve panel sayısı hesaplanmıştır.

#### 4.1.1 Büyükçekmece Gölü Genel Bilgiler

Marmara denizi kıyısındaki eski koyların önünün kıyı kordonu tarafından kapanıp kıyı setti gölüne (lagün) dönüşmesiyle oluşan Büyükçekmece Gölü İstanbul'un Avrupa yakasındaki ikinci büyük göldür. Derinliği az olup en derin yeri 3,5m olmakla birlikte derinlikler çok yerde yarım metreyi geçmez. 1989 yılında hizmete geçen baraj ile Büyükçekmece Gölü denizden ayrılarak içme ve kullanma amaçlı faaliyetlere tahsis edilmiştir. Üzerine inşa edilen barajla birlikte göl yüksekliği 6,3 m ye çıkarken, alanı da 10 km<sup>2</sup> 'den 27,8 km<sup>2</sup> 'ye kadar genişlemiştir. Silivri ve Büyükçekmece ilçelerinde bulunan göl 27,8 km<sup>2</sup> 'lik bir alanı; 631,6 km<sup>2</sup> 'lik su toplama havzası ile oldukça geniş bir alanı kaplamaktadır. Büyükçekmece barajıyla oluşturulan 148,9 hm<sup>3</sup> 'lük rezerv yıllık 100 milyon m<sup>3</sup> su verimi ile kente su sağlayan en önemli üçüncü su kaynağı durumundadır. Göl güneye Marmara denizine akan derelerle beslenmektedir (Tekin, 2010). İstanbul'a uzaklığı 50 km olan Büyükçekmece Barajı'nın suları Büyükçekmece İçmesuyu Arıtma Tesislerinde

arıtıldıktan sonra şehre verilmektedir(<http://www.iski.gov.tr/web/tr-TR/kurumsal/iski-hakkinda/su-kaynaklari>).

#### 4.1.2 Büyükçekmece GES Projesi ile Beslenebilecek Tesisler

Büyükçekmece GES Projesi ile beslenebilecek tesisler; Büyükçekmece İçmesuyu Arıtma Tesisi ve Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisidir. Bu tesisler ile ilgili bilgiler aşağıdaki gibidir.

##### 4.1.2.1 Büyükçekmece İçmesuyu Arıtma Tesisi

Büyükçekmece İçmesuyu Arıtma Tesisi'nin birinci ünitesi (1-2 numaralı Durultucular ve 10 adet Filtre) 1989 Şubatı'nda devreye alınmış ve aynı yılın Temmuz–Ağustos aylarında da 3-4 ve 5-6 numaralı Durultucular ile 11 adet Filtre hizmete girmiştir. Daha sonra kalan 7 Filtre de devreye alınarak tesis, 1989 yılının sonlarına doğru tam kapasite ile çalışır duruma getirilmiştir.

Büyükçekmece İçmesuyu Arıtma Tesisi, 400.000 m<sup>3</sup>/gün kapasiteyle yaklaşık 2.600.000 İstanbullu'ya hizmet vermektedir. Tesisten; Büyükçekmece, Beylikdüzü, Esenyurt, Avcılar, Başakşehir, Çatalca ve Silivri İlçeleri beslenmektedir (<http://www.iski.istanbul/web/tr-TR/kurumsal/iski-hakkinda/aritmatesisleri/icmesuyu-aritma-tesisleri/buyukcekmece-icmesuyu-aritma-tesisi>).



**Şekil 4.1**Büyükçekmece İçmesuyu Arıtma Tesisi([https://www.google.com.tr/search?q=b%C3%BCy%C3%BCk%C3%A7ekmece+i%C3%A7me+suyu+ar%C4%B1tma+tesisleri&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj74v-r0jWAhViJsAKHbo2Az8Q\\_AUICygC&biw=1920&bih=925#imgrc=ZE1XwFqfv4fXIM:](https://www.google.com.tr/search?q=b%C3%BCy%C3%BCk%C3%A7ekmece+i%C3%A7me+suyu+ar%C4%B1tma+tesisleri&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj74v-r0jWAhViJsAKHbo2Az8Q_AUICygC&biw=1920&bih=925#imgrc=ZE1XwFqfv4fXIM:))

Büyükçekmece İçmesuyu Arıtma Tesisi 9 ana üniteden oluşmaktadır;

- 1) Ham Su Alış Ağı ve Ham Su Terfi Merkezi
- 2) Havalandırma Yapısı
- 3) Ham Su Dağıtım Havuzu
- 4) Klorlama Ünitesi
- 5) Çöktürme Havuzları
- 6) Hızlı Kum Filtreleri
- 7) Temiz Su Terfi Merkezi
- 8) Enerji ve Elektrik Tesisleri
- 9) Çamur Susuzlaştırma Ünitesi

#### 4.1.2.2 Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi

Büyükçekmece İleri Biyolojik Arıtma Tesisi 2015 yılında hizmete girmiştir. Günlük kapasitesi 132 bin metreküp ve 500 bin kişiye hizmet vermektedir. Büyükçekmece Merkez, Çatalca Merkez, Çakmaklı, Gürpınar, Tepecik, Mimarsinan, Türkoba, Muratbey, Elbasan, Ovayenice, Çakıl, Karaağaç, İzzettin, Ahmediye, Bahşayış bölgelerinin atıksuyunu toplayıp arıtacak (<https://yolbakim.ibb.gov.tr/4-yeni-ileri-biyolojik-aritma-tesisi-istanbula-hayirli-olsun/>)



**Şekil 4.2** Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi(<https://www.youtube.com/watch?v=5k-y7E-mPMs>)

#### 4.1.3 Büyükçekmece Gölü GES Projesi ile Beslenebilecek Tesislerin Trafo ve Sözleşme Güç Miktarları

Büyükçekmece Gölü GES Projesi ile beslenebilecek Büyükçekmece Su Arıtma ve Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinin trafo ve sözleşme güç miktarları aşağıdaki gibidir.

##### 4.1.3.1 Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin Trafo ve Sözleşme Güç Miktarları

Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin trafo ve sözleşme güç miktarları ilgili birimlerden elde edilmiş olup Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.1** Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin Trafo ve Sözleşme Güç Miktarları (Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi)

Sıra No	TERFİ ADI	MOTO POMP NO	MOTOR GÜCÜ KW	TRAFO GÜCÜ MVA	SÖZLEŞME GÜCÜ MVA	BESLEDİĞİ BÖLGELER
1	HAMSU	1	730	1x10	10	Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi
		2	730			
		3	730			
		4	350			
2	TEMİZ SU	1	2000	1x12,5	10	Büyükçekmece, Beylikdüzü, Esenyurt, Avcılar, Başakşehir, Çatalca ve Silivri İlçeleri
		2	2000			
		3	2000			
		4	2000			
		5	2000			
		6	2000			
		7	2000			
3	BÜYÜKÇEKMECE TESİSİ (HAMSU VE SU ARITMA TESİSİ)	1	34.5	1	10	İç İhtiyaç
		2	34.5			
		3	34.5			

Tablo 4.1'de görüldüğü üzere Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi Hamsu Terfi Merkezi'nin trafo gücü 10MVA; Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi Temiz Su Terfi Merkezi'nin trafo gücü 12,5MVA ve Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin iç ihtiyacı için gerekli olan trafo gücü 1MVA'dır. Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin toplam sözleşme gücü ise 10MVA'dır.

#### 4.1.3.2 Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin Trafo ve Sözleşme Güç Miktarı

Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin trafo ve sözleşme güç miktarları ilgili birimlerden elde edilmiş olup Tablo 4.2'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.2** Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin Trafo ve Sözleşme Güç Miktarları(Büyükçekmece Atıksu Arıtma Tesisi)

Sıra No	TERFİ ADI	TRAFO SAYISI (1ASIL+1 YEDEK)	TRAFO GÜCÜ MVA	SÖZLEŞME GÜCÜ MVA	BESLEDİĞİ BÖLGELER
1	BÜYÜKÇEKMECE İLERİ BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ	1+1	4	12,5	Büyükçekmece Merkez, Çatalca Merkez, Çakmaklı, Gürpınar, Tepecik, Mimarşinan, Türkoba, Muratbey, Elbasan, Ovayenice, Çakıl, Karaağaç, İzzettin, Ahmediye, Bahşayış bölgeleri
		1+1	6		
		1+1	2,5		
		1+1	1		

Tablo 4.2'de görüldüğü üzere Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin trafo gücü 13,5 MVA'dır. Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin sözleşme gücü ise 12,5MVA'dır.

#### 4.1.4 Büyükçekmece Gölü GES Projesi ile Beslenebilecek Tesislerin Fiili Elektrik Tüketim Miktarları

Büyükçekmece Gölü GES Projesi ile beslenebilecek Büyükçekmece Su Arıtma ve Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinin fiili elektrik tüketim miktarları aşağıdaki gibidir.

##### 4.1.4.1 Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin Fiili Elektrik Tüketim Miktarı

Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin 2016 yılına ait fiili elektrik tüketim miktarları ilgili birimlerden elde edilmiş olup Tablo 4.3'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.3** Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin Fiili Elektrik Tüketim Miktarları

AY	TÜKETİLEN ELEKTRİK(kWh/ay)
Ocak 2016	2.172.741,00
Şubat 2016	1.958.703,00
Mart 2016	1.792.978,80
Nisan 2016	1.983.225,60
Mayıs 2016	3.010.180,20
Haziran 2016	4.661.681,40
Temmuz 2016	4.327.831,80
Ağustos 2016	4.045.428,60
Eylül 2016	3.606.671,40
Ekim 2016	3.350.764,20
Kasım 2016	2.381.907,60
Aralık 2016	1.256.118,40
<b>TÜKETİLEN ELEKTRİK(kWh/yıl)</b>	<b>34.548.232,00</b>

\*Elektrik Faturaları Üzerinden Hesaplanmıştır.

Tablo 4.3'de görüldüğü üzere Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinde elektrik tüketiminin en az olduğu ay 1.256.118,40 kWh/ay ile aralık ayı, en fazla olduğu ay ise 4.661.681,40 kWh/ay ile haziran ayıdır. Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin yıllık elektrik tüketim miktarı ise **34.548.232,00 kWh/yıl**'dir.

#### 4.1.4.2 Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin Fiili Elektrik Tüketim Miktarı

Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin fiili elektrik tüketim miktarları ilgili birimlerden elde edilmiş olup Tablo 4.4'de gösterilmiştir.



**Tablo 4.4** Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin Fiili Elektrik Tüketim Miktarları

AY	TÜKETİLEN ELEKTRİK (kWh/ay)
Aralık 2016	582.446,25
Ocak 2017	597.747,00
Şubat 2017	533.922,00
Mart 2017	601.645,50
Nisan 2017	573.545,25
Mayıs 2017	592.692,75
Haziran 2017	563.454,00
Temmuz 2017	526.107,75
Ağustos 2017	687.654,00
Eylül 2017	663.452,25
Ekim 2017	784.027,00
Kasım 2017	308.136,75
<b>TÜKETİLEN ELEKTRİK(kWh/yıl)</b>	<b>7.014.830,50</b>

\*Elektrik Faturaları Üzerinden Hesaplanmıştır.

Tablo 4.4'de görüldüğü üzere Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde elektrik tüketiminin en az olduğu ay 526.107,75 kWh/ay ile temmuz ayı, en fazla olduğu ay ise 784.027,00 kWh/ay ile ekim ayıdır. Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin yıllık elektrik tüketim miktarı ise **7.014.830,50 kWh/yıl**'dir. Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisi 26 Kasım 2016 tarihinde açıldığı için fiili elektrik tüketim miktarları Aralık 2016 yılından Kasım 2017 yılına kadar alınmıştır.

#### 4.1.5 Büyükçekmece Gölü GES Projesi ile Üretilebilecek Teorik Elektrik Miktarı

Bu bölümde Büyükçekmece Gölü su yüzeyinin %30 oranında güneş paneli ile kaplanması durumunda elde edilebilecek teorik elektrik miktarı hesaplanmıştır.

Bu hesaplamaları yapabilmek için Şekil 4.3'te görüldüğü üzere İSKABİS programıyla güneş panelleri 3 farklı noktaya göl yüzeyinin %30'unu kaplayacak şekilde yerleştirilmiştir.



**Şekil 4.3** Büyükçekmece Gölü İSKABİS Üzerinden Alınan Kesitler

İSKABİS programı yardımıyla alınan kesitlerin x ve y uzunlukları Tablo 4.5'de görüldüğü gibidir.

**Tablo 4.5** Panellerin Büyükçekmece Gölünü Kaplama Alanları ve Oranı

ALANLAR	x (m)	y (m)	ALAN(m <sup>2</sup> )	GÖLÜN ALANI(m <sup>2</sup> )
A	1679,52	1679,55	2820837,82	24.174.927,82
B	1297,58	2169,09	2814567,80	
C	1161,22	1452,94	1687182,99	
			7322588,61	
Panellerin gölü kaplama oranı: %				30

250 Watt bir güneş panelinin uzunlukları ortalama= 1,650m\* 0,992m'dir. Paneller x ve y uzunluklarına 0,5m lik çalışma payı olacak şekilde yerleştirilmiştir. Yapılan hesaplama sonucu her bir alana yerleştirilecek panel sayısı Tablo 4.6'daki gibidir.

**Tablo 4.6** Alanlara Yerleştirilecek Panel Sayısı

ALANLAR	x (ad)	y (ad)	Panel Sayısı(Ad)
A	1125	781	878625
B	869	1008	875952
C	778	675	525150
<b>Toplam Panel Sayısı</b>			<b>2.279.727</b>

1 panelin 250Watt olduğu düşünülürse; kurulacak GES'in kapasitesi;

$2.279.727 * 250 = 570 \text{ MW}$  olacaktır.

GES'in kapasitesi saat başına üretilebilecek teorik elektrik miktarını vermektedir. GES'lerde elektrik üretimi yalnızca güneşlenmenin olduğu saatlerde gerçekleşmekte olup gece saatlerinde üretim durmaktadır. İstanbul ilinde GES' in günlük elektrik üretim süresi ilin günlük ortalama güneşlenme süresi olan 6,7 saat boyunca gerçekleşecektir.

570 MW kapasiteli bir güneş enerji santrali ile İstanbul ilinde üretilebilecek yıllık ortalama elektrik miktarı teorik olarak kapasite faktörü (sistem kayıpları) dikkate alınmaksızın hesaplanacak olur ise;

$570 \text{ MW} / \text{saat} \times 6,7 \text{ saat} / \text{gün} \times 365 \text{ gün} = 1.394 \text{ MWh}$  olmalıdır.

Ancak uygulamaya gelindiğinde günümüz teknolojileri ile üretilen fotovoltaik güneş enerji santrallerinde bu teorik miktarlara ulaşmak mümkün olmamaktadır. Bu durumun sebebi sistemde görülen birtakım kayıplardır. Bu kayıplar formülde kapasite faktörü olarak adlandırılmakta olup hesaplanan rakam ile çarpılarak kullanılmaktadır.

Tüm dünyada güneş radyasyon verilerini üretmede kullanılan en yaygın ve güvenilir veri tabanlarından biri olan Avrupa Komisyonu – Ortak Araştırma Merkezi Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi (PVGIS), koordinatları girilen bölgenin coğrafi ve meteorolojik koşullarını kullanarak bölgenin kapasite faktörünü hesaplamaktadır. PVGIS ile elde edilen kayıp oranları Tablo 4.7'de görülmektedir.

**Tablo 4.7** Büyükçekmece Gölüne Kurulacak Fotovoltaik GES Sistem Kapasite Kayıp Oranları

<b>Kayıp Türü</b>	<b>Kayıp Oranı (%)</b>
Tahmini sıcaklık ve düşük radyasyon	9,1
Eğim ve Yansıma Oranı	2,6
Panel Verimi	19
Diğer (kablo, invertör vs.)	5
<b>Toplam (Kapasite Faktörü)</b>	<b>35,7</b>

Tablo 4.7’de görülen toplam %35,7 ‘lik kapasite faktörü hesaplamaya katıldığı zaman; İstanbul ilinin ortalama güneşlenme süresine sahip bir bölgede kurulacak 570 MW kapasiteli fotovoltaik güneş enerji santralinden elde edilmesi öngörülen yıllık ortalama elektrik miktarı **896 MWh** olarak görülmektedir.

Avrupa Komisyonu – Ortak Araştırma Merkezi PVGIS veri tabanı; panellerin yerleştirilme açıları, yıllık ortalama en iyi eğim açısına karşılık gelen günlük ortalama radyasyon değerleri, yatay düzlemdeki günlük ortalama ısıtım değerleri ve aylık ortalama sıcaklık değerleri gibi parametreleri kullanarak gerekli sistem optimizasyonunu yaparak hesap yapmakta olduğundan veri tabanı çıktıları oldukça güvenilir olmaktadır.

**Tablo 4.8** Büyükçekmece Gölü GES Projesi ile Üretilebilecek Teorik Elektrik Miktarı

Aylar	Aylık Ortalama Elektrik Üretimi Em (MWh/ay)
Ocak	40900
Şubat	46400
Mart	75100
Nisan	82700
Mayıs	97600
Haziran	96700
Temmuz	105000
Ağustos	100000
Eylül	83200
Ekim	66900
Kasım	49100
Aralık	35400
<b>Toplam Yıllık (MWh/yıl)</b>	<b>879.000</b>

Bu bilgiler eşliğinde Büyükçekmece Göl yüzeyinin %30'unun kaplanması ile kurulması önerilen 570 MW kapasiteli fotovoltaik güneş enerji santralinden elde edilebilecek yıllık teorik elektrik miktarı Tablo 4.8'de görüldüğü gibi **879.000 MWh/yıl** olarak kabul edilebilir.

#### 4.1.6 Büyükçekmece Gölü GES Projesi için Gerekli Alan ve Panel Sayısı

Bu bölümde Büyükçekmece Su Arıtma ve Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesislerinin elektrik ihtiyacının karşılanması için Büyükçekmece Göl yüzeyinin % kaçının güneş paneliyle kaplanması gerektiği, gerekli alan ve panel sayısı yaklaşık olarak hesaplanmaya çalışılmıştır.

**Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin** yıllık fiili elektrik tüketim miktarı ise 34.548,23 MWh/yıl'dır. Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin yıllık fiili elektrik tüketim miktarını karşılamak için ise;

$$34.548,23 \text{ MWh/yıl} * \%30 / 879.000 \text{ MWh/yıl} = \%1,18$$

Büyükçekmece göl yüzeyinin %1,18'inin güneş panelleri ile kaplanması yeterlidir. Bu alan ise yaklaşık olarak;

$$24.174.927,82 \text{ m}^2 * 1,18 / 100 = \mathbf{285.264 \text{ m}^2}$$
 dir.

Bu sistemin kurulumu için gerekli panel sayısı ise;

$$2.279.727 * \%1,18 / \%30 = \mathbf{89.669}$$
 adettir.

**Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin** yıllık fiili elektrik tüketim miktarı Tablo 4.3 de görüldüğü üzere 7.014,83 MWh/yıl'dır. Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin yıllık fiili elektrik tüketim miktarını karşılamak için ise;

$$7.014,83 \text{ MWh/yıl} * \%30 / 879.000 \text{ MWh/yıl} = \%0,23$$

Büyükçekmece göl yüzeyinin %0,23 'ünün güneş panelleri ile kaplanması yeterlidir. Bu alan ise yaklaşık olarak;

$$24.174.927,82 \text{ m}^2 * 0,23 / 100 = \mathbf{55.602 \text{ m}^2}$$
 dir.

Bu sistemin kurulumu için gerekli panel sayısı ise;

$$2.279.727 * \%0,23 / \%30 = \mathbf{17.477}$$
 adettir.

## 4.2 Terkos Gölü GES Projesi

Terkos Gölü GES Projesi ile Terkos Gölü su yüzeyinin %30 oranında güneş paneli ile kaplanması durumunda üretilebilecek elektrik miktarı hesaplanmıştır. Ayrıca Terkos Terfi Merkezlerinin elektrik ihtiyacının karşılanması için Terkos Gölü yüzeyinin % kaçının güneş paneliyle kaplanması gerektiği, gerekli alan ve panel sayısı hesaplanmıştır.

### 4.2.1 Terkos Gölü Genel Bilgiler

İstanbul'un tarihine bakıldığında şehrin bütün zamanlarında emsallerine göre kalabalık olduğu görülmektedir. Tanzimat fermanı ilan edildiği tarihte (1839) İstanbul nüfusunun yaklaşık 300.000 kişi olduğu 1850 tarihinden itibaren nüfusun hızla artmaya başlayarak yüzyıl sonunda yaklaşık 900.000 kişiye ulaştığı tarihi vesikalardan öğrenilmiştir. 19. yüzyılın sonunda bazı Avrupa şehirlerinde yaşanan nüfus patlamasının İstanbul'da da yaşandığı görülmektedir. 1900'lü yılların başlarında nüfusun 1 milyona yaklaşmış olduğu bu gelişmeye paralel olarak eskiden kalma su sistemlerinin yetersizliği görülerek İstanbul'a elektriğin gelişinden önce Avrupa yakasında şehrin kuzeybatısında şehre 40 km. mesafede bulunan Terkos Gölünden su getirilmesi düşünülmüştür, 1874 yılında bir ecnebi şirkete imtiyaz verilerek boğazın Rumeli yakasına su verilmesi için çalışmalar başlatılmıştır (Uçar, 2003).

1870/1880 yıllarında Osmanlı Devletinden Fransa'ya giden heyetlerle görüşen, Fransız Su İşletmecileri Terkos Gölünden İstanbul'un Rumeli yakasına basınçlı su şebekesini yapmak üzere tekliflerde bulunmuş ve konu padişaha arz edilmiştir. Uzun müzakerelerden sonra bir protokol yapılarak; İstanbul'un Trakya kısmına Terkos Gölünden basınçlı su şebekesinin başlaması için padişah Fermanı ile arazide serbest çalışma izni verilmiştir. Protokolün en önemli şartı; Medreselere, camilere, hamam ve kışlalara, tulumbacılara (İtfaiye) halk çeşmelerine bedelsiz su vermek şeklinde belirtilmiş ve tesislerin kurulmasına müsaade edilmiştir. Fransız Su Şirketi (Dersaadet Anonim Su Şirketi) de 1883 de her koldan işe başlamış Terkos Gölünde Baraj Regülatörü, su alma prizleri; (Fındık Dalyanı Su alma galerisi; bilahare altı ızgaralı su alma galerisi) inşa edilmiştir. Kumdan süzölmüş su çekmek için inşa edilen galeriye, kum yürüyünce tesis işletilememiş ve göl içine, kale içi bölgesine yeni bir su alma prizi yapılmıştır (Uçar, 2003).

İstanbul'a Terkos Gölünden basınçlı su verilmeye başlanması ile birlikte şehrin önemli alt yapısal gelişmeleri yaşaması aynı döneme rastlar. Bu dönemde ulaşım, elektrik, havagazı gibi altyapı konularında İstanbul'da da Avrupa şehirlerindeki benzer bir gelişme yaşanmıştır. İstanbul için hayati önem arz eden su meselesinin imtiyazlı şirketler tarafından çözümlenemediği görülerek yabancı şirketlerin millileştirilmesine karar verilmiştir. Cumhuriyetin ilanından sonra imtiyazın 50 yılı 1932 senesinde akdedilen bir mukavele ile (Terkos şirketi) Dersaadet Anonim Su Şirketi satın alınarak 01 Ocak 1933'den itibaren faaliyetleri İstanbul Sular İdaresine devredilmiştir. Bu devir işlemleri için Atatürk'ün talimatıyla Müh. Ziya ERDEM Bey İstanbul Su şirketinin satın alması için görevlendirilmiştir. 01.01.1933 tarihinden itibaren de İstanbul Sular İdaresi olarak işe başlanılmıştır(Uçar, 2003).

İstanbul'un kuzey batısında ve 40 km uzağında olan Terkos Gölü, Karadeniz kıyısında eski bir deniz kulağı olup zamanla deniz bağlantısı tamamen kesilmiş ve suyu tatlılaştırılmıştır(Uçar, 2003).

Göl, Istranca Dağlarından gelen Karaman ve çatal derelerinin birleşmesi ile oluşan Ormanlı deresi ve çiftlik köy deresi yanında diğer küçük dereler ve dip kaynakları ile beslenmektedir. Ayrıca 1995 yılından sonra inşaatları tamamlanan Istranca barajlarından göle yılda 235 milyon m<sup>3</sup> su aktarılmakta olup Gölün Su toplama Havza alanı 619 km<sup>2</sup>'dir. Fazla gelen sular bir kanal ile Karadeniz'e akıtılmaktadır. Göl-Deniz arasındaki bağlantı üzerinde inşa edilmiş olan kapaklar + 4.50 m kotundadır. Ve 1962 yılında 2.55 kotunda bulunan eski bağlama yerinin (Baraj) yanına inşa edilmiştir(Uçar, 2003).

Gölün en düşük işletme kotu -1 m en yüksek işletme kotu (savaklanma kotu) + 4.50 m'dir. Baraj kapaklarının eşik yapısı + 0.00 m kotundadır. Gölün yüzey alanı 0 m. kotunda 23 km<sup>2</sup>, + 4.50 kotunda 32 km<sup>2</sup>'dir.

Yağışlı yıllarda Terkos Gölünden 160-170 milyon m<sup>3</sup> kadar su çekilebilirken Istranca barajlarından yapılan aktarma ile bu miktar yaklaşık 400 milyon m<sup>3</sup>'e yükseltilmiştir.

Terkos Gölü İstatistik Bilgileri ise aşağıdaki gibidir:

- Kullanılabilir rezervuar kapasitesi : 162 milyon m<sup>3</sup>
- İşletme Kotları : -1.00 / + 4.50
- Yıllık emniyetli verimi : 142 milyon m<sup>3</sup>/yıl
- Ortalama günlük verimi : 550.000 m<sup>3</sup>/gün
- Istranca Barajları yıllık Aktarılan Su Miktarı : 235 milyon m<sup>3</sup>/yıl
- Terkos Sistemi yıllık Su miktarı : ~400 milyon m<sup>3</sup>/yıl

#### 4.2.2 Terkos Gölü GES Projesi ile Beslenebilecek Tesisler

##### 4.2.2.1 Terkos Eski Terfi Merkezi (Müze)

İstanbul içme suyunu temin etmek gayesiyle kurulan ülkemizin ilk pompa istasyonu olma özelliğine sahiptir. Tesis 1883 yılında Fransızlar tarafından kurulmuş olup 120 yıllık bir maziye sahiptir. Fransız şirketi Terkos gölü fındık dalyan mevkiinde Su alma Yapısı (Eski Priz) inşa ederek beton galeri vasıtasıyla Eski Terfi Merkezi emme havuzlarına suyun kendi cazibesıyla akmasını temin etmişlerdir.

Eski Terfi Merkezinde bulunan ve buhar enerjisi ile çalışan Fargo buhar pompalarının imalatı ve montajı Fransız şirketi tarafından yapılmış olup 3 gurup 6 adet pompa 1883 -1885 yılları arasında devreye alınmıştır. Bu pompalara bağlı olarak Terkos çıkışında bulunan 3 x Ø 600'lük hat Fransız şirketi tarafından inşa edilmiştir. Buhar pompalarını çalıştırmak için kullanılan yüksek kalorili kömür Zonguldak'tan temin edilmiştir. Fargo marka buhar pompaları 1'er grup 100 HP gücündedir. Maksimum su basma yüksekliği 127 m, günlük kapasiteleri ise 11.000 m<sup>3</sup>'dür. Bu pompalar üç gurup olarak tesis edilmiş olup günlük toplam kapasiteleri 33.000 m<sup>3</sup>'dür (Uçar, 2003).

1945 yılında kurulan 625 kVA'lık 2 adet termo elektrik ünitesi ile Terkos Pompa İstasyonunda elektrik üretilmeye başlanılmış üretilen bu elektrik önceleri tesislerin iç aydınlatma ihtiyacını daha sonra Terkos Köyünü de içine alan bir aydınlatma sistemine dönüşmüştür. 1945 yılında kurulan Terkos Termo Elektrik Tesisleri Türkiye'de kurulan elektrik ünitelerinin ilk örneklerindedir. Ancak Sular İdaresinin işi enerji üretip satmak olmadığı için kurulan bu sistem geliştirilmemiştir.



Gelişen teknoloji takip edilerek elektrik enerjisi ile su pompajının yapılabileceği fikri gelişmiş olup 1951 yılında Silahtar-Terkos Havai Elektrik Hattı inşaa edilerek Silahtardan alınan 35 kV'lık elektrik enerjisi Terkos Muhavele Merkezinde 3 kV'a düşürülmüş ve Terkos Pompa İstasyonunda kullanılarak 1951 yılında ilk elektrikli pompalar kurulmuş ve Kağıthane Tesislerine elektrik enerjisi ile gönderilen su pompajına başlanmıştır.

Havai hattın gelmesi ile birlikte İ.E.T.T. ve Etibank'tan alınan elektrik enerjisi Terkos Köyü ve Kemberburgaz Köylerine satılmaya başlanmıştır. Kemberburgaz'da kurulan Röle İstasyonu hem su pompajı için hem de muhavele merkezinden Kemer Köylerine elektrik dağıtımını için kullanılmıştır. Bu durum 1993 yılına kadar devam etmiştir. Daha sonra bu sistemler Elektrik Kurumuna aktarılmıştır. Buharlı Pompa İstasyonu ve ilk elektrik üretiminde kullanılan alternatörler halen Terkos Tesislerinde müze olarak muhafaza edilmektedir (Uçar, 2003).

1938 yılında İngiliz Hathorn Davey Firmasınca bir adet daha buharlı pompa yapıp monte edilmiştir. Uzun yıllar hizmet veren buharlı pompalar en son 1967 yılında faaliyetleri tamamen durdurulmuş fakat 1975 yılına kadarda ihtiyaç duyulduğunda hemen çalışacak şekilde hazır bekletilmiştir. Bu pompaların buhar kazanları 1985-86 yıllarında sökülerek Terfi Merkezi müzeye dönüştürülmüştür.

Terkos Eski Terfi Merkezinde kuruluş itibarı ile 3 adet Worthington pompa gurubu, 2 adet Bergeron pompa, 3 adet Wernert pompa bulunmaktadır. Worthington pompa gurubu 1953 yılında yapılmış olup 1981 yılına kadar hizmet vermiş ve 1981 yılında devreden çıkarılmıştır. Bergeron tipi pompalar 1952 yılı yapımı olup 1953 yılında ilk çalışmaları yapılarak devreye alınmıştır. Bu pompaların çıkışları Ø 600'lük boru olup Pınarbaşın'da birleşerek galeri adı verilen horasan yapı ile suyu 127 m. yüksekliğe çıkarıp kendi cazibesi ile Kağıthane Arıtma Tesislerine ulaştırmaktadır. Bu pompaların her biri saatte 1080 m<sup>3</sup> su basma kapasitesindedir (Uçar, 2003).

Wernert tipi iki adet pompa 1953 yılında yapımına başlanmış 1955 yılında ilk çalışması yapılarak devreye alınmıştır. 3 numaralı Wernert pompa ise 1961 yılında devreye alınmıştır. Bu pompalar ömürlerini tamamlamıştır. Çalıştığı sürede Ø 1000'lik hat vasıtasıyla Kağıthane Arıtma Tesislerine su vermektedir. Bu hattın Terkos çıkışı 2 x Ø 800'lük pik boru olup bu borular Pınarbaşı'nda birleşerek Ø

1000'lik tek boruya dönüşmektedir. Bu pompaların her biri saate 2082 m<sup>3</sup> su basacak kapasitededir. Ancak ömürlerini tamamlamış oldukları için Eski Terfi Merkezinde bulunan bütün pompalar devreden çıkarılmıştır. Terfi Merkezi müze olarak düzenlenmiştir(Uçar, 2003).

#### 4.2.2.2 Terkos Aktarma Terfi Merkezi

1972 yılında devreye alınmış olup daha sonra yeni ilaveler yapılarak genişletilmiştir. İstanbul'a Terfi edilen su, pompaların emme havuzuna Yeni priz dediğimiz Su alma Yapısından kendi cazibesıyla gelmektedir.

1,2,3 nolu KSB pompalar 1972 yılında devreye alınmıştır. Her pompa saatte 5040 m<sup>3</sup> su basacak kapasitededir. Yeni ilave yapılan 4, 5, 6 Ebara pompaların Japon firması tarafından montajları yapılmıştır. Bu pompalardan 4 nolu Ebara saatte 2520 m<sup>3</sup> su basma kapasitesine sahip, diğer iki pompanın her biri ise saatte 1620 m<sup>3</sup> tür.

Aktarma Terfi Merkezinde bulunan KSB pompalar ve 4 nolu Ebara pompa Ø 1850'lik ön gerilmeli beton boru ile Alibey Barajına su vermektedir. 5,6 nolu Ebara pompalar önceden 2 x Ø 800'lük hat vasıtasıyla Kağıthane'ye, çelik Ø 1000'lik bağlantısıyla Alibey Barajına su terfi edebilecek durumda idi. Ancak yeni düzenleme ile 2 x Ø 800 hatlar sökülmüş olup, çelik Ø 1000'lik hattın hem Alibey Barajına hem de Kağıthane su tasfiye tesislerine su verecek düzenleme yapılmıştır. Ayrıca yeni yapılan Ø 1400 iştirak hattı ile 5, 6 Ebara pompalar doğrudan Ø 2200 hat vasıtası ile Kağıthane Arıtma Tesislerine su vermektedir. Ancak Aktarma Terfi Merkezi de işletme ömrünü tamamladığı için şimdi müze olarak düzenlenmiştir (Uçar, 2003).

#### 4.2.2.3 Terkos Osmangazi Terfi Merkezi

İnşaatı 1998 yılında başladı.1999 Ekim ayında deneme çalışmaları yapılmış olup 3 Ocak 2000 tarihi itibari ile yapılan Test çalışması neticesinde işletmeye alındı. Kağıthane Terfi Merkezinde 7 adet 3150 kW 1.57 m<sup>3</sup>/s 150 mSS pompa bulunmaktadır. İkitelli Terfi Merkezinde 5 adet 3150 kW 1.57 m<sup>3</sup>/s, 150 mSS pompa bulunmaktadır (Uçar, 2003).

İşletmeye alınışından itibaren Osmangazi Terfi Merkezi İstanbul'un kalbi konumundadır. Kağıthane ve İkitelli su tasfiye tesisleri bu Terfi Merkezinden

beslenmekte olup Avrupa yakasının % 95'ine buradan su verilmektedir. Bu tesis uzun yıllar İstanbul'a hizmet verebilecek kapasitededir.

#### 4.2.3 Terkos Gölü GES Projesi ile Beslenebilecek Tesislerin Trafo ve Sözleşme Güç Miktarları

Terkos Gölü GES Projesi ile beslenebilecek Terkos Terfi Merkezlerinin trafo ve sözleşme güç miktarları ilgili birimlerden elde edilmiş olup Tablo 4.9'da gösterilmiştir.

**Tablo 4.9** Terkos İşletmeler Müdürlüğü Tesisleri Motor Bilgileri ve Trafo Güçleri (Terkos İşletmeler Müdürlüğü)

Sıra No	TERFİ ADI	Motopomp No	Motor Gücü KW	TRAFO GÜCÜ MVA	SÖZLEŞME GÜCÜ	Beslediği Bölgeler
1	<b>TERKOS-İKİTELLİ TERFİ MERKEZİ (OSMANGAZİ TM)</b>	1	3150	1x18	14,175MVA	İkitelli Arıtma Tesisleri
		2	3150			
		3	3150			
		4	3150			
		5	3150			
		6	1800			
		7	3150			
2	<b>TERKOS-KAĞITHANE TERFİ MERKEZİ (OSMANGAZİ TM)</b>	1	3150	1x18	16,758MVA	Kağıthane Arıtma Tesisleri
		2	3150			
		3	3150			
		4	3150			
		5	3150			
		6	3150			
		7	1800			
3	<b>TERKOS-ALİBEYKÖY AKTARMA TERFİ MERKEZİ</b>	1	1600	1x5		Alibeyköy Baraja açık kanal aktarma
		2	1600			
		3	1600			
		4	1150			
		5	950			
		6	950			
4	<b>TERKOS BARAJ TESİSİ (SET VE İŞLETME)</b>	1	34.5	0,4		Baraj Kapakları baraja (10km ileride)
		2	34.5			
		3	34.5			

Tablo 4.9'da görüldüğü üzere Terkos-İkitelli Terfi Merkezi' nin trafo gücü 18MVA; Terkos-Kağıthane Terfi Merkezi'nin trafo gücü 18MVA, Terkos-Alibeyköy Aktarma Terfi Merkezi'nin trafo gücü 5MVA ve Terkos Baraj Tesisi'nin trafo gücü 0,4MVA'dır. Terkos Terfi Merkezlerinin toplam sözleşme gücü ise 30,933MVA 'dır.

#### 4.2.4 Terkos Gölü GES Projesi ile Beslenebilecek Tesislerin Fiili Elektrik Tüketim Miktarı

Terkos Terfi Merkezlerinin 2016 yılına ait fiili elektrik tüketim miktarları ilgili birimlerden elde edilmiş olup Tablo 4.10'da gösterilmiştir.

**Tablo 4.10** Terkos Terfi Merkezlerinin Fiili Elektrik Tüketim Miktarları

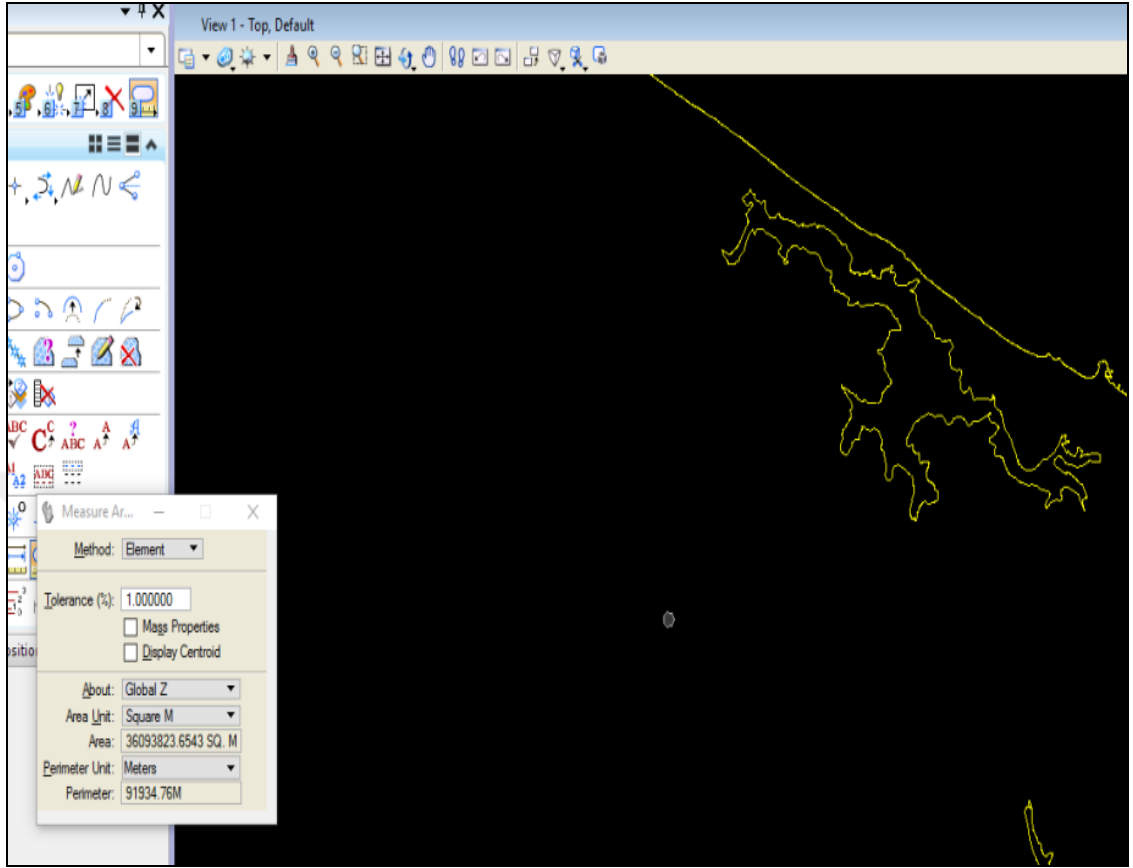
AY	TÜKETİLEN ELEKTRİK(kWh/ay)		TOPLAM TÜKETİLEN ELEKTRİK(kWh/ay)
	TERKOS İKİTELLİ	TERKOS KAĞITHANE	
Ocak 2016	6.938.419,20	4.605.004,80	11.543.424,00
Şubat 2016	6.663.799,20	4.551.792,00	11.215.591,20
Mart 2016	7.119.972,00	4.204.252,80	11.324.224,80
Nisan 2016	7.261.228,80	5.348.714,40	12.609.943,20
Mayıs 2016	7.155.631,20	1.820.937,60	8.976.568,80
Haziran 2016	6.423.127,20	3.787.492,80	10.210.620,00
Temmuz 2016	8.442.495,00	4.984.780,80	13.427.275,80
Ağustos 2016	8.438.479,20	4.942.828,80	13.381.308,00
Eylül 2016	7.781.820,00	5.307.811,20	13.089.631,20
Ekim 2016	7.994.505,60	6.469.716,00	14.464.221,60
Kasım 2016	7.969.776,00	4.887.297,60	12.857.073,60
Aralık 2016	8.239.207,20	4.565.150,40	12.804.357,60
<b>TÜKETİLEN ELEKTRİK(kWh/yıl)</b>	<b>90.428.460,60</b>	<b>55.475.779,20</b>	<b>145.904.239,80</b>

Tablo 4.10'da görüldüğü üzere Terkos-İkitelli Terfi Merkezi' nin elektrik tüketiminin en az olduğu ay 6.423.127,20kWh/ay ile haziran ayı, en fazla olduğu ay ise 8.442.495,00kWh/ay ile temmuz ayıdır. Terkos-Kağıthane Terfi Merkezi' nin elektrik tüketiminin en az olduğu ay 1.820.937,60 kWh/ay ile mayıs ayı, en fazla olduğu ay ise 6.469.716,00kWh/ay ile ekim ayıdır. Terkos-İkitelli Terfi Merkezi' nin yıllık elektrik tüketim miktarı 90.428.460,60 kWh/yıl, Terkos-Kağıthane Terfi Merkezi' nin yıllık elektrik tüketim miktarı ise 55.475.779,20 kWh/yıl'dır. Terkos Terfi Merkezlerinin yıllık toplam elektrik tüketim miktarı ise **145.904,24 MWh/yıl**'dir.

#### 4.2.5 Terkos Gölü GES Projesi ile Üretilebilecek Teorik Elektrik Miktarı

Bu bölümde Terkos Gölü su yüzeyinin %30 oranında güneş paneli ile kaplanması durumunda elde edilebilecek teorik elektrik miktarı hesaplanmıştır.

Bu hesaplamaları yapabilmek için öncelikli olarak İSKABİS programında Terkos gölünün yeri Şekil 4.4.'te görüldüğü üzere bulunmuştur.



**Şekil 4.4** Terkos Gölü İSKABİS Görünümü (Vakıfsular Şube Müdürlüğü)

Daha sonra Şekil 4.5'te görüldüğü üzere İSKABİS programıyla güneş panelleri 6 farklı noktaya göl yüzeyinin %30'unu kaplayacak şekilde yerleştirilmiştir.



**Şekil 4.5** Terkos Gölü İSKABİS Üzerinden Alınan Kesitler

İSKABİS programı yardımıyla alınan kesitlerin x ve y uzunlukları Tablo 4.11'de görüldüğü gibidir.

**Tablo 4.11** Panellerin Terkos Gölünü Kaplama Alanları ve Oranı

ALANLAR	x (m)	y (m)	ALAN(m <sup>2</sup> )	GÖLÜN ALANI(m <sup>2</sup> )
A	706,64	1272,2	898987,41	
B	670,95	1469,12	985706,06	
C	732,55	1279,45	937261,10	
D	1732,38	2651,91	4594115,85	
E	1689,07	1358,43	2294483,36	
F	1149,85	842,67	968944,10	
			10679497,87	36.093.823,65
Panellerin gölü kaplama oranı: %				30

250 Watt bir güneş panelinin uzunlukları ortalama= 1,650m\* 0,992m'dir. Paneller x ve y uzunluklarına 0,5m lik çalışma payı olacak şekilde yerleştirilmiştir. Yapılan hesaplama sonucu her bir alana yerleştirilecek panel sayısı Tablo 4.12' deki gibidir.

**Tablo 4.12** Alanlara Yerleştirilecek Panel Sayısı

ALANLAR	x (ad)	y (ad)	Panel Sayısı(Ad)
A	473	591	279543
B	449	683	306667
C	490	595	291550
D	1161	1233	1431513
E	1132	631	714292
F	770	391	301070
<b>Toplam Panel Sayısı</b>			<b>3.324.635</b>

1 panelin 250Watt olduğu düşünülürse; kurulacak GES'in kapasitesi;

$3.324.635 * 250 = 831 \text{ MW}$  olacaktır.

GES'in kapasitesi saat başına üretilebilecek teorik elektrik miktarını vermektedir. GES'lerde elektrik üretimi yalnızca güneşlenmenin olduğu saatlerde gerçekleşmekte olup gece saatlerinde üretim durmaktadır. İstanbul ilinde GES' in günlük elektrik üretim süresi ilin günlük ortalama güneşlenme süresi olan 6,7 saat boyunca gerçekleşecektir.

831MW kapasiteli bir güneş enerji santrali ile İstanbul ilinde üretilebilecek yıllık ortalama elektrik miktarı teorik olarak kapasite faktörü (sistem kayıpları) dikkate alınmaksızın hesaplanacak olur ise;

$831 \text{ MW} / \text{saat} \times 6,7 \text{ saat} / \text{gün} \times 365 \text{ gün} = 2.032.577 \text{ MWh}$  olmalıdır.

Ancak uygulamaya gelindiğinde günümüz teknolojileri ile üretilen fotovoltaik güneş enerji santrallerinde bu teorik miktarlara ulaşmak mümkün olmamaktadır. Bu durumun sebebi sistemde görülen birtakım kayıplardır. Bu kayıplar formülde kapasite faktörü olarak adlandırılmakta olup hesaplanan rakam ile çarpılarak kullanılmaktadır.

Tüm dünyada güneş radyasyon verilerini üretmede kullanılan en yaygın ve güvenilir veri tabanlarından biri olan Avrupa Komisyonu – Ortak Araştırma Merkezi

Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi (PVGIS), koordinatları girilen bölgenin coğrafi ve meteorolojik koşullarını kullanarak bölgenin kapasite faktörünü hesaplamaktadır. PVGIS ile elde edilen kayıp oranları Tablo 4.13’de görülmektedir.

**Tablo 4.13** Terkos Gölüne Kurulacak Fotovoltaik GES Sistem Kapasite Kayıp Oranları

<b>Kayıp Türü</b>	<b>Kayıp Oranı (%)</b>
Tahmini sıcaklık ve düşük radyasyon	10,2
Eğim ve Yansım Oranı	2,8
Panel Verimi	19
Diğer (kablo, invertör vs.)	5
<b>Toplam (Kapasite Faktörü)</b>	<b>37</b>

Tablo 4.13’de görülen toplam %37 ‘lik kapasite faktörü hesaplamaya katıldığı zaman; İstanbul ilinin ortalama güneşlenme süresine sahip bir bölgede kurulacak 831MW kapasiteli fotovoltaik güneş enerji santralinden elde edilmesi öngörülen yıllık ortalama elektrik miktarı **1.280.524 MWh** olarak görülmektedir.

Avrupa Komisyonu – Ortak Araştırma Merkezi PVGIS veri tabanı; panellerin yerleştirilme açıları, yıllık ortalama en iyi eğim açısına karşılık gelen günlük ortalama radyasyon değerleri, yatay düzlemdeki günlük ortalama ısıtım değerleri ve aylık ortalama sıcaklık değerleri gibi parametreleri kullanarak gerekli sistem optimizasyonunu yaparak hesap yapmakta olduğundan veri tabanı çıktıları oldukça güvenilir olmaktadır.



**Tablo 4.14** Terkos Gölü GES Projesi ile Üretilebilecek Teorik Elektrik Miktarı

Aylar	Aylık Ortalama Elektrik Üretimi Em (MWh/ay)
Ocak	48900
Şubat	55500
Mart	92300
Nisan	107000
Mayıs	127000
Haziran	130000
Temmuz	142000
Ağustos	135000
Eylül	105000
Ekim	81300
Kasım	60400
Aralık	42000
<b>Toplam Yıllık (MWh/yıl)</b>	<b>1.130.000</b>

Bu bilgiler eşliğinde Terkos Göl yüzeyinin %30'unun kaplanması ile kurulması önerilen 831MWatt kapasiteli fotovoltaik güneş enerji santralinden elde edilebilecek yıllık teorik elektrik miktarı Tablo 4.14'de görüldüğü gibi **1.130.000 MWh/yıl** olarak kabul edilebilir.

#### 4.2.6 Terkos Gölü GES Projesi için Gerekli Olan Alan ve Panel Sayısı

Bu bölümde Terkos Terfi Merkezlerinin elektrik ihtiyacının karşılanması için Terkos gölü yüzeyinin % kaçının güneş paneliyle kaplanması gerektiği, gerekli alan ve panel sayısı yaklaşık olarak hesaplanmaya çalışılmıştır.

Terkos Terfi Merkezinin yıllık fiili elektrik tüketim miktarı Tablo 4.10'da görüldüğü üzere 145.904,24 MWh/yıl 'dır. Terkos Terfi Merkezinin yıllık fiili elektrik tüketim miktarını karşılamak için ise;

$$145.904,24 \text{ MWh/yıl} * \%30 / 1.130.000 \text{ MWh/yıl} = \%3,87$$

Terkos göl yüzeyinin %3,87'sinin güneş panelleri ile kaplanması yeterlidir. Bu alan ise yaklaşık olarak;

$$36.093.823,65\text{m}^2 * 3,87 / 100 = \mathbf{1.396.831\text{ m}^2}$$
 dir.

Bu sistemin kurulumu için gerekli panel sayısı ise;

$$3.324635 * \%3,87 / \%30 = \mathbf{428.877}$$
 adettir.



## 5 SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Dünyadaki birçok savaş küresel ekonomideki gücü belirleyen enerji kaynakları yüzünden ortaya çıkmaktadır. Enerji ihtiyacı artan nüfus, şehirleşme, gelişen teknoloji ve sanayi ile ülkelerin birinci önceliği olmaya devam etmektedir. Öncelikle elektrik enerjisi ihtiyacının giderilmesi, ülkelerin yeni arayışlar içine girmesine neden olmaktadır. Ülkeler birincil enerji kaynaklarını, hammadde ihtiyacı başta olmak üzere birçok olumsuz nedenden dolayı terk etmekte, yenilenebilir enerji kaynakları üzerinden enerji üretimine geçmeyi hedeflemektedir. Enerji ihtiyacı Türkiye için de yıllardır büyük bir sorun teşkil etmekte ve gün geçtikçe bu sorun daha da büyümektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisine yönelimin sebepleri ise kullandığı enerjinin kaynağının sınırsız ve ücretsiz olması, hareketli parçalara sahip olmadığından sistemde yıpranma ve harekete bağlı aşınmanın söz konusu olmaması, çok düşük bir bakımla sistemin çalışır vaziyetini sürdürebilmesi, sistemin modüler olması sebebiyle kolaylıkla nakledilmesi ve yeniden kurulabilmesi, sistemin çalışması sırasında gürültü ve çevre kirliliği yaşanmaması ve çevre sorunlarına neden olmadan enerji ihtiyacının sağlanmasıdır. Kullanılan enerji kaynağının değişken ve dağınık durumda, ilk yatırım maliyeti ve enerji depolama sistemleri fiyatları yüksek olsa da bu sistemler kendini kısa sürede amorti ederek yatırımcılar için kısa sürede ekonomik hale gelebilmektedirler. Bu sebeplerle ülkemizdeki yerel yönetimler de yavaş yavaş yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye başlamışlardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim, yerel yönetimlerin temel hizmetlerini vatandaşa sunarken, maliyetlerinin azaltılmasını da sağlayacaktır.

Kurumumuzda da güneş enerjisi kullanımını yaygınlaştırmak amacıyla Terkos ve Büyükçekmece Gölünün %30'unun güneş panelleri ile kaplanması ile ne kadar elektrik üretilbileceği ve Terkos Terfi merkezleri, Büyükçekmece Su Arıtma ve Atıksu İleri Biyolojik Arıtma Tesislerinin elektrik ihtiyacının karşılanması için göl yüzeylerinin yüzde kaçının panellerle kaplanması gerektiği, gerekli alan ve panel sayısı hesaplanmıştır.

Yapılan çalışmada Büyükçekmece Göl yüzeyinin %30'unun kaplanması ile ne kadar elektrik elde edileceği hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama sonucu Büyükçekmece Göl yüzeyinin %30'unun kaplanması ile kurulması önerilen 570MW kapasiteli fotovoltaik güneş enerji santralinden elde edilebilecek yıllık teorik elektrik miktarının 879.000 MWh/yıl olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Alınan verilerde Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin yıllık fiili elektrik tüketim miktarının 34.548,23 MWh/yıl olduğu görülmüştür. Büyükçekmece Su Arıtma Tesisinin yıllık fiili elektrik tüketim miktarını karşılamak için Büyükçekmece göl yüzeyinin %1,18'inin güneş panelleri ile kaplanması yeterlidir. Bu alan ise yaklaşık olarak 285.264 m<sup>2</sup> dir. Sistemin kurulumu için gerekli olan panel sayısı ise 89.669 adettir.

Alınan verilerde Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin yıllık fiili elektrik tüketim miktarının 7.014,83 MWh/yıl olduğu görülmüştür. Büyükçekmece İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinin yıllık fiili elektrik tüketim miktarını karşılamak için Büyükçekmece göl yüzeyinin %0,23 'ünün güneş panelleri ile kaplanması yeterlidir. Bu alan ise yaklaşık olarak 55.602 m<sup>2</sup> dir. Sistemin kurulumu için gerekli panel sayısı ise 17.477 adettir.

Yapılan diğer çalışmada Terkos Göl yüzeyinin %30'unun kaplanması ile ne kadar elektrik elde edileceği hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama sonucu Terkos Göl yüzeyinin %30'unun kaplanması ile kurulması önerilen 831MWatt kapasiteli fotovoltaik güneş enerji santralinden elde edilebilecek yıllık teorik elektrik miktarının 1.130.000 MWh/yıl olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Alınan verilerde Terkos Terfi Merkezinin yıllık fiili elektrik tüketim miktarının 145.904,24 MWh/yıl olduğu görülmüştür. Terkos Terfi Merkezinin yıllık fiili elektrik tüketim miktarını karşılamak için Terkos göl yüzeyinin %3,87'sinin güneş

panelleri ile kaplanması yeterlidir. Bu alan ise yaklaşık olarak 1.396.831 m<sup>2</sup> dir. Sistemin kurulumu için gerekli panel sayısı ise 428.877 adettir.

Göl yüzeylerinin yüzen panellerle kaplanmasının bir avantajı, suyun panellerin soğumasına yardımcı olarak panellerin verimini arttırmasıdır. Güneş enerji panelleri kara kurulumunda yaz aylarında karasallığın da etkisiyle güneş ışınlarının verdiği ısının da üstüne çıkmakta ve bu ısı artışı panelin enerji üretim kapasitesini düşürmektedir. Tasarım kapasitesinde çalışabilmesi için güneş panellerinin soğutmaya ihtiyacı olmaktadır. Sular karalardan daha geç ısınıp daha geç soğuduğu için su üstüne kurulan güneş enerji panelleri en sıcak anlarda bile sadece güneş ışığının panelde yarattığı sıcaklığa maruz kalmakta; bu da panelin tasarım veriminde çalışmasını sağlamaktadır. Arazinin aksine, yüzer güneş panelleri herhangi bir planlama iznine ihtiyaç duymamaktadır. Tesisatları herhangi bir tarımın kaybolmasına neden olmamaktadır. Sistemin diğer faydası ise suların buharlaşmasını önüyor olmasıdır. Buharlaşma sebebiyle suların eksilmesi barajların ve hidroelektrik santrallerinin çalışma verimini düşürmektedir. Yapılan araştırmalarda yüzer fotovoltaik sistemin kurulu olduğu alanda buharlaşma oranı % 60 azalmaktadır. Böylece hem buharlaşma önlenerek sulama ve elektrik üretimi için gerekli su yeryüzünde tutulabilmekte hem de güneş enerjisi sistemi veriminde çalışabilmektedir. Bu sebeple yerel yönetimlerin de yenilenebilir enerji için %100 oranında hibeden yararlanmasının desteklenmesi sağlanmalıdır.

## KAYNAKÇA

- 2012 Yılı Faaliyet Raporu. (2012). ETK Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
- Akbaş, M. (2017). İSKİ Yenilenebilir Enerji Uygulamaları, İstanbul International Water Forum.
- Altuntop N. ve Erdemir, D. (2013). Dünya ve Türkiye’de Güneş Enerjisi İle İlgili Gelişmeler, *Mühendis ve Makina*, Cilt: 54, Sayı:639, 69-77.
- Arkan I. I.(2012). *Monokristal Güneş Pili Sistemlerinde Elektrik Enerji Analizi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Büyükçekmece Atıksu Arıtma Tesisi, İSKİ
- Büyükçekmece Su Arıtma Tesisi, İSKİ
- Çağlar İ. vd.(2006).Aktif Tektoniğin İkramı: Sıfır Zararlı Jeotermal Enerji, *Bilim ve Teknik Dergisi*,50-52.
- Çelebi, G. (2002). Bina Düşey Kabuğunda Fotovoltaik Panellerin Kullanım İlkeleri. *Gazi Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi Dergisi*, Ankara: Cilt 17, No:3.
- DEKTMK.( 2009). *Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi*, 5.
- Eakins, B.W. ve Amante, C. (2010). *Volumes of the World’s Oceans from ETOPO1*, NOAA National Geophysical Data Center, 1.
- EİE.(2017). [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr)
- European Commission, *Geothermal Energy, Research and Innovation*, 03.04.2017 tarihinde [http://ec.europa.eu/research/energy/eu/index\\_en.cfm?pg=research-geothermal](http://ec.europa.eu/research/energy/eu/index_en.cfm?pg=research-geothermal).
- GEPA Verileri.(2017). <http://www.eie.gov.tr/mycalculator/default.aspx>
- Goetzberger, A. ve Hoffmann, V.U. (2005). *Fotovoltaik Güneş Enerjisi Üretimi*. Germany: Springer 0342-4111
- Güler, Ö.(2005). *Dünyada ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisi, Enerji Sempozyumu*, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Ankara, 161-167.
- Houtart, F. (2010). *Big Profits, Ruined Lives and Ecological Destruction*, Pluto Press, London, 75,77.
- <http://blog.bisam.com.tr/2014/09/kendi-elektrigini-ureten-cevreci-binalar.html>). Mayıs 23, 2017 tarihinde
- <http://enerjienstitusu.com/2015/09/16/turkiyenin-ilk-gunes-enerjili-stadi-antalya-arena-stadieylul-sonunda-aciliyor/>).Mart 10, 2017 tarihinde
- <http://enerjisensin.blogspot.com.tr/2011/06/welt-alman-oto-muhendisliginin-urettigi.html>. Mart 6, 2017 tarihinde
- [http://global.kyocera.com/news/2015/0503\\_khfp.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0503_khfp.html). Mart 7, 2017 tarihinde
- [http://global.kyocera.com/news/2015/1102\\_kfoe.html](http://global.kyocera.com/news/2015/1102_kfoe.html). Nisan 5, 2017 tarihinde
- [http://global.kyocera.com/news/2016/1107\\_jgnd.html](http://global.kyocera.com/news/2016/1107_jgnd.html). Mart 8, 2017 tarihinde
- [http://global.kyocera.com/news/2016/0102\\_knds.html](http://global.kyocera.com/news/2016/0102_knds.html).Mayıs 25, 2017 tarihinde
- [http://global.kyocera.com/news/2013/1101\\_nnms.html](http://global.kyocera.com/news/2013/1101_nnms.html). Mayıs 18, 2017 tarihinde
- [http://global.kyocera.com/news/2015/0502\\_gpct.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0502_gpct.html). Haziran 2, 2017 tarihinde
- [http://global.kyocera.com/news/2015/0401\\_tome.html](http://global.kyocera.com/news/2015/0401_tome.html). Haziran 24, 2017 tarihinde

<http://gsrenerji.com.tr /index.php/referanslarimiz>). Temmuz 27, 2017 tarihinde  
<http://infratechindustries.com/initiatives/our-projects/jamestown-floating-solar/>).  
Mart 14, 2017 tarihinde  
<http://infratechindustries.com/initiatives/our-projects/jamestown-floating-solar/>).  
Mart 10, 2017 tarihinde  
<http://inhabitat.com/hopital-universitaire-de-mirebalais-will-be-the-worlds-largest-solarpowered-hospital/haiti-solar-powered-hospital-01/> Temmuz 9, 2017 tarihinde  
<http://reneweconomy.com.au/australias-first-floating-solar-plant-opened-in-south-australia-42322/>). Eylül 14, 2017 tarihinde  
<http://reneweconomy.com.au/australias-first-floating-solar-plant-opened-in-south-australia-42322/>). Nisan 18, 2017 tarihinde  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>. Haziran 9, 2017 tarihinde  
<http://tr.greenact2020.org/portfolio/tukettiginin-4-kati-enerji-ureten-ekokent-gunes-gemisi>. Mayıs 15, 2017 tarihinde  
<http://wwtonline.co.uk/features/project-focus-floating-solar-panels-for-thames-reservoir#.WN32s1XyiUk>. Eylül 28, 2017 tarihinde  
<http://wwtonline.co.uk/features/project-focus-floating-solar-panels-for-thames-reservoir#.WN32s1XyiUk>). Nisan 24, 2017 tarihinde  
<http://www.superiorscaffold.com/superior-scaffold-helps-install-innovative-solar-array-over-camden-county-wastewater-treatment-plant/>). Mayıs 27, 2017 tarihinde  
<http://www.afyon.bel.tr/news/1/5437/gunes-enerji-santrali-hedefleri-as.aspx>). Mayıs 16, 2017 tarihinde  
<http://www.birsolar.com/solar-bilgi/gunes-enerjisi>. Haziran 18, 2017 tarihinde  
[http://www.ccmua.org/?page\\_id=1818](http://www.ccmua.org/?page_id=1818)). Nisan 26, 2017 tarihinde  
<http://www.coop-himmelblau.at/>). Mart 21, 2017 tarihinde  
<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3509553/World-s-largest-FLOATING-solar-farm-built-UK-reservoir-Structure-23-000-panels-power-1-800-homes.html>. Eylül 16, 2017 tarihinde  
<http://www.eie.gov.tr/eieweb/turkce/YEK/gunes/tgunes.html>). Haziran 27, 2017 tarihinde  
[http://www.eie.gov.tr/My\\_Calculator/Default.aspx](http://www.eie.gov.tr/My_Calculator/Default.aspx)). Nisan 27, 2017 tarihinde  
<http://www.enerjiatlasi.com/gunes/bati-ozluce-atiksu-gunes-enerji-santrali.html>).  
Haziran 1, 2017 tarihinde  
<http://www.enerjiatlasi.com/gunes/derinkuyu-gunes-enerjisi-santrali.html>). Haziran 13, 2017 tarihinde  
<http://www.enerjiatlasi.com/gunes/>). Eylül 24, 2017 tarihinde  
<http://www.enerjiatlasi.com/gunes/karatay-kizoren-ges.html>). Mart 5, 2017 tarihinde  
<http://www.folkecenter.dk/mediafiles/folkecenter/pdf/SOLAR-ENERGY-IN-INDIA.pdf>. Mayıs 18, 2017 tarihinde  
<http://www.indiaspend.com/cover-story/why-indias-canals-could-help-fast-forward-its-solar-energy-plans-61816>. Nisan 23, 2017 tarihinde  
<http://www.indiaspend.com/cover-story/why-indias-canals-could-help-fast-forward-its-solar-energy-plans-61816>). Eylül 27, 2017 tarihinde  
<http://www.isfoundation.com/news/indias-canals-seek-generate-power-using-solar-energy>). Mayıs 15, 2017 tarihinde  
<http://www.iski.gov.tr/web/tr-TR/kurumsal/iski-hakkinda/su-kaynaklari>). Ekim 22, 2017 tarihinde  
<http://www.iski.gov.tr/web/tr-TR/kurumsal/iski-hakkinda/su-kaynaklari>. Ekim 14,

- 2017 tarihinde  
<http://www.iski.gov.tr/web/tr-TR/kurumsal/iski-hakkinda/su-kaynaklari>. Ekim 15, 2017 tarihinde
- <http://www.iski.istanbul/web/tr-TR/kurumsal/iski-hakkinda>. Ekim 13, 2017 tarihinde
- <http://www.iski.istanbul/web/tr-TR/kurumsal/iski-hakkinda/aritmatesisleri/icmesuyu-aritma-tesisleri/buyukcekmece-icmesuyu-aritma-tesisleri>). Ekim 4, 2017 tarihinde
- <http://www.lalehaber.com/haber-nevsehir-belediyesi-gunes-panelleri-ile-elektrik-uretiyor-12889.html>). Ekim 8, 2017 tarihinde
- [http://www.nevsehir.bel.tr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2357:nevsehir-belediyesi-gunes-panelleri-ile-elektrik-uretiyor&catid=53:2015-haber-arsivi-2&Itemid=255](http://www.nevsehir.bel.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=2357:nevsehir-belediyesi-gunes-panelleri-ile-elektrik-uretiyor&catid=53:2015-haber-arsivi-2&Itemid=255). Ekim 25, 2017 tarihinde
- <http://www.ntv.com.tr/turkiye/kendi-enerjisini-ureten-binalar,1keNItJJx0G1WSrgcp7kKA>. Mart 23, 2017 tarihinde
- <http://www.radikal.com.tr/dunya/temiz-enerjinin-baskenti-freiburg-1096936/>. Ekim 21, 2017 tarihinde
- <http://www.solarharita.com/kutuphane/>. Nisan 18, 2017 tarihinde
- <http://www.solarpowereurope.org>. Mayıs 25, 2017 tarihinde
- <http://www.sunwindenergy.com/photovoltaics/1-mw-floating-solar-system-california>). Mayıs 29, 2017 tarihinde
- <http://www.telegraph.co.uk/news/earth/energy/renewableenergy/12200484/Europes-largest-floating-solar-farm-powers-up.html>. Nisan 8, 2017 tarihinde
- <http://www.telegraph.co.uk/news/earth/energy/renewableenergy/12200484/Europes-largest-floating-solar-farm-powers-up.html>). Mayıs 25, 2017 tarihinde
- <https://inhabitat.com/hopital-universitaire-de-mirebalais-will-be-the-worlds-largest-solar-powered-hospital/>. Ekim 7, 2017 tarihinde
- [https://www.google.com.tr/search?q=Bat%C4%B1+%C3%96zl%C3%BCce+At%C4%B1ksu+Ar%C4%B1tma+Tesis+G%C3%BCne%C5%9F+Enerji+Santrali&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj2u7SCv6bUAhUDICwKHUChD0UQ\\_AUICygC&biw=1920&bih=974#imgsrc=Qo7reuEBzq6HWM:](https://www.google.com.tr/search?q=Bat%C4%B1+%C3%96zl%C3%BCce+At%C4%B1ksu+Ar%C4%B1tma+Tesis+G%C3%BCne%C5%9F+Enerji+Santrali&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj2u7SCv6bUAhUDICwKHUChD0UQ_AUICygC&biw=1920&bih=974#imgsrc=Qo7reuEBzq6HWM:). Nisan 9, 2017 tarihinde
- [https://www.google.com.tr/search?q=b%C3%BCy%C3%BCk%C3%A7ekmece+i%C3%A7me+suyu+ar%C4%B1tma+tesis&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj74v-r0jWAhViJsAKHbo2Az8Q\\_AUICygC&biw=1920&bih=925#imgsrc=ZE1XwFqfv4fXIM:](https://www.google.com.tr/search?q=b%C3%BCy%C3%BCk%C3%A7ekmece+i%C3%A7me+suyu+ar%C4%B1tma+tesis&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj74v-r0jWAhViJsAKHbo2Az8Q_AUICygC&biw=1920&bih=925#imgsrc=ZE1XwFqfv4fXIM:) Mart 11, 2017 tarihinde
- <https://www.haberler.com/bati-atiksu-aritma-tesis-nde-gunes-enerjisinden-6338797-haberi/>). Nisan 12, 2017 tarihinde
- <https://www.haberler.com/gsr-enerji-den-denizli-hukumet-konagi-na-gunes-3516718-haberi/>. Nisan 19, 2017 tarihinde
- <https://www.wwdmag.com/san-diego%E2%80%99s-alvarado-water-treatment-plant-unveils-1-megawatt-solar-system>; [https://americas.kyocera.com/press-releases/pressreleases\\_201503232375.htm](https://americas.kyocera.com/press-releases/pressreleases_201503232375.htm). Mayıs 24, 2017 tarihinde
- <https://www.youtube.com/watch?v=5k-y7E-mPMs>. Nisan 8, 2017 tarihinde
- <https://yolbakim.ibb.gov.tr/4-yeni-ileri-biyolojik-aritma-tesis-istanbula-hayirli-olsun/>). Mart 8, 2017 tarihinde
- IEA. (2000). *Hydropower and the World's Energy Future: The Role of Hydropower in Bringing Clean, Renewable, Energy to the World*, IEA Hydropower, 5.
- IEA. (2013). *Key World Energy Statistics: KWES*, IEA, 40-41.
- Kagel A. vd. (2007). *A Guide to Geothermal Energy and the Environment*, Geothermal Association, 2.



- Keleş, C.Ö..(2008). *Türkiye'de Binalarda Enerji Verimliliği Açısından Fotovoltaik Sistemlerin Kullanımına Yönelik Bir İnceleme*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi. FBE.
- Kıncay, O. *Güneş Enerjisi, Yıldız Teknik Üniversitesi Ders Notları*, 04.04.2017 tarihinde <http://www.yildiz.edu.tr/~okincay/den.html>.
- Koryürek, E.. (2008). *Fotovoltaik Sistemlerin Binalarda Kullanımı*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi. FBE.
- Lewis A.vd. (2012). *Ocean Energy, Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, (Ed. Ottmar Edenhofer ve Diğerleri), Cambridge University Press, 497-534.
- Lorenz, H., Fischer, P., Schumacher B. ve Adler, P. (2013). Current EU-27 Technical Potential of Organic Waste Streams for Biogas and Energy Production, *Waste Management Dergisi*, (Ed. Raffaello Cossu), Cilt:33, 2434-2448.
- NASA, *Solar System Exploration: Sun, Facts & Figures*, 05.04.2017 tarihinde <https://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm?Object=Sun&Display=Facts>,
- Oktik, Ş.(2001). *Güneş-Elektrik Dönüşümleri Fotovoltaik Güneş Gözeleri ve Güç Sistemleri*. Ankara: Temiz Enerji Vakfı Yayınları.
- Oluklulu, Ç. (2001). *Güneş Enerjisinden Etkin Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik Modüller, Boyutlandırılmaları ve Mimaride Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara
- Özdamar, A.(2000). Dünya ve Türkiye’de Rüzgar Enerjisinden Yararlanılması Üzerine Bir Araştırma, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt:6, Sayı:2-3, 133-145.
- Özgener, Ö.(2002). Türkiye’de ve Dünyada Rüzgar Enerjisinin Kullanımı, *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, Cilt:4, Sayı:3,159 – 173.
- Pearsall, N.M, Hill, R.. (2001). *Photovoltaics Modules, System And Applications*, Clean Electricity From Photovoltaics, Sydney.
- Sayın S., Koç İ.(2011). Güneş Enerjisinden Aktif Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik (Pv) Sistemler ve Yapılarda Kullanım Biçimleri, *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Dergisi.*, c.26, 92,
- Sayın, S. (2006). *Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi Ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları*. Yüksek Lisans Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi. FBE.
- Styles, D., Thorne F. ve Jones, M B. (2008). Energy Crops in Ireland: An Economic Comparison of Willow and Miscanthus Production with Conventional Farming Systems, *Biomass and Bioenergy*, Cilt: 32, Sayı:5, 407-421.
- Tekin, H.(2010). Büyükçekmece Gölü Havzasında Arazi Kullanma Sorunları, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı Havza Yönetimi Programı
- Terkos İşletmeler Müdürlüğü, İSKİ
- Uçar, A.(2003). Büyükçekmece Su Arıtma Müdürlüğü, İSKİ Genel Müdürlüğü
- Varınca, K., Gönüllü T. (2006). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Çevresel Olumlu Etkileri, VI. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES 2006), Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 25-27 Mayıs 2006.
- Yerebakan, M. (2010). Güneş Kolektörü Uygulamaları. *İstanbul Ticaret Odası Yayınları*. İstanbul:Yayın No:2010-22.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Belkıs ÖĞRETMEK

e-mail : bogretmek@iski.gov.tr

1983 yılında Eskişehir’de doğdum. İlk, orta ve lise eğitimimi Sakarya’da tamamladım. 2001 yılında başladığım Anadolu Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünden 2006 yılında mezun oldum. Gene 2003 yılında başladığım Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesinden 2008 yılında mezun oldum.

2007-2010 yılları arasında özel sektörde çalıştım. Daha sonra bir yıl kadar sözleşmeli olarak İŞKUR’da çalıştım. 2010 KPSS sınavı ile İSKİ Genel Müdürlüğü’ne atandım ve halen Keşif ve Şartnameler Şube Müdürlüğü’nde çalışma hayatıma devam etmekteyim. Evli ve 1 erkek çocuğa sahibim.