

**T.C.**  
**HASAN KALYONCU ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNDE VERİM ANALİZİ VE**  
**ENERJİ KAYIPLARININ TESPİTİ**

**ÇEVRE BİLİMLERİ VE ENERJİ YÖNETİMİ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**CEMAL ÖZTÜRK**  
**OCAK 2020**

**Güneş Enerji Sistemlerinde Verim Analizi ve Enerji Kayıplarının  
Tespiti**

**Hasan Kalyoncu Üniversitesi**  
**Çevre Bilimleri ve Enerji Yönetimi**  
**Yüksek Lisans Tezi**

**Danışman**

**Dr. Öğr. Üyesi Adem YURTSEVER**

**Cemal ÖZTÜRK**

**Ocak 2020**

© 2020 [Cemal ÖZTÜRK]





**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE  
YÜKSEK LİSANS KABUL VE ONAY FORMU**

Çevre Bilimleri ve Enerji Yönetimi Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Programı öğrencisi **Cemal ÖZTÜRK** tarafından hazırlanan “**Güneş Enerji Sistemlerinde Verim Analizi ve Enerji Kayıplarının Tespiti**” başlıklı tez 15/01/2020 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucu **başarılı** bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

<u>Görevi</u>	<u>Unvanı, Adı ve Soyadı</u> <u>Kurumu/Üniversitesi</u>	<u>İmzası:</u>
Tez Danışmanı	Dr. Öğr. Üyesi Adem YURTSEVER Hasan Kalyoncu Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü	
Jüri Üyesi	Doç Dr. Deniz UÇAR Harran Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü	
Jüri Üyesi	Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU Hasan Kalyoncu Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü	

**Bu tez Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu kararı ile onaylanmıştır.**

Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU  
Enstitü Müdürü

**İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.**

**Cemal ÖZTÜRK**

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisansa başlamama vesile olan Ağabeyim Ali ÖZTÜRK'e, bilgileriyle ve yönlendirmeleriyle her türlü desteklerini esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Adem YURTSEVER'e, ülkemizin değerli hocalarından olan Prof. Dr. Mehmet KARPUZCU'ya teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Tez içerisinde kullandığım bilgileri ve santral üretim değerlerini tarafıma sunan ve desteklerini esirgemeyen Elektrik Elektronik Müh. Çağrı YILDIRIM'a, Bektaş ÇOLAK'a teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

### GÜNEŞ ENERJİ SİSTEMLERİNDE VERİM ANALİZİ VE ENERJİ KAYIPLARININ TESPİTİ

ÖZTÜRK, Cemal

Yüksek Lisans Tezi / Çevre Bilimleri ve Enerji Yönetimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Adem YURTSEVER

OCAK 2020, 68 sayfa

Dünya genelinde enerji ihtiyacı nüfus artışıyla beraber giderek artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için en çok kullanılanlar ise fosil kaynaklardır. Fosil kaynak kullanımı özellikle sera gazı salınımı ile sıcaklığın artmasına ve dolayısıyla da küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır. Bu nedenle, küresel iklim değişikliğinin azaltılması ve sürdürülebilir bir çevre için fosil kaynaklar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması gerektiği bilinen bir gerçektir. Bu anlamda, güneş enerjisi de yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak son dönemlerde oldukça dikkat çekmektedir. Güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi ise, her türlü bölgede kolaylıkla uygulanabilir olmasına karşılık bölgesel olarak farklı faktörlere bağlı olarak oldukça değişiklik göstermektedir.

Bu çalışma kapsamında, 4 farklı bölgede, 8 ilde kurulan güneş enerjisi santrali (GES) ele alınarak sistem verimliliği, üretilen elektrik enerjisine bağlı olarak incelenmiştir. Ayrıca her bir GES için üretim değerleri bireysel ve bölgesel olarak kıyaslanmıştır. Yapılan çalışmada, özellikle Doğu Anadolu bölgesindeki illerde kurulu olan GES'lerin daha düşük üretim verimlerine sahip oldukları, bununla birlikte Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgelerindeki illerde verimin yüksek olduğu görülmüştür. Üretim değerlerine bakıldığında ise, Doğu Anadolu Bölgesindeki 1 il için toplam yıllık üretim değeri 1.864.660 kwh iken, Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgelerinde sırasıyla 4.741.959 kwh (Ortalama il başına 1.580.653 kwh) ve 3.103.195 kwh (Ortalama il başına 1.551.597 kwh)'dır. Ayrıca, Güneydoğu Anadolu bölgesindeki Şanlıurfa, Gaziantep ve Diyarbakır'daki GES'ler de incelendiğinde, Gaziantep ilinde kurulu olan santralin üretim değerlerinin diğerlerine kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Güneş enerjisinden elektrik üretiminde bölge ve il bazlı olarak oldukça farklı verimlilik değerlerinin elde edilmesindeki en temel sebep ise santralin kurulu bulunduğu bölgenin ve ilin radyasyon seviyesi ve güneşlenme süresi olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjisi, iklim değişikliği, güneş enerjisi santrali, elektrik üretim verimi, enerji kayıpları

## ABSTRACT

### DATA ANALYSIS AND ENERGY LOSSES IN SOLAR ENERGY SYSTEMS

OZTURK, Cemal

Master's Thesis / Department of Environmental Sciences and Energy Management

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Adem YURTSEVER

JANUARY 2020, 68 pages

Worldwide energy needs are increasing with population growth. Fossil sources are the most commonly used to meet this need. The use of fossil resource causes an increase in temperature and therefore global climate change, especially with greenhouse gas emissions. Therefore, it is a known fact that sustainable energy sources should be used instead of fossil resources for reducing global climate change and a sustainable environment. In this sense, solar energy is also a source of sustainable energy in recent times. Electricity generation from solar energy varies considerably due to regionally different factors, although it is easily applicable in all regions.

Within the scope of this study, system efficiency was examined in 4 different regions, 8 provinces, depending on the electrical energy produced by addressing the solar power plant (SPP). In addition, the production values for each solar power plant are individually and regionally compared. In the study, solar power plants established especially in the eastern Anatolia region have lower production efficiencies, however, it has been observed that the yields in the provinces in Southeastern Anatolia and Mediterranean Regions are higher. According to production values, the total annual production value for 1 province in the Eastern Anatolia region was 1,864,660 kwh, while in Southeast Anatolia and Mediterranean Regions, 4.741.959 kwh (1.580.653 kwh per average province) and 3,103.195 kwh (per average province 1,551,597 kwh). In addition, when SSP in Sanliurfa, Gaziantep and Diyarbakir in the Southeast Anatolia region were examined, it was determined that the production values of the plant in Gaziantep province were higher than others. The main reason for obtaining quite different efficiency values in the production of electricity from solar energy in the region and province is determined as the radiation level and insolation time of the region and province where the plant is installed.

**Keywords:** Solar power, climate change, solar power plant, electricity generation efficiency, energy losses



## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	IV
ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VI
İÇİNDEKİLER .....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	X
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	XI
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. Genel Bilgi .....	1
1.2. Tezin Önemi ve amacı.....	2
BÖLÜM 2 .....	4
LİTERATÜR TARAMASI.....	4
2.1. İklim Değişikliği ve Sera Gazı Salınımı.....	4
2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi.....	5
2.3. Rüzgar Enerjisi .....	6
2.4. Rüzgar Enerjisi Çalışma Sistemi .....	6
2.5. Rüzgar Türbin Çeşitleri .....	7
2.5.1. Yatay Eksenli Türbinler.....	7
2.5.2. Dikey Eksenli Türbinler.....	8
2.5.3. Eğik Eksenli Türbinler.....	8
2.6. Rüzgar Türbini Bölümleri .....	9
2.7. Rüzgar Enerjisinin Avantajları Ve Dezavantajları .....	9
2.7.1. Avantajları .....	9
2.7.2. Dezavantajları .....	10
2.8. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi .....	10
2.9. Hidroelektrik Santralin Çalışma Sistemi.....	11
2.10. Hidroelektrik Santrallerin Avantajları Ve Dezavantajları.....	11
2.10.1. Avantajları .....	11
2.10.2. Dezavantajları .....	12

2.11. Jeotermal Enerji.....	12
2.12. Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli .....	13
2.13. Enerji Kullanımı ve Çevre İlişkisi.....	14
2.14. Çevreyi Etkileyen Faktörler .....	14
2.15. Hava Kirliliği ve Etkileri.....	15
2.16. Enerji Ve Sürdürülebilir Gelişme.....	15
2.17. Sürdürülebilir Gelişmeyi Etkileyen Parametreler .....	15
2.18. Çevre ve Sürdürülebilir Gelişme.....	16
2.19. Enerji – Çevre ve Sürdürülebilir Gelişme Arasındaki İlişki .....	16
2.20. Güneş Enerjisi .....	17
<b>BÖLÜM 3 .....</b>	<b>19</b>
<b>GÜNEŞ ENERJİ TEKNOLOJİLERİ VE UYGULANMASI .....</b>	<b>19</b>
3.1. Düşük Sıcaklık Sistemleri .....	19
3.2. Güneş Kolektörlü Sıcak Su Sistemleri .....	20
3.3. Güneş pili sistemi .....	20
3.4. Güneş pilinin yapısı ve çalışması .....	21
3.5. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi .....	22
3.6. Panel Teknolojileri .....	22
3.6.1. Kristal Paneller .....	22
3.6.2. İnce Film Panel .....	23
3.6.3. Esnek Panel.....	23
3.7. Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi Elemanları.....	24
3.7.1. Güneş panelleri .....	24
3.7.2. Şarj Regülatörleri.....	25
3.7.2. Eviriciler (İnverter).....	25
3.8. On-Grid Sistemler .....	26
3.9. Güneş Enerjisi Saha Uygulamaları.....	26
3.10. Güneş Enerji Santralleri Kurulumunda İzlenecek Yollar.....	27
3.10.1 Tarla (Arazi) Seçimi .....	28
3.10.2. Trafo Merkezi'ne Olan Mesafe .....	29
3.10.3. İl Tarım Müdürlüğü .....	29
3.10.4. ÇED Raporu Muafiyeti.....	29
3.10.5. Enerji Dağıtım Şirketine Başvuru.....	29
3.10.6. TEDAŞ ve Belediye Süreçleri .....	29

3.10.7. Başvuru Sonuçları.....	29
3.11. Yatırımcı İşlemleri .....	30
3.11.1. Panel Seçimi .....	30
3.11.2. İnvörtör Seçimi .....	30
3.11.3. Kablo Seçimi.....	31
3.11.4. Trafo Dağıtım Merkezi Seçimi .....	32
3.11.5. Dağıtım Merkezi Mod Binası Seçimi .....	32
3.11.6. Konstrüksiyon Malzeme Seçimi .....	33
BÖLÜM 4 .....	34
MATERYAL METOT .....	34
4.1. Türkiye’deki Bölgelerin Güneş Kapasiteleri.....	34
4.2. Çalışılan Bölgeler ve Santraller.....	36
4.2.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi:.....	36
4.2.2. Akdeniz bölgesi .....	37
4.2.3. İç Anadolu Bölgesi .....	38
4.2.4. Doğu Anadolu Bölgesi.....	40
BÖLÜM 5 .....	41
BULGULAR VE TARTIŞMA .....	41
5.1. İç Anadolu Bölgesi (Aksaray, Konya) .....	41
5.1.1. Aksaray İli Güneş Enerji Üretim Değerleri .....	41
5.1.2. Konya İli Güneş Santrali Üretim Değerleri .....	43
5.2. Doğu Anadolu Bölgesi (Elazığ) .....	46
5.3. Güneydoğu Anadolu Bölgesi (Gaziantep, Diyarbakır, Şanlıurfa).....	48
5.3.1. Gaziantep İli Güneş Enerjisi Üretim Değerleri.....	48
5.3.2. Şanlıurfa Ve Diyarbakır İli Güneş Santrali Üretim Değerleri .....	50
5.3.3. Gaziantep, Şanlıurfa. Diyarbakır Üretimde Değerlerin Karşılaştırılması .....	53
5.4. Akdeniz Bölgesi (Osmaniye-Kahramanmaraş).....	54
5.4.1. Osmaniye İli Üretim Değerleri .....	54
5.4.2. Kahramanmaraş Üretim Değerleri.....	56
5.5. Bölgesel olarak Güneş Enerjisi Üretim Değerlerinin Karşılaştırılması .....	61
BÖLÜM 6 .....	63
SONUÇLAR .....	63
KAYNAKÇA .....	67

## TABLULAR LİSTESİ

<b>Tablo 4.1.</b> Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı.....	34
<b>Tablo 5.1.</b> Aksaray ili aylık bazda üretim değerleri.....	41
<b>Tablo 5.2.</b> Konya ili aylık bazda üretim değerleri.....	43
<b>Tablo 5.3.</b> Aksaray ve Konya illeri aylık üretim değerleri karşılaştırılması.....	44
<b>Tablo 5.4.</b> Elazığ ili aylık üretim değerleri.....	46
<b>Tablo 5.5.</b> Gaziantep ili aylık üretim değerleri.....	47
<b>Tablo 5.6.</b> Şanlıurfa ili aylık üretim değerleri.....	49
<b>Tablo 5.7.</b> Diyarbakır ili aylık üretim değerleri.....	50
<b>Tablo 5.8.</b> Gaziantep,Şanlıurfa,Diyarbakır illeri aylık üretim değerleri.....	52
<b>Tablo 5.9.</b> Osmaniye ili aylık üretim değerleri.....	54
<b>Tablo 5.10.</b> Kahramanmaraş ili aylık üretim değerleri.....	55
<b>Tablo 5.11.</b> Osmaniye ve Kahramanmaraş illerinin aylık üretim değerleri.....	56
<b>Tablo 5.12.</b> Kahramanmaraş-Adana aylık üretim değerleri.....	58
<b>Tablo 5.13.</b> Uşak-Elazığ illeri aylık üretim değerleri.....	59
<b>Tablo 5.14.</b> Bölgelere ve illere göre yıllık üretim değerlerinin kıyaslanması.....	60

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Çeşitleri (URL 1)	1
Şekil 2.1. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri (URL 2)	7
Şekil 2.2. Dikey Eksenli Rüzgar Türbinleri (URL 3)	8
Şekil 2.3. Eğik Eksenli rüzgar türbini (URL 4)	9
Şekil 2.4. Hidroelektrik enerji üretimi akım şeması	11
Şekil 2.5. Jeotermal enerji çalışma şeması (URL 6)	12
Şekil 2.6. Türkiye'deki Jeotermal Enerji kaynaklarının dağılımı (URL7)	13
Şekil 2.7. Enerji Kaynaklarının Dünya Üzerindeki Etkileri	17
Şekil 2.8. Güneşten gelen ışınımın dağılımı (URL 8)	17
Şekil 3.1. Düzlemsel Güneş kolektörü (URL9)	18
Şekil 3.2. Şebekeden bağımsız güneş pili enerji sistemi (URL 10)	20
Şekil 3.3. Güneş pili yapısı (URL 11)	20
Şekil 3.4. Monokristal (solda) ve Polikristal (sağda) panel çeşitleri	22
Şekil 3.5. Esnek panel şeması	23
Şekil 3.6. Güneş paneli	23
Şekil 3.7. Regülatör çeşitleri	24
Şekil 3.8. On-grid ve off-grid inverter çeşitleri	25
Şekil 3.9. Başvuru süreci şeması	27
Şekil 3.10. Değerlendirme ve kurulum sıralaması şeması	29
Şekil 3.11. DC (solar) kablo şeması	30
Şekil 3.12. OG (XLPE) kablo şeması	31
Şekil 3.13. Trafo Merkezi şeması	31
Şekil 4.1. Türkiye'nin güneş enerjisi haritası (URL 12)	33
Şekil 4.2. Gaziantep ili güneş enerji potansiyeli haritası (URL 13)	35
Şekil 4.3. Şanlıurfa ili güneş enerji potansiyeli haritası (URL 14)	36
Şekil 4.4. Diyarbakır ili güneş enerji potansiyeli haritası (URL 15)	36
Şekil 4.5. Osmaniye ili güneş enerji potansiyeli haritası (URL 16)	37
Şekil 4.6. Kahramanmaraş ili güneş enerji potansiyeli haritası (URL 17)	37
Şekil 4.7. Aksaray ili güneş enerji potansiyeli haritası (URL 18)	38

<b>Şekil 4.8.</b> Konya ili güneş enerji potansiyeli haritası (URL 19)	38
<b>Şekil 4.9.</b> Elazığ ili güneş enerji potansiyeli haritası (URL 20)	39
<b>Şekil 5.1.</b> Aksaray ili aylık bazda üretim değerleri	42
<b>Şekil 5.2.</b> Konya ili aylık bazda üretim değerleri	43
<b>Şekil 5.3.</b> Aksaray ve Konya illeri aylık bazda üretim değerleri karşılaştırılması	45
<b>Şekil 5.4.</b> Elazığ ili aylık üretim değerleri	46
<b>Şekil 5.5.</b> Gaziantep ili aylık üretim değerleri	48
<b>Şekil 5.6.</b> Şanlıurfa ili aylık üretim değerleri	49
<b>Şekil 5.7.</b> Diyarbakır ili aylık üretim değerleri	51
<b>Şekil 5.8.</b> Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır illeri aylık üretim değerleri	52
<b>Şekil 5.9.</b> Osmaniye ili aylık üretim değerleri	54
<b>Şekil 5.10.</b> Kahramanmaraş ili aylık üretim değerleri	56
<b>Şekil 5.11.</b> Osmaniye ve Kahramanmaraş illeri aylık üretim değerleri	58
<b>Şekil 5.12.</b> Bölgesel olarak yıllık üretim değerleri	60

## SEMBOLLER/KISALTMALAR LİSTESİ

AB	Avrupa Birliği
YEK	Yenilenebilir Enerji kaynakları
GES	Güneş Enerji Santrali
EPICA	Antarktika Buzul Çekirdeği Avrupa Projesi
MTEP	Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MWH	Megawatt Saat
GWH	Gigawatt Saat
TWH	Terrawatt Saat
DC	Doğru Akım
AC	Alternatif Akım
RTU	Remote Terminal Unit
KWH	Kilowatt Saat
Hz	Hertz
V	Volt
OG	Orta Gerilim
M	Metre

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

#### 1.1. Genel Bilgi

Yaşam kaynağı olan enerji, hayatımızın temelini oluşturmaktadır. Her alanda kullandığımız ve ihtiyaçlarımızı karşılamak zorunda olduğumuz aydınlatma, ısıtma ve en önemlisi üretim yapmak için enerji olmazsa olmazımızdır. Şu anda Dünya enerji ihtiyacının büyük kısmını fosil yakıtlardan elde etmektedir. Ancak bu sınırlı kaynaklar, yüksek maliyetler ve çevre kirlenmesine sebep olan sera gazı emisyonları nedeni ile gelişen teknolojiyle yerini yenilenebilir enerji (rüzgar,güneş,barajlar vb.) kaynaklarına bırakmaktadır (Şekil 1.1).



**Şekil 1.1.** Yenilenebilir Enerji Kaynakları Çeşitleri (URL 1)

Yakın zamanda Avrupa Birliği'ne uyum sağlamak amacıyla değiştirilen birçok kanun; yenilenebilir enerjinin kullanılması, enerjiden tasarruf edilmesi, enerjinin daha verimli kullanılmasını öngörmektedir. Teknoloji'nin gelişimi ve insanların daha çok bilinçlenmesi, temiz ve sağlıklı bir çevre için yenilenebilir enerji kaynaklarını da geliştirmeyi ön plana çıkarmıştır. Fosil enerji kaynaklarına alternatif olarak kullanımı



artan yenilenebilir enerji kaynakları Şu Őekildedir; Rüzgar Enerjisi, Hidroelektrik Enerjisi, Jeotermal Enerji ve Güneş Enerjisidir.

Bu enerji kaynaklarının kullanımı arttıkça üretimi, iletimi ve depolanması ile ilgili teknolojik çalışmalarda hızlı gelişim göstermektedir. Enerji kaynaklarından üretilen enerjileri ne kadar sonsuz enerji gibi de gözükse de depolama ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmalar neticesinde ve teknolojik gelişmeler sırasında farklı enerji kaynakları da ortaya çıkabilme ihtimali vardır. Bunlardan birisi de hidrojen enerjisidir. Bu netice de daha uzun süreli ve depolanabilir enerji çeşidi oluşur. Yenilenebilir enerji kaynakları sadece elektrik enerjisi üretmek amacıyla düşünülmemelidir. Sıcak su üretmek için öne çıkan termal sistemler, enerji kaynaklarının oluşmasında sebep olan güneş enerjisi kaynaklı yenilenebilir enerjinin bir başka türüdür. Türkiye’de aktif olarak kullanılan termal sistemler, ülkemizde ciddi bir enerji kaynağı durumundadır.

## **1.2. Tezin Önemi ve amacı**

Bu çalışmanın amacı ülkemizde kurulan güneş enerji santrallerinin (GES) yapım öncesi ve yapım sonrasındaki izlenecek yolları, santralin işletmeye alındıktan sonra ki üretim değerlerinin takibi ve verimliliğini inceleyerek oluşabilecek üretim, verim kayıplarının önlenmesine yönelik uygulanabilecek metotlara vurgu yapılmasıdır. Çalışma kapsamında 4 bölge, 8 ili kapsayan GES’leri inceleyerek, üretim değerleri birbirleriyle karşılaştırma yöntemiyle ele alınmıştır. Her GES kendi bölgesindeki diğer santrallerle karşılaştırılmış, daha sonra da diğer bölgelerdeki GES’lerle birlikte üretim değerleri üzerinden ele alınmıştır. Bölgelerin güneşlenme saatleri, radyasyon değerleri göz önünde bulundurularak yorumlama yapılmıştır.

Çalışma kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarının avantajları, dezavantajları, kullanılabilirliği açıklanmıştır. Kurulumu tamamlanıp faaliyete girmiş olan santrallerde kullanılan malzemelerin üretime etkisine değinilmiştir. Tüm enerji kaynaklarından elde edilen üretim verimliliği, sadece santralin bulunduğu bölgeye bağlı olmadığı görülmüştür. Üretim değerlerinin baz alındığı yılda, şehirlerin mevsimsel olarak hava şartlarına, elektrik kesintilerine, santralin bakım/onarım şartlarına göre şekillendiği ayrıca ürünlerin sahaya ulaşımı ve montajı sırasında yapılan yanlış uygulamalarında verimliliğe etki ettiğine yönelik değerlendirmeler yapılmıştır.

Sonuç olarak santralin üretim değerlerine etki eden sorunlara ve bu sorunlara karşı alınabilecek önlemlere değinilmiştir. Kurulum kapasitelerine göre santralin verimliliği birbirleriyle karşılaştırılmış, meteoroloji verilerine, santral özelliklerine bakılarak yorumlanmıştır. Yakın zamanda inşa edilmeye başlanan güneş enerji santralleri uzun süre faaliyette kalacak şekilde yapılmaktadır. Bu nedenle kurulum aşamasında ve işletim sırasında doğru ekipmanlar kullanılmalı ve bu alanda bilgi sahibi olan kişilerle çalışılmalıdır. Üretimin yüksek verimde olması için bu şarttır.



## BÖLÜM 2

### LİTERATÜR TARAMASI

#### 2.1. İklim Değişikliği ve Sera Gazı Salınımı

Çevreyle alakalı problemler, canlıların yaşamını sürdürebilmesini engelleyen sorunların temelini oluşturur. Yaşanılan yüz yılda önemli çevre problemlerinin başında küresel ısınma ve iklim değişikliği gelmektedir. Bu değişikliğin sebebi ise, fosil yakıt kaynaklarının kullanılmasındandır. 4 milyar yaş sınırını aşan dünyamızda, doğal dengenin belirli dönemlerde bozulması iklim değişikliğine neden olmaktadır. Özellikle insanoğlunun bu sahnede yer aldığı dönemlerde, doğal dengenin birkaç kez değiştiği düşünülmektedir. Hayat devam ettiği sürece ve gelişen teknolojilerle değişimler devam edecektir (Öztürk, 2002).

Tüm canlılar alemi için büyük öneme sahip atmosferde, azot %78, oksijen %21, argon ise %0,93 oranda bulunur. Bunlar dışında atmosferde bulunan önemli sera gazı olan CO<sub>2</sub>, %0,03 orandadır. Doğal sera gazlarının en önemlileri, başta en büyük katkıyı sağlayan su buharı (H<sub>2</sub>O) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) olmak üzere, metan (CH<sub>4</sub>), diazotmonoksit (N<sub>2</sub>O), ozon (O<sub>3</sub>) ve endüstriyel üretim sonucu ortaya çıkan Hidroflorokarbon (HFC), Perflorokarbon (PFC), Sülfürhekzaflorid (SF<sub>6</sub>) gibi florlu bileşiklerin olduğu gazlardır (Türkeş, 2008).

İklim değişikliği, çevreden kaynaklı sorunlardan dolayı ülkemizi ve dünyayı ilgilendiren mesele haline gelmiştir. Yapılan gözlemlerde mevsimsel sıcaklıkların değişikliği, su kaynaklarının azalması, buzullardaki erimeler canlı yaşamını tehdit etmektedir. Yüzyıllardır devam eden bu değişikliğin sebepleri, sanayinin gelişimi, artan nüfus, ormanlık alanların yok edilmesi gibi ekolojik düzenin üzerindeki baskılardan kaynaklanmaktadır.

Sanayi devriminden sonra sera gazları hızlı bir şekilde artmıştır. Küresel ısınma ve sera etkisi birçok bilimsel çalışmaya konu olmuş ve gerçek olduğu kanıtlanmıştır. Avrupalı bilim adamlarının Antarktika kıtasında EPICA projesi adıyla 2004 yılında

tamamladıkları çalışmaya göre, 750 bin yıl önceki iklimle ilgili verilere ulaşmışlardır. Bu bulgulara göre, sera gazlarının miktarı 440.000 yılın en yüksek seviyesine ulaşmıştır (Mercan, 2013)

Dünyamıza gelen güneş ışınımının yaklaşık %31'i tekrar yansıtılarak uzaya geri döner. Bu ışınımın %69'luk kısmı ise iklimsel sistem bileşenleri tarafından kullanıldıktan sonra atmosfere geri verilir. Sürekli tekrar eden bu sistemde ışınımın atmosferdeki gazlara karşı geçirgen, geri salınan ışınımlara karşı az geçirgen olması, ısının artmasını ve ısı dengesini ayarlanmasına doğal sera etkisi adı verilir (Doğan ve Tüzer, 2011).

## **2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Önemi**

Enerji, bir sistemin iş yapabilme yeteneğidir. Bir sistemin, cismin hareket edebilmesi veya çalışabilmesi açısından önemli bir yeri vardır. Sosyal ve ekonomik kalkınma açısından enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle sanayileşme devrinden sonra enerji talebi artmış ve artmaya devam etmektedir. Dünyada ve ülkemizde ihtiyaç duyulan bu enerji, fosil kaynaklardan karşılanmaktadır (IEA, 2013). Fosil yakıtlar ucuz ve üretim sistemlerinin gelişmesiyle yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonrasında sadece kömürle kalmayıp diğer enerji çeşitleri petrol ve doğalgazda kullanılmaya başlanmıştır (Gürbüz, 2009). Geçmiş dönemlerde yaşanan petrol krizi sonrasında ve fosil kaynaklarının çevre kirliliği oluşturması yeni enerji kaynaklarının arayışını hızlandırmıştır. Bu aşamada bilinen fakat çok tercih edilmeyen yenilenebilir enerji kaynakları tekrar gündeme gelmeye başlamıştır. Fosil kaynaklardan yoksun olan ülkeler için bir enerji alternatifi haline gelmiştir. Özellikle AB ülkeleri ve sanayisi gelişmiş ülkeler yenilenebilir enerji konusunda sistemi geliştirme çalışmalarını yoğunlaştırmıştır.

Enerji konusunda dışa bağımlı olan ülkelere Türkiye'de artan nüfus ve yaşam standartlarına göre enerji talebi artmaktadır. 2011 yılında birincil enerji kaynakları tüketimi 114,4 Mtep (Milyon ton eşdeğer petrol) değerine ulaşmıştır. Bu enerjinin 32,2 Mtep kısmını ülkenin kendi enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Geri kalan 82,2 Mtep kısmı ise ithalat yoluyla karşılanmaktadır. Dışa bağımlılık oranı 71,8 oranında olmuştur (EÜAŞ, 2012)

Fosil kaynaklı enerji çeşitlerinin rezervlerinin sınırlı olması ve çevreye verdiği zarardan dolayı son yıllarda yenilenebilir enerjinin önemini arttırmıştır. Yenilenebilir enerji sürekli, temiz ve bedava bir enerji türü olduğu için ekolojik dengenin korunmasına büyük katkıda bulunmaktadır. Doğa dostu bir enerji çeşidi olması sebebiyle, var olan kaynakları tekrar tekrar kullanarak enerji üretimi yapılan, sürdürülebilir kaynaklardır. Hayat döngüsü devam ettiği sürece bu enerjilerin var olacağı bilinmektedir. Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının her çeşidinden faydalanabilecek bir konumda yer almaktadır. Son yıllarda yapılan yatırımlar bu yönde artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları üretimleri esnasında fosil yakıtlı kaynaklarla karşılaştırıldığında daha az CO<sub>2</sub> emisyonu üretmektedir. Çevreye yapmış olduğu olumsuz katkı çok düşüktür. Yenilenebilir enerji kaynakları Güneş, Rüzgar, Jeotermal, Hidroelektrik olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu enerji kaynakları ısınmada, ulaşımda, aydınlatmada ve sanayi tesislerinde kullanılmaktadır.

### **2.3. Rüzgar Enerjisi**

Rüzgar enerjisi, hava akımının sahip olduğu hareket (kinetik) enerjisidir. Rüzgardaki hareket enerjisini rüzgar türbinleri aracılığıyla mekanik enerjiye daha motor aksanı gibi çalışma sistemiyle elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir. Bu enerji de doğaya bir zararı olmadığı gibi sonsuz bir enerji kaynağıdır.

### **2.4. Rüzgar Enerjisi Çalışma Sistemi**

Güneş tüm enerji kaynaklarının oluşmasına etki eden bir enerji kaynağıdır. Rüzgar enerjisi de güneşin doğmasıyla başlar. Gecenin etkisiyle soğuyan hava tabakası yere doğru yönelir, güneşin kendini göstermesiyle hemen ısınmaya başlar. Isınan hava ise genişir ve gökyüzüne doğru yükselmeye başlar. Bu sırada atmosferdeki soğuk hava tabakası alt katmanlara doğru ilerler. Bu değişimler sırasında yani sıcak ve soğuk havanın hareketleri rüzgarı oluşturur.

Rüzgar santralleri, pervaneler aracılığıyla türbine bağlı oldukları shaftı döndürür. Bu dönüş sırasında manyetik alan oluşturarak bir jeneratör ile bu hareket enerjisi elektrik enerjisine dönüşür.

## 2.5. Rüzgar Türbin Çeşitleri

Tarih geçmişine bakıldığında değirmen olarak kullanılan rüzgar enerjisi teknolojinin gelişmesiyle elektrik üretimi yapan cihazlar olarak günümüzde yerini almıştır. Geliştirilen bu türbin çeşitleri birçok özelliğiyle farklılık göstermiştir. Rüzgar türbinleri dönme eksenine göre üç gruba ayrılırlar.

- Yatay eksenli türbinleri
- Dikey eksenli türbinleri
- Eğik eksenli türbinleri

### 2.5.1. Yatay Eksenli Türbinler

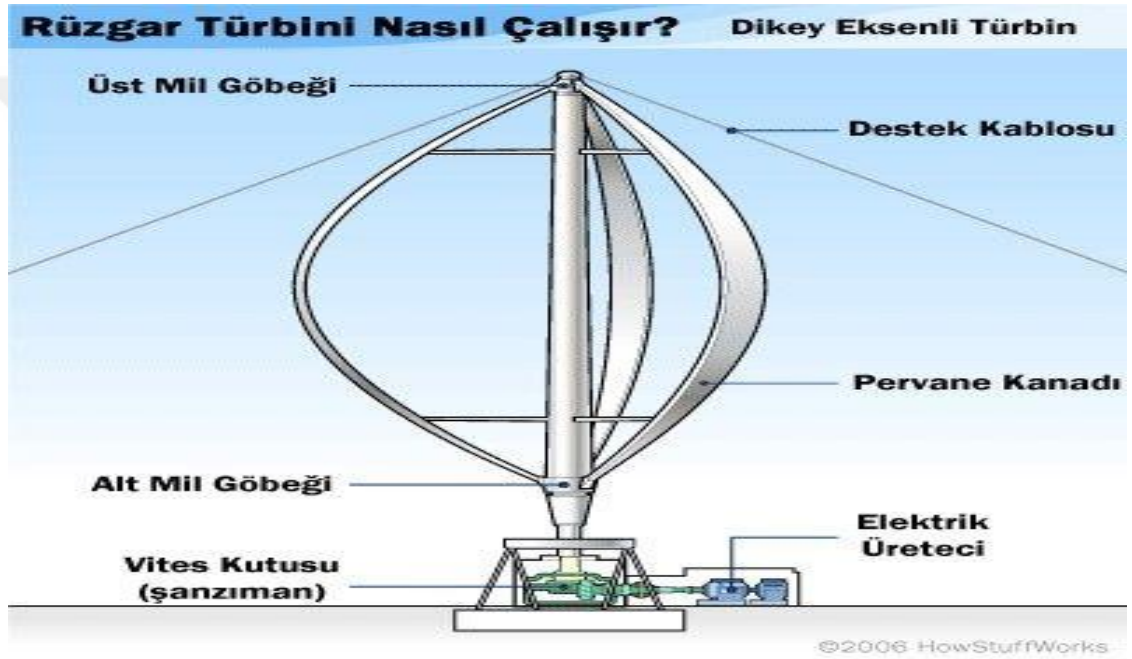
Bu türbinlerde; dönme eksenini rüzgar yönüne paralel, kanatlar ise rüzgar yönüne dik olarak hareket etmektedir. Yatay eksenli türbinlerde (Şekil 2.1) kanatların sayısı azaldıkça rotor da ona bağlı olarak daha hızlı dönmektedir. Üretim bakımından verimleri %45'dir. Yatay eksenli türbinler genel olarak yer hizasından 20-30 metre yükseklikte ve etrafındaki engellerden 10 metre yüksekte olacak şekilde kurulumu yapılmalıdır.



Şekil 2.1. Yatay Eksenli Rüzgar Türbinleri (URL 2)

### 2.5.2. Dikey Eksenli Türbinler

Döner kısmı rüzgara karşı dik ve düşey olan bu türbinlerin aynı şekilde kanatları da düşey olmalıdır. Dikey eksenli türbinler (Şekil 2.2) farklı olarak rüzgarı her yönden kabul edebilme özelliğine ve üstünlüğüne sahiptir. Bu türbinler rüzgarı sürükler veya kaldırır. Dezavantaj olarak İlk harekete geçişlerinde pek güvenilir değildir. Türbinlerin verimi yaklaşık yüzde 35'dir, yatay eksenli türbine göre daha düşüktür. Türbinlerin üretim kısmı ve vites kutusu toprak seviyesinde kurulabildiği için avantaj olarak kuleye gerek duymazlar. Bu yüzden düşük rüzgar hızlarında çalışabilmektedirler. Türbinlerin yüzeye sabitlenmesi için çelik halatlar kullanılmaktadır.



Şekil 2.2. Dikey Eksenli Rüzgar Türbini (URL 3)

### 2.5.3. Eğik Eksenli Türbinler

Dönme eksenleri düşey olarak rüzgâr yönünde bir açı yapan rüzgâr türbinleridir. Eğik eksenli türbinlerin (Şekil 2.3) kanatları ile dönme eksenleri arasında belirli bir açı bulunmaktadır. Diğerlerine göre daha basit kurulumu vardır.



**Şekil 2.3.** Eğik eksenli rüzgar türbini (URL 4)

## **2.6. Rüzgar Türbini Bölümleri**

- ❖ Motor bölümü, rüzgar türbininin ana kısımlarını oluşturur. Bunlar dişli kutusu ve elektrik jeneratörüdür.
- ❖ Kule bölümü, dönen kısımları ve motor bölümünü taşıyan kısımdır. Genel olarak kule ne kadar uzun olursa rüzgar türbini için o kadar avantajlı olur. Çünkü yerden uzaklaştıkça rüzgar hızı da ona göre artmaktadır.
- ❖ Bıçaklar (kanatlar), rüzgardan aldığı enerjiyi, dönme hareketi ile rotaya ileterek sistemi devam ettirir.
- ❖ Jeneratör, dönen bıçaklardan (kanatlardan) elde edilen mekanik enerjiyi şaft yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürür.
- ❖ Dişli kutusu ise bıçaklardan (kanatlardan) elde edilen dönüşün hızını artırır.

## **2.7. Rüzgar Enerjisinin Avantajları Ve Dezavantajları**

### **2.7.1. Avantajları**

- ❖ Enerji için sorunsuz güvenliği sağlar.
- ❖ Doğaya verilen kirlilik sorununu azaltır.
- ❖ Sonsuz enerji olan bir kaynaktır.
- ❖ İklim sorununa çözüm sağlar.
- ❖ Fosil yakıtlar gibi herhangi bir yakıt maliyetleri yoktur.
- ❖ Dışa bağımlılığı yoktur.



- ❖ Kurulumu çabuk ve kontrollüdür
- ❖ Rüzgar türbinleri, radyasyon yaymaz.
- ❖ Tarım ve hayvancılık yapmak için bir engel oluşturmaz.

### 2.7.2. Dezavantajları

- ❖ Diğer enerji türlerine göre üretimi kısıtlı ve verimi azdır.
- ❖ Rüzgar sürekli olmadığı için enerji üretimi değişkendir.
- ❖ En önemli dezavantajı gürültülü olmalarıdır.
- ❖ Diğer enerji türlerine göre maliyetleri çok yüksektir.
- ❖ Rüzgar hızından kaynaklı santraller düzensizdir.
- ❖ Alıcılara (tv ve radyo) zarar vermektedir.
- ❖ Enerji nakil hatları yüksek kısımlarda olduğu için kurulum aşamasında maliyeti arttırır.
- ❖ Kuşların göç güzergahı üzerinde ise büyük zararlar oluşturabilir.

## 2.8. Türkiye’de Rüzgar Enerjisi

Türkiye’nin üretilip kullandığı enerji türlerinden biri de Rüzgar kaynaklıdır. Rüzgar enerjisi küçük bir kısım olan yenilenebilir enerji payının içerisinde bulunmaktadır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlarla bu pay gün geçtikçe artacaktır. Rüzgar enerjisi üretim potansiyeli açısından ağırlık olarak kıyı bölgelerimiz (Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz) ve Doğu Anadolu Bölgelerinde de kurulumu yapılabilmektedir.

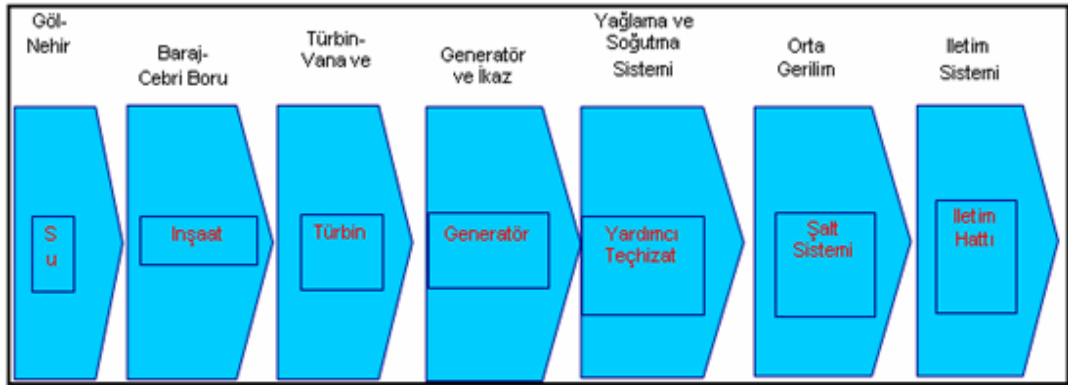
Türkiye’nin bulunduğu coğrafi yöreye bağlı olarak komşu ülkelerde ve bölge ülkelerinde yapılmış ölçüm verileri de bu bulguyu desteklemektedir. Türkiye’nin bugünkü teknik koşullarda rüzgar enerjisi teknik potansiyeli 88000 MW, ekonomik potansiyelinin ise 10000 MW civarında olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye’nin teknik potansiyeli 83 GW, üretim potansiyeli ise 166 TWh/yıl’dır (DEKTM, 2002).

Belli bir debi yüksekliği kazandırılan su sahip olduğu potansiyel enerji, kurulan cebri boru sistemleriyle hareket enerjisine Jeneratör sistemli makineler aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Bu enerjiye hidroelektrik, kurulan sisteme de Hidroelektrik

santrali denir. Hidroelektrik enerji sistemlerinde üretilen enerjinin gücü suyun ne kadar mesafeden akıntı oluşturması ile doğru orantılıdır.

## 2.9. Hidroelektrik Santralin Çalışma Sistemi

Bu santraller enerji üretmek için su akış gücünü kullanır. Belli bir yönde akış yapan su kurulun barajlar sayesinde biriktirilir. Biriktirilen bu sular barajların en önemli kısmı olan set duvarlar tarafından tutulmaya devam eder. Hidroelektrik santrallerinde (Şekil 2.4) sistem çalışmaya başlayıp enerji üretimine hazır olduğunda set duvarla jeneratörün olduğu kısımla bağlantılı cebri borular yardımıyla su harekete başlar. Türbinler, suyun çarpmasıyla hareket eder. Bu dönme hareketiyle bir manyetik alan oluşur ve elektrik enerjisi üretilmiş olur. Üretilen bu enerji yardımcı elemanlar ve şalt sistemi yardımıyla iletim hattına yüklenir.



Hidroelektrik Enerji Üretimi Akım Şeması

Şekil 2.4. Hidroelektrik enerji üretimi akım şeması

## 2.10. Hidroelektrik Santrallerin Avantajları Ve Dezavantajları

### 2.10.1. Avantajları

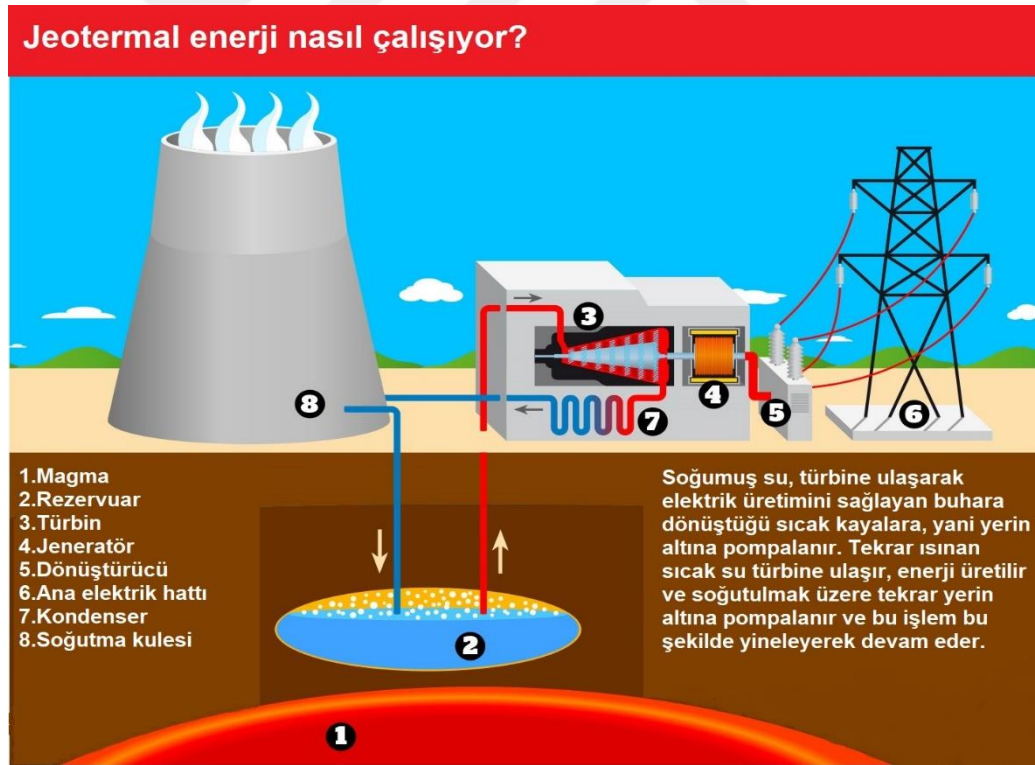
- ❖ Suyu kontrol altına aldığımız her yere kurulabilir.
- ❖ Doğaya saldığı atık yine kendisidir yani sudur.
- ❖ Yağmur ve karın sebep olacağı taşkınlıkları engeller.
- ❖ Enerji konusunda bağımsızlığı oluşturur.
- ❖ Yerli kaynak olarak ülkeye ekonomik avantaj sağlar.
- ❖ Santrallerin uzun ömürleri vardır.

## 2.10.2. Dezavantajları

- ❖ İnşaat alanı geniş olduğu için etrafına zararı çok olur.
- ❖ Bulunduğu bölgenin iklim değişikliğine sebep olur.
- ❖ Santrallerin kurulduğu yerde kara canlıları hayatlarına devam edemez.
- ❖ Santralin kurulduğu kısımlar tarım yapılamaz hale gelir.

## 2.11. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yer kabuğunun alt kısımlarında magmaya yakın olan kısımda oluşan sıcak su kaynaklarından meydana gelmektedir. Kurulacak olan sistemle enerji üretilerek bulunduğu bölge ve ülkeye fayda sağlayacaktır. Sıcak su ile oluşan buharlar gerekli işlemlerden geçerek kızgın buhar haline dönüşür. Oluşan bu buharlar türbini hareket ettirir. Bu hareket sırasında jeneratörde bir manyetik alan oluşur ve elektrik enerjisi üretilmiş olur.



Şekil 2.5. Jeotermal enerji çalışma şeması (URL 6)

Jeotermal enerjinin kullanım alanı olarak elektrik üretiminde, ısı üretiminde ve turizm amaçlı termal ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Elektrik olarak buhar yardımıyla enerji üretimi yapılır. Isı üretimi olarak toprağın alt kısmından çıkarılan sıcak suyu kurulan

sistemler aracılığıyla bölgenin ısınma ve sıcak su ihtiyacını karşılamak için kullanılır. Termal ısı kaynağı amaçlı kullanılan bu enerji çeşidi bazı hastalıkların tedavilerinde de kullanılmaktadır.

Türkiye jeotermal enerji bulundurma bakımından Avrupa'daki ülkelerin başında gelir. Ama buna nazaran kurulu güç açısından ise Dünya'nın 4. Ülkesi olarak yer alır. Bu enerjiden elektrik üretimini yapan ülkelerin bazıları sırasıyla ABD, Endonezya, Filipinler, Türkiye ve Yeni Zelanda'dır.

## **2.12. Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyeli**

Jeotermal enerji, yenilenebilir, temiz, çevre dostu olan bir yeraltı kaynağıdır. Ülkemiz jeolojik ve coğrafik konumu itibarı ile aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer aldığı için jeotermal açıdan dünya ülkeleri arasında zengin bir konumdadır. Ülkemizin her tarafında yayılmış yaklaşık 1.000 adet doğal çıkış şeklinde değişik sıcaklıklarda jeotermal kaynaklar mevcuttur.

Ülkemizin jeotermal potansiyeli oldukça yüksek olup potansiyel oluşturan alanların %78'i Batı Anadolu'da, %9'u İç Anadolu'da, %7'si Marmara Bölgesi'nde, %5'i Doğu Anadolu'da ve %1'i diğer bölgelerde yer almaktadır. Jeotermal kaynaklarımızın %90'ı düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan uygulamalar (ısıtma, termal turizm, çeşitli endüstriyel uygulamalar vb.) için, %10'u ise dolaylı uygulamalar (elektrik enerjisi üretimi) için uygundur. Jeotermal enerji uygulamalarında ilk elektrik üretimi 1975 yılında 0,5 MWe güce sahip Kızıldere Santrali ile başlatılmıştır (URL 21).

## TÜRKİYE JEOTERMAL KAYNAKLAR DAĞILIMI VE UYGULAMA HARİTASI



Şekil 2.6. Türkiye'deki jeotermal kaynaklarının dağılımı (URL 7)

### 2.13. Enerji Kullanımı ve Çevre İlişkisi

Çevre: İnsanlar ve diğer canlıların yaşamları boyunca ilişkilerini devam ettirdikleri, etkileşim içinde buldukları ortamlardır. Dünya nüfusunun gelecekteki yıllarda mevcut sayının iki üç katına çıkması öngörülmektedir. Bu artış beraberinde birçok sıkıntıları ve ihtiyacı da beraberinde getirecektir. Yaşam alanları kısıtlanacak, çevreye ve doğaya verilen zarar artacak, enerji ihtiyaçları ortaya çıkacaktır. Bu etkilerin yanında araçlardan, fabrikalardan, fosil yakıtlı santrallerden çıkacak olan CO<sub>2</sub> emisyonları küresel ısınmalara, asit yağmurlarına sebep olacaktır. Enerji üretimi yapılırken veya tüketilirken kullanılan sistemler ve alınan önlemler verilen zararın ne derecede olacağını belirler.

### 2.14. Çevreyi Etkileyen Faktörler

Nüfus artışı beraberinde birçok ihtiyacı da getirmektedir. Büyük kentleşme oranı artan ülkelerde, enerji, fabrika, temiz hava ve su gibi ana maddelere istek artmaktadır. Tüm bunların artması beraberinde hava, toprak ve suyun kirlenmesine yol açmaktadır. Birçok doğa olaylarının önünü açmakla kalmayıp bunlara neden olarak insanlara ve çevreye maddi ve manevi zararlar oluşturmaktadır.

### **2.15. Hava Kirliliği ve Etkileri**

Atmosferde bulunan Azot (%78), Oksijen (%21) ve %1 lik oranla bulunan diğer elementler yeryüzünün temelini oluşturmaktadır. Üretim ve tüketim sonucunda doğaya salınan emisyonlar, havanın genel yapısını bozarak yeryüzündeki etken maddelerin yüzdelerik miktarlarını değiştirmektedir. Bu etken maddelerin değişimleri ve havanın kirlenmesi, sıcaklığın artması, sera gazı etkisinin artmasına neden olarak canlılar aleminin doğal ortamlarının bozulmasına neden olmaktadır

### **2.16. Enerji Ve Sürdürülebilir Gelişme**

Enerji hayatımızın her alanında yer almaktadır. İnsanın kendisini idare etmesinde, üretim yapmasında enerjinin çok büyük önemi vardır. Bu nedenle enerjiyi anlık olarak gereksinim karşılamak için değil, gelecek yıllarda yaşayacak kuşakları da düşünerek kullanmalıyız. Enerjiyi kullanırken veya üretim yaparken doğanın özelliğini kaybetmemesi için özen göstermeliyiz. Kurulan sistemler standartlara uygun yerlere ve uygun projelere göre yapıldığı zaman hem üretim gücü sürekli olur hem de doğaya zarar verilmemiş olur. Yeni düzen anlayışında planlar anlık olarak yaşam sürdürmek için değil yüz yıllar sonra yaşayacak canlı alemini düşünerek yapılmaktadır. Gelişen teknoloji ile üretim tüketim verileri hazırlanıp dengeli bir şekilde hayat sürdürmeyi, gelecek nesillere daha güzel bir Dünya bırakmak ve bu sürekliliği devam ettirmek gerekmektedir. Bu nedenle tüm birincil enerji kaynaklarından yapılan enerji üretiminin yüksek verimle ve temiz teknolojilerle gerçekleştirilmesini, fosil yakıtların çevre dostu yeni teknolojilerle değerlendirilmesini, fosil kaynakların yerine olabildiğince tükenmez (yenilenebilir) enerji kaynaklarının yerleştirilmesini, bir çevrimde atık biçimde ortaya çıkan enerjinin bir başka çevrimde girdi olarak kullanılmasını kapsayan ve bunu ekonomik büyüme ile bütünleştiren bir kavram olarak tanımlanmaktadır (Mazlum, 1999).

### **2.17. Sürdürülebilir Gelişmeyi Etkileyen Parametreler**

Sürdürülebilir kalkınmanın temel parametrelerini aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür: Nüfus artışı, eğitim, ekonomi, toplumun duyarlılığı ve tüketilen enerji miktarı ve çeşitliliği, yenilebilir enerji kaynaklarının kullanılabilirliği, geri kazanımların uygulanabilirliği, çevreyi kirleten emisyonların etkinliği, enerji

verimliliği, kaynak kullanımında tasarruf olanakları ve kaynakların planlı olarak kullanılmasıdır.

## **2.18. Çevre ve Sürdürülebilir Gelişme**

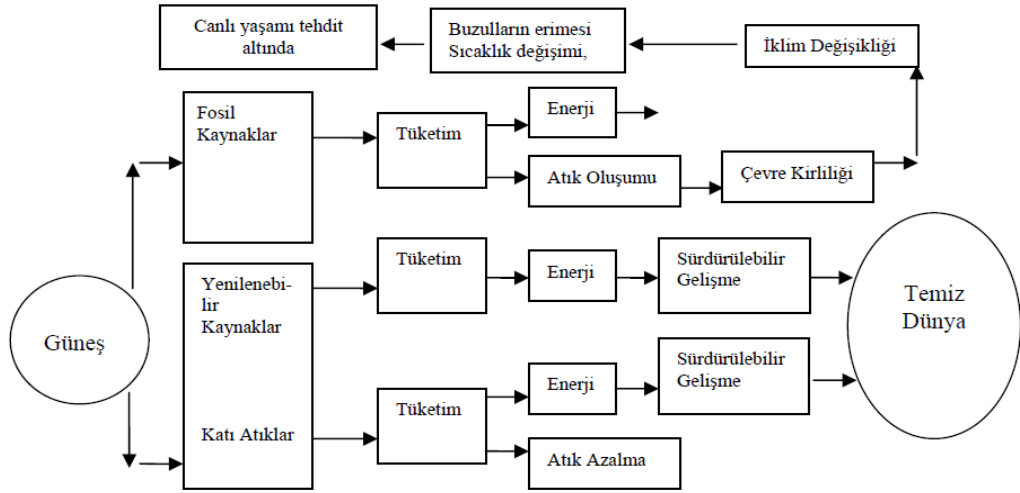
Çevre problemleri, sürdürülebilir gelişmede önemli bir faktördür. Gittikçe artan çevre problemleri, sağlık ve diğer problemleri meydana getirmektedir. Bir toplumda çevresel emisyon problemleri yok ise, o toplumda sürdürülebilir enerji kaynak kullanımı en üst seviyededir. Ancak, tüm enerji kaynakları bazı çevresel problemlere yol açmaktadır. Kirlilik emisyonlarının olumsuz etkileri, enerji verimliliğini arttırarak en aza indirgenebilmektedir. Çevre etkileri ile enerji verimliliği arasında güçlü bir ilişki olduğu açıkça görülmektedir. Enerji verimliliğinin artmasıyla, aynı üretim miktarı için daha az enerji kaynağı ve kirlilik oluştuğu belirlenmiştir. Enerji verimliliğindeki artış enerji kayıplarının azalmasına neden olur. Bu artışın, çevreye iki türlü faydası vardır. Birincisi, birim ünite başına enerji çıktısı ile işletme için ünite başına enerji girdisi azaltılarak kirlilik üretimi düşürülür. İkincisi, yaşam döngüsünü içinde barındıran enerji kaynakları ve teknolojiler, yaşam döngüsünün en önemli aşamalarında çevresel etkileri azaltan gelişmiş verimlilik sunar (Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Tematik Paneli, 2003).

## **2.19. Enerji – Çevre ve Sürdürülebilir Gelişme Arasındaki İlişki**

İnsanlar ve diğer tüm canlı aleminin gereksinimleri ve istekleri için gerekli olan kaynaklar doğada bulunmaktadır. Bu kaynaklar gerek görünür şekilde gerekse keşfedilmeyi beklemektedir. Canlılar doğuduktan hemen sonra doğa ile yaşam mücadelesine başlamaktadır. Bu mücadele içerisinde doğa ile arasında bir alışveriş görülmektedir. Yaşamın devam etmesi için en önemli unsur enerjidir. Enerji, bir iş yapma yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Güneşin varlığı altında enerji çeşitlenmektedir. Fosil kaynaklar ve yenilenebilir enerji olarak iki ana kalemde inleyeceğimiz enerji çeşidi vardır. Sürdürülebilir bir enerji oluşturmak ve gelecek kuşaklara daha temiz bir doğa bırakmak için bu kaynakları düzenli ve yer yüzeyinin yararına yapmak gerekir. Fosil kaynaklarından üretilen enerjiden sonra atık oluşumu vardır. Bu atıklar da çevre kirliliğine yol açmaktadır. Bu kirlilik bir sirkülasyon halinde devam ederek iklim değişikliğine sebep olarak canlıların doğal yaşam alanlarına zarar vermektedir. Bir ortama bağışıklık sağlayan canlı o bölgeyi terk etmek zorunda kaldığı

zaman sadece kendisinin değil diğer tüm canlıları da etkilemektedir. Daha temiz ve güvenilir bir enerji kaynağı olarak yenilenebilir enerjiye yönelmek tüm bunların önüne geçmek uzun süreli olarak mümkündür. Yenilenebilir enerji kullanımında üretim sonunda herhangi bir atık oluşumu doğaya aktarılmamaktadır. Gelecek nesiller için daha temiz ve sürdürülebilir bir yaşam alanı oluşturmak bu enerjiyle sağlanabilir. Verimsiz ve kullanıma kapalı olan arazileri yenilenebilir enerjiyle donatarak verimli hale getirmek mümkündür. Fosil yakıtlardan üretim yapmak için kullanılan yerler, yenilenebilir enerjiyle toprak anaya bırakılabilir. Daha temiz bir Dünya, daha güzel gelecek ve nesiller demektir.

Enerji kaynaklarının etkilerini gösteren özet şekil aşağıda sunulmuştur (Şekil 2.7).

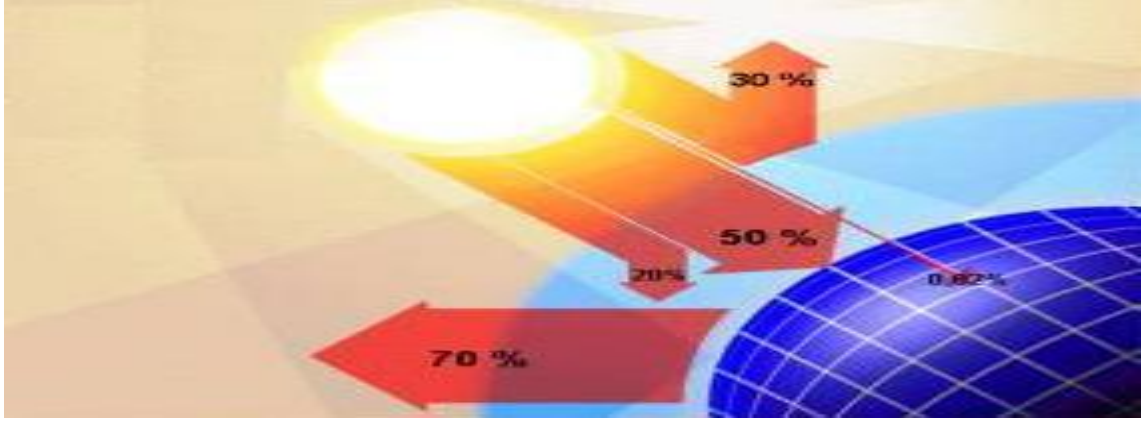


Şekil 2.7. Enerji Kaynaklarının Dünya Üzerindeki Etkileri

## 2.20. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, içerisindeki gerçekleşen tepkimeler sonucunda açığa çıkan enerji kaynağıdır. Güneş'te bulunan enerji Dünya'da kullanılan enerjinin (1 yıllık) yaklaşık yirmi bin katıdır. Güneş diğer tüm enerji kaynaklarının oluşmasına da vesile olmaktadır. Bu enerjiden yararlanmak için çalışmalar 1970 ve sonrasında dayanır. Gelişen teknolojinin etkisiyle son yıllarda daha çok kullanılmaya başlanmıştır. Isıtma ve elektrik üretiminde kullanılmasıyla insanlığa birçok faydalar sağlamaktadır. Bu alandaki çalışmalar sayesinde hem daha çok verim elde edilmiştir hem de maliyetler daha da düşmüştür. Güneşten gelen ışınımın bir kısmı absorbe edilir, bir kısmı da tekrar yansır. Aşağıdaki şekilde bu oranlar gösterilmiştir (Şekil 2.8).





Şekil 2.8. Güneşten gelen ışınımın dağılımı (URL 8)

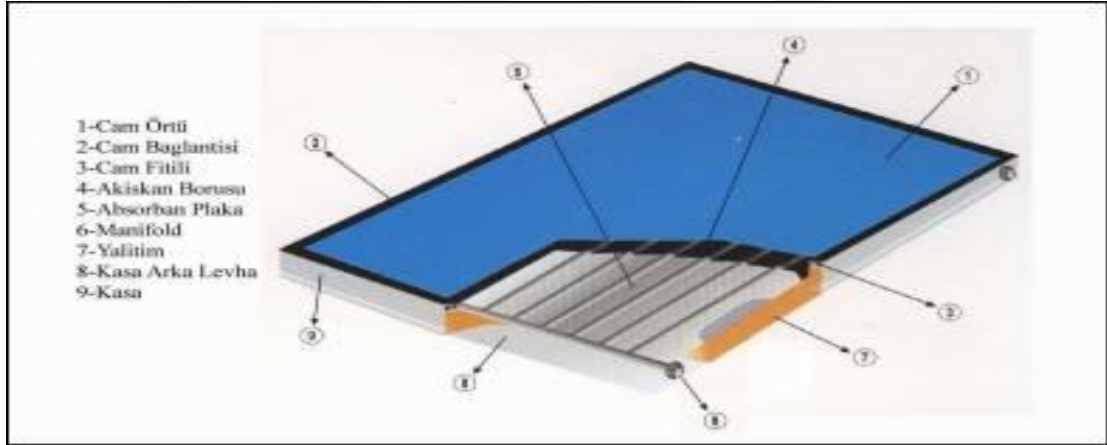


## BÖLÜM 3

### GÜNEŞ ENERJİ TEKNOLOJİLERİ VE UYGULANMASI

#### 3.1. Düşük Sıcaklık Sistemleri

Uygulamalarda kolay kurulumu ve maliyet olarak uygunluğu nedeniyle en çok tercih edilen ve kullanılan kolektörlerdir. Bu kolektörler, güneşten gelen ısıyla kullanım amacına göre içerisindeki sıvıya aktaran sistemlerdir. Genel yapısıyla evlerde sıcak su ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Sıvının ulaştığı sıcaklık 70 °C civarındadır. Düzlemsel güneş kolektörleri (Şekil 3.1), camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban plaka arasında yeterince boşluk, metal veya plastik absorban plaka, kasayı kapsayan yalıtım malzemelerden oluşmaktadır.



Şekil 3.1. Düzlemsel güneş kolektörü (URL 9)

Üst örtü, kolektörün güneşten gelen ısı kayıplarını en aza indiren ve ışınların geçişini engellemeyen bir maddeden olmalıdır. Cam, güneş ışınlarını geçirmesi ve ayrıca absorban plakadan yayınlanan uzun dalga boylu ışınları geri yansıtması nedeni ile örtü maddesi olarak son derece uygun bir maddedir. Soğurucu plaka kolektörün en önemli bölümüdür. Güneş ışınları, soğurucu plaka tarafından çekilerek ısıya dönüştürülür ve sistem içerisindeki sıvıya aktarılır. Soğurucu plaka sistemde üst bölümde ve alt bölümde olmak üzere iki adettir. İçerisinde sistemin diğer elemanları yer alır. Kasa olarak alüminyum, paslanmaz çelik, galvanize çelik plastik gibi

malzemeler kullanılmaktadır. Gövde tasarımı kullanılan malzemeye göre Őekillenir. Bu sistemin en önemli kısmı sızdırmazlığın hiç olmayacak Şekilde dizayn edilmesidir. Yapımında kullanılan malzemelerin ısı genleŐmeleri dikkate alınarak boyutlanmalıdır.

### **3.2. Güneş Kolektörlü Sıcak Su Sistemleri**

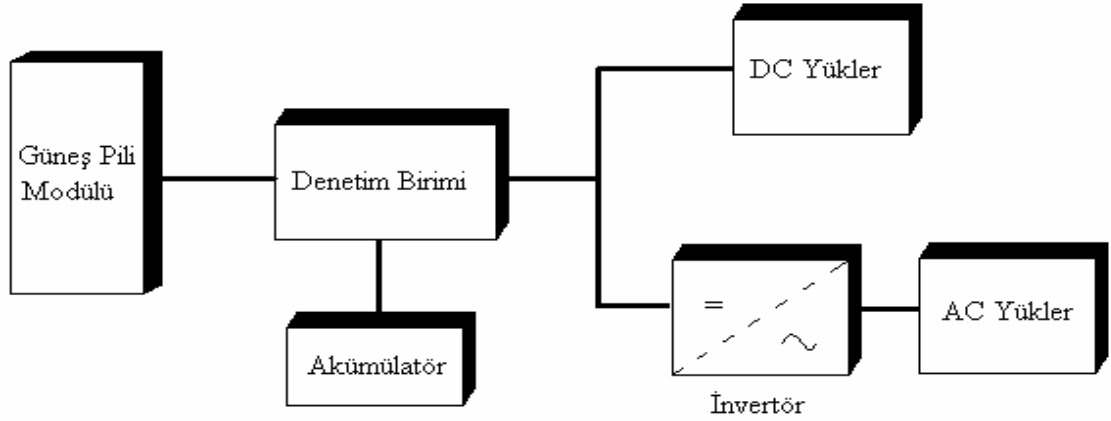
Bu kolektörler, güneşin gelen ısıyı toplayan düzlemsel kolektörler, ısınan sıvının aktarıldığı depo ve bağlantı aŐamalarını devam ettiren yalıtımlı borular, pompa ve yardımcı malzemeler gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır. Güneş kolektörlü sistemler doğal dolaŐımlı ve pompalı dolaŐımlı olmak üzere çeŐitlenir. Doğal ve pompalı dolaŐımlı kolektörler, açık veya kapalı sistem olarak dizayn edilebilirler.

### **3.3. Güneş pili sistemi**

Güneş pilleri, güneşten gelen ışınları elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. Bu pillerin farklı alanlarda kullanmak amaçlı g artırımı yapmak için seri ya da paralel bağlantı yapılmaktadır. Güç kaynağı Güneş, pillerin yapısına göre yüzdelik olarak 5 ile 20'lik bir verimle elektrik enerjisine dönüŐtürebilir. Güneş pilleri fotovoltaiik ilkeye dayalı olarak çalıŐırlar, içerisindeki yapı gereği güneş ışınları yüzeyine temas edince elektriksel bir gerilim oluŐarak üretim yapılır. Pillerin evreye çok az zararı vardır. Elektrik retimi dışında güneş panelleri yüzeyleri sıcaklığı çektiği için çevresini de ısıtarak fayda sağlar. Güneş pilleri, elektrik ihtiyacının olduğu her yerde kullanmaya uygundur.

Güneş modülleri uygulandığı projeye göre, akülü sistem, invertör sistemli, kontrol cihazları devre elemanları ile güneş pili sistemini (Şekil 3.2) meydana getirirler. Sistem byklğine göre tercih edilen paneller, sistemin enerji kaynağını oluşturur. Kendi z tüketimi için kurulan bu sistemlerde güneş enerjisinin yetersiz olduğu günlerde ve güneş battıktan sonra kullanımı sağlamak için ak sisteminden yararlanılır. Güneşin doėuŐuyla baŐlayan üretim, devam ettikçe enerjiyi akülerde depo edilmek üzere aktarılır. Bu aşamada akülerin zarar görmemesi için Şarj kontrol cihazları gibi sistematik olarak koruma yapılmaktadır. Diğer kullanım alanı olan Şebeke uyumlu projelerde ise sisteme bir invertör eklenir. Bu invertörler sistemden gelen DC enerjiyi AC enerjiye 220 V, 50 Hz.'lik sinüs dalgasına dönüştürür. Akülü

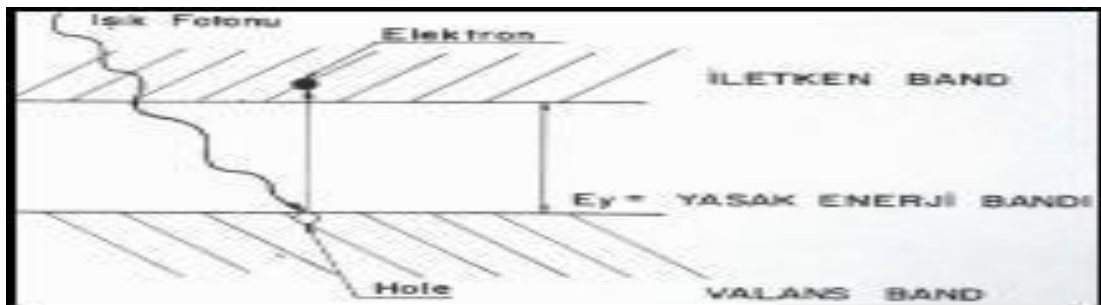
sistemdeki gibi bu sistemde de devre kontrol cihazları ve yardımcı sistemler kullanılabilir. Aşağıdaki şekilde sistem işleyişini görmek mümkündür.



Şekil 3.2. Şebekeden bağımsız güneş pili enerji sistemi (URL 10)

### 3.4. Güneş pilinin yapısı ve çalışması

Güneş pilinin hammaddesi silisyumdur. Yarı iletken maddelerin elektron ihtiyacını kapatmak için yapılan elektron alışverişi sırasında oluşan manyetik alan sayesinde elektrik üretimi yapılır. Güneş pilinin (Şekil 3.3) hammaddesi olarak kullanılan silisyumdan n tipini elde etmek için farklı bir element grubundan fosfor ilavesi yapılır. Silisyum 4 elektronlu, fosfor 5 elektronlu bir elementtir. Fosfor dış yörüngesindeki elektron fazlalığını geçirgenler sayesinde silisyuma aktarırken verici konumunda elektrik alan oluşur ve elektrik üretimi aşaması gerçekleşir. Silisyumu p tipi olarak elde etmek için, Silisyumdan daha az elektron bulunduran bir element eklenir. Örneğin 3. gruptan bir element olan bor maddesini ele alalım. N tipi elde ederken elektron fazlalığı varken P tipi elde ederken elektron eksikliğinden yararlanır. Bu durumda alıcı olarak elektrik alanı oluşturur ve elektrik üretimi gerçekleşir.



Şekil 3.3. Güneş pili yapısı (URL 11)

Yarı iletkenler, bir yasak enerji aralığı tarafından ayrılan iki enerji bandından oluşur. Bu bantlar valans bandı ve iletkenlik bandı adını alırlar. Bu yasak enerji aralığına eşit veya daha büyük enerjili bir. foton, yarıiletken tarafından soğurulduğu zaman, enerjisini valans banttaki bir elektrona vererek, elektronun iletkenlik bandına çıkmasını sağlar.

### 3.5. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi

Dünyamızın en büyük enerjisi Güneştir. Canlılar genel ihtiyaçlarını güneş sayesinde karşılamaktadır. Canlılar alemi bu enerjiyi hem kendi vücut sağlıkları açısından hem de yaşam sürdürmek için gerekli olan ihtiyaçları karşılamak için kullanırlar. Güneş sayesinde gerçekleşen doğa olayları sayesinde tüm enerji kaynakları meydana gelmektedir. Fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerji kaynakları gibi. Toprağın yüzlerce metre altında basınç farkıyla meydana gelen fosil enerji kaynakları insanoğlu yararına hem ulaşımda hem de enerji üretiminde kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının temelini oluşturan Güneş, rüzgar, jeotermal ve güneş panelleri aracılığıyla elektrik üretimi sağlamaktadır. Kurulum dışında herhangi bir mekanizmaya gerek kalmadan kullanılabilir bir enerjidir. Yenilenebilir enerjinin çevreye verdiği zarar fosil kaynaklarıyla kıyaslandığı zaman yok denecek kadar azdır.

### 3.6. Panel Teknolojileri

#### 3.6.1. Kristal Paneller

Projelerde en çok kullanılan panellerdir. Uzun ömürleri kullanım açısından büyük önem arz etmektedir. Mono ve Poli kristal olmak üzere iki grupta incelenebilir.

**Monokristal:** Verimlilik yönünden yüksek olan bir panel türüdür. Diğer panellere göre daha az alan kaplamaktadır. Üretim aşaması teknolojik sebeplerden dolayı daha uzun sürmektedir. Ama yine de uzun ömürlü ve daha verimli olması amacıyla projelerde tercih edilmektedir. Monokristal panele bir görsel aşağıdaki şekilde sunulmuştur (Şekil 3.4).

**Polikristal:** Kalite ve verimlilik açısından monokristal panellere göre daha azdır. Ama verim düşüklüğüne rağmen kullanımı yaygındır. Hem üretimi daha çabuk olmaktadır hem de uygun maliyetle piyasaya sunulması kullanımını arttırmaktadır. Polikristal panele bir görsel aşağıdaki şekilde sunulmuştur (Şekil 3.4).



**Şekil 3.4.** Monokristal (solda) ve Polikristal (sağda) panel çeşitleri

### **3.6.2. İnce Film Panel**

Çerçevesiz bir panel çeşidi olarak karşımıza çıkmaktadır. Çerçevesiz olması nedeniyle güneşten gelen ışınları tutma oranı diğer panellere göre daha yüksektir. Ama ürettiği enerji bakımından ve verim düşüklüğünden dolayı projelerde sık kullanılmamaktadır. İnce film fotovoltaik malzeme genellikle çok kristalli malzemelerdir. İnce film panellerin verimlilik oranları yüzdeler olarak 5-15 arasında değişmektedir.

### **3.6.3. Esnek Panel**

Etrafında hiç çerçeve bulunmayan ve esnek olarak imal edilen bir panel türüdür (Şekil 3.5). Çatı sistemlerinde kullanılmaktadır. Kolay taşınabilirliği ve konstrüksiyon malzeme gereksinimi olmadığı için tercih edilmektedir. Verim olarak diğer panellere göre daha düşüktür. Diğer tercih edilme sebeplerinden birisi de çatıya uygulanmasından dolayı hem çatıyı güçlendirilmesi hem de sızdırmazlığı sağlamasıdır.



**Şekil 3.5.** Esnek panel şeması

### **3.7. Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi Elemanları**

Güneş enerji sistemlerinden elektrik üretimi yapmak için diğer tüm sistemlerde olduğu gibi yardımcı elemanlar bulunmaktadır. DC olarak üretilen enerji AC olarak kullanımını sağlayan bu sistemler hayatımızda önemli yer kaplamaktadır.

#### **3.7.1. Güneş panelleri**

Güneş panelleri (Şekil 3.6), Güneşten gelen ışını direk olarak elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Elektrik DC olarak üreterek kullanım yerine göre inverter veya kontrol cihazlarına aktarır.



**Şekil 3.6.** Güneş paneli



### 3.7.2. Şarj Regülatörleri

Güneş panelinden üretilen enerjinin oluşturduğu gerilimi, sistem için uygun olan gerilim değerine düşüren sistem elemanıdır (Şekil 3.7). Genellikle akülü (offgrid) sistemlerde kullanılan bir alettir. PWM Şarj Regülatörleri, MPPT Şarj Regülatörleri diye iki grupta ayrılırlar.



Şekil 3.7. Regülatör Çeşitleri

### 3.7.2. Eviriciler (İnverter)

Güneş panelinden DC olarak üretilen enerjinin AC enerjiye çevrilmesini sağlayan sistem elemanıdır. Kurulan sistemlerin en önemli üretim aracıdır. On-Grid ve Off-Grid olarak çeşitlenmektedir.

- **On-Grid İnverter:** Şebeke içi olarak da adlandırılan bu inverterler panellerden gelen DC akımı Alternatif akıma çevirir. Kurulacak olan sistemler şebeke bağlantılı olup satış yapacak ise On-Grid inverter (Şekil 3.8) kullanmadır.





- **Off-Grid İverter:** Bu sistemlerde işlem panel aracılığıyla üretilen enerji direk olarak akülere depo etmek için aktarılır. Akülerden DC olarak çıkan enerjiyi AC enerjiye dönüştürüp sisteme aktarmak için Off-Grid inverterler (Şekil 3.8) kullanılır.



Şekil 3.8. On-grid ve off-grid inverter çeşitleri

### 3.8. On-Grid Sistemler

Yenilenebilir enerji kullanımında ileri düzeyde olan ülkelerde kullanılan bu sistemlerde, sistem içerisine kurulan sayaçlarla hem kendi enerji ihtiyacını karşılayıp hem de üretilen enerjiyi satış yapılabilen çift yönlü projelerdir. Bu sistemler akü kullanımına gerek kalmadan direk olarak şebeke bağlantısı aracılığıyla çalışmaktadır. Çift yönlü sistem olarak, ihtiyaç fazlası enerjiyi şebekeye satıp, enerji ihtiyacı olduğu zaman ise şebekeden alım işlemi gerçekleştirilmektedir. Yüksek bedellerle karşılanan akülere ihtiyaç olmadığı için hem maliyeti azaltmaktadır hem de bakım işlemlerini ortadan büyük derecede azaltmaktadır.

### 3.9. Güneş Enerjisi Saha Uygulamaları

Güneş enerjisi, son yıllarda ülkemizde yatırım yapılan en büyük enerji kaynağı haline gelmiştir. Yenilenebilir, sonsuz enerji kaynağı olması ve kolay uygulanabilirliği sebebiyle tercih edilmektedir. Enerji santrali kurulumu yapılırken kullanılan malzemeler ülke sınırları içerisinde üretildiği için hem enerji üretimi hem de malzeme tedarik konusunda dışa bağımlılığımızı azaltmaktadır. İlerleyen yıllarda teknolojinin gelişimiyle kullanılan malzemelerin verimleri daha da üst seviyelere çıkartılarak ülke enerjisine büyük katkılar sağlayacaktır. Bu tür Yenilenebilir enerji uygulamalarına öncelik vererek daha temiz bir Dünya'da hayat sürmeyi ve gelecek nesillere bırakmak herkesin isteyeceği ve hakkı olan bir durumdur.

Her konuda olduğu gibi bu tarz enerji santrallerinde de daha önceden yapmamız gereken bazı incelemeler olacaktır. İncelemeler konusunda hem yatırımcılara yönelik hem de resmi kurumlara yönelik bazı görevler düşmektedir. Kanunlar çerçevesinde her iki tarafı da düşünmek ve yapılan çalışmaları kontrol etmek gerekir.

Yapılacak olan santralleri hayata geçirmek için resmi adımların yanı sıra malzeme tedarik konusunda da çalışmalar sıkı bir yönetimle eksiksiz bir biçimde yapılmalıdır. Birçok resmi kurumun ortaklığında yürütölen enerji projeleri bu anlamda önemini bir kez daha ortaya koymaktadır.

### **3.10. Güneş Enerji Santralleri Kurulumunda İzlenecek Yollar**

#### **Resmi Kurum İşlemleri**

Bu alanda yapılan işlemler elektrik piyasasında lisanssız elektrik üretim yönetmeliğinde yer almaktadır. Bunlar:

Çağrı mektubunu almış kişilerin veya şirketlerin kuracağı santrallerden, o bölgedeki halkın kendilerine en yakın elektrik santrallerden elektrik ihtiyaçlarını karşılamak için veya ülke ekonomisine temiz ve sürekli olan yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak katkıda bulunmaktır. Bu tür başvurularda her bölgenin elektrik idare müdürlüğüne büyük görev düşmektedir. Bölgesel olarak yapılan çalışmalarda belirlenen trafo kapasitesine göre başvurular alınmaktadır. Bu başvurular daha önceden belirlenen elektrik bağlantıları ve kurulumları yasalarına göre incelenerek bölge şartları da göz önünde bulundurularak değerlendirilmektedir. Kurulacak yerin uygunluğu, bağlantı yapılacak trafonun kapasitesi, başvuru yapan kişilerin veya şirketlerin gerekli başvuru şartlarına (Şekil 3.9) uygunluğu özenle incelenmektedir. Bu incelemeler sonucunda uygun görüldüğü vakit çağrı mektubu verilmektedir. Çağrı mektubu aldıktan sonra işlemler devam etmektedir. Bölgenin elektrik kurumu, santralin her detayını içeren projeleri inceler ve uygun görüldüğü vakit santral kurulumu yapmaya uygun hale gelecektir. Santral kurulumundan sonra OG (xlpe) kabloları, mod binasının ve Enerji Nakil Hattının kontrolünü kendi bünyesine aldığı için proje detaylarına dikkat edilmektedir. Kurum şartnamesine göre kazı detayları, bağlantı noktaları ve kullanılan malzemelerin projeye uygunluğu hassaslıkla kontrolü sağlanmaktadır. Tüm bu şartlar sağlandıktan sonra kurulumu tamamlanan santralde bölgenin elektrik kurumu tarafından görevlendirilen görevliler tarafından proje

detayına göre incelemeler yapılır, uygunluğu test edilir ve geçici kabulü yapılır. Geçici kabul esnasında santral için eksik olarak görülen kısımlar taraflarca tutanağa alınır ve tamamlanması için süre verilir. Kurulan sistemin eksiklerini tamamlamak ve test aşamasını gerçekleştirmek için kontrol öncesinde tamamlanan iletim hattı bağlantısından enerji alınır. Üretim tesisinin devreye alınarak hem eksiklikleri giderilir hem de sistemin hatasız bir şekilde çalıştığı tespit edilir. Taraflarca yapılan anlaşma gereği elektrik satış işlemi başlamış olur. (ETKB, 2019)



Şekil 3.9. Başvuru süreci şeması

Yukarıda bahsedilen kanunların nelerden bahsedeceğini işlem sırasına göre özetleyecek olursak;

### 3.10.1 Tarla (Arazi) Seçimi

Santral kurulumu için öncelik enerji kurulumuna uygun araziye satın almakla başlamaktadır. Tarlamızın özellikleri şu şekilde olmalıdır; aşırı veya çok fazla verimli arazi olmamalıdır, sulu tarım için uygun olmamalıdır ve üzerinde ekili veya dikili herhangi bir ağaç ve arpa, buğday gibi tahılların olmaması gerekiyor. Enerji nakil hattına yakın olmasında fayda vardır.

### **3.10.2. Trafo Merkezi'ne Olan Mesafe**

Kurulacak olan santral trafo merkezine ne kadar yakın ise izin almak ve bağlantı kurmak kolaylaşacaktır. Maliyet açısından da önemli bir durum olan trafo merkezine uzaklık bu açıdan da büyük önem teşkil etmektedir.

### **3.10.3. İl Tarım Müdürlüğü**

Satın alınan tarlanın enerji santrali kurmak için uygun olup olmadığını arazinin bağlı olduğu İl tarım müdürlüğü kurumu tarafından tespit edilecektir. Bu inceleme sonucunda arazinin verim derecesi tespit edilir ve sonuç olarak lisanssız elektrik üretimi için uygun görüldüyse “Marjinal Tarım Arazisidir.” Yazısı ile tarafınıza bildirilecektir. Bu şekilde enerji üretimi için uygun hale gelecektir.

### **3.10.4. ÇED Raporu Muafiyeti**

Bu tür kurulan santrallerin çevre ile uyumunu tespit eden bir çalışmadır. Ancak Lisanssız elektrik üretimi için bu rapor isteği kaldırılmıştır.

### **3.10.5. Enerji Dağıtım Şirketine Başvuru**

İl Tarım Müdürlüğü’nden alınan “Marjinal Tarım Arazisidir” yazısından sonra bölgenin enerji dağıtım şirketine başvuru yapılarak santral kurmak istediğinizi belirten dilekçe ile başvuru yapılır. Trafo Merkezinde Lisanssız Enerji üretimi yapmak için enerji boşluğu var ise başvurunuz onaylanacaktır.

### **3.10.6. TEDAŞ ve Belediye Süreçleri**

Arazi ile alakalı tüm işlemleri tamamlayıp çağrı mektubunu aldıktan sonra Elektrik kurumunun belirlemiş olduğu standartlarda Elektrik projesi çizilmelidir. Bu konuda deneyimli bir mühendis yardımıyla çizilip, onaylamaya sunulmalıdır. Proje onay aldıktan sonraki süreçte arazinin bağlı olduğu belediyeden imar izni almak gerekmektedir.

### **3.10.7. Başvuru Sonuçları**

Lisanssız Enerji üretimi için yapılan tüm başvurular sonucunda proje olarak uygunluğu ve kuruluma başlanması için hiçbir neden olmadığı tespit edilme

aşamasıdır. Bu aşamadan sonra yasal olarak 2 yıl kurulum süresi verilmektedir. Bu süre zarfında kurulumuna başlanmayan projeler iptal olacaktır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Değerlendirme ve kurulum sıralaması şeması

### 3.11. Yatırımcı İşlemleri

Enerji üretim santrali kurulumu için gerekli olan resmi kurum işlemlerini tamamladıktan sonra yatırımcı proje detayına göre anlaşmış olduğu özel firmalar aracılığıyla işlemleri başlatmalıdır. Anahtar teslim şeklinde anlaşmış olduğu firma tarafından gerekli çalışmalar yapılarak malzeme temini yapıp sahada çalışmalar yürütülmelidir. Bu aşamada yapılması gerekenler ve kullanılacak malzemeler şu şekilde sıralanabilir: (YEGM, 2015).

#### 3.11.1. Panel Seçimi

Proje detayına ve arazinin yapısına uygun panel seçimi yapılmalıdır. Genelde kullanılan iki tip modül çeşidi vardır, bunlar; monokristal ve polikristal silisyum hücrelerinden oluşur. Monokristal silisyum panelleri, polikristal silisyum panellerine göre verimi biraz daha yüksek, ancak fiyat olarak daha pahalıdır. Bu yüzden GES kurulumunda polikristal silisyum paneller daha çok tercih edilir. Polikristal veya Monokristal panel çeşitlerinden birisi santralin kurulu gücüne göre yeterli büyüklükte seçilmelidir. Örneğin 255 Watt, 275 Watt gibi.

#### 3.11.2. İnvörtör Seçimi

Sahada kullanılan panel sayısına göre ve bu panellerin oluşturacağı string sayısına göre invörtör seçimi yapılmalıdır. Seçilen invörtör'in kullanılan diğer malzemelerle uyumu

enerji üretimi için çok önemlidir. Voltajına uygun olmayan ve kalitesi düşük invertör seçiminde, teknik hatalar ve bozulmalar yaşanabilmektedir. İnvertör sayısı projenin büyüklüğüne ve seçilen markaya göre değişiklikler gösterecektir.

### 3.11.3. Kablo Seçimi

Güneş enerji santrallerinde DC solar kablo, AG kablo ve OG kablo çeşitleri kullanılmaktadır. Bu kabloların kesitleri ve kaliteleri inverter gibi enerji üretimi için büyük önem arz etmektedir.

**DC Solar Kablo:** Solar Kablolar (Şekil 3.11) Güneş Paneli uygulamaları için özel olarak üretilen kablolardır. Akım taşıma kapasitelerine göre kesitleri değişiklik gösterir. (4 mm, 6mm vb.)



Şekil 3.11. DC (solar) kablo şeması

**AG Kablo:** Gerilim ya da diğer adıyla voltaj bir iletkenin iki ucu arasındaki potansiyel farktır. 1 ve 1000V arası gerilim ise alçak gerilim olarak adlandırılır. Bu alanda kullanılan kablolar kısa mesafeli kullanımlar için daha uygundur. Kesit olarak kullanılan yere göre 5x35, 4x35, 5x25 vb. değişiklik göstermektedir.

**OG Kablo:** Orta gerilim şebekeleri, yüksek ve çok yüksek gerilim şebekeleri ile alçak gerilim şebekelerini birbirine bağlamak için kullanılmaktadır. Ülkemizde orta gerilim şebekelerinde 10, 15 ve 33 kV gerilimler kullanılır. XLPE (OG) (Şekil 3.12) adı verilen bu kablolar dağıtım merkezlerinde iletim üzerinde kullanılmaktadır. Elektrik direkleri üzerinde görebileceğimiz yoğun şekilde kullanılan kablolardır. Kesit olarak 3x50/16, 3x95/16 vb.



Şekil 3.12. OG (XLPE) kablo şeması

#### 3.11.4. Trafo Dağıtım Merkezi Seçimi

Sahanın kurulu gücüne uygun içerisinde Ana Toplama Panosu (ATP), Trafo, Kesicili Trafo Koruma Hücresi, Yük Ayırıcılı Akım-Gerilim Ölçü Hücresi, Yük Ayırıcılı Giriş-Çıkış Hücresi, RTU Panosu, Kompanzasyon Kontrol Modülü bulunan merkezlerdir. Güneş santralleri elektrik üretim dağıtım için çok önemli elemanlardır. Tercih edilen ürünler kalite standartlarına uygun seçilmesi ve kullanılması gerekmektedir. Aksi takdirde olası facialara neden olabilir.



Şekil 3.13. Trafo merkezi şeması

#### 3.11.5. Dağıtım Merkezi Mod Binası Seçimi

Enerji santralinin büyüklüğüne ve üretim gücüne göre seçilen ve Tedaş'ın belirlediği proje detayına göre hazırlanan binalardır. İçerisinde Kesicili gerilim trafolu giriş/çıkış otoproduktör hücresi, yük ayırıcılı giriş-çıkış hücresi (enerji sahasının büyüklüğüne göre hücre sayısı değişiklik göstermektedir.), iç ihtiyaç trafosu, redresör ve

sinyalizasyon panoları bulunur. Tüm kontrolleri yapıldıktan ve saha kabulü yapıldıktan sonra bölgenin elektrik idaresi kurumunun kontrolüne devredilmektedir.

### **3.11.6. Konstrüksiyon Malzeme Seçimi**

Güneş enerjisi tesislerinde, panel ve invertörden sonra belki de en önemli üçüncü ekipmanı konstrüksiyon yani metal taşıyıcı sistemler oluşturuyor. Geniş düzlükler üzerinde tarla şeklinde yerleştirilen güneş enerjisi panelleri, metal taşıyıcı sistemler tarafından taşınmaktadır. Bu taşıyıcı sistemler, yatırım amaçlı kurulan ve en az 25 yıl kullanım gerektiren tesisin devamlılığı açısından hayati önem arz etmektedir. Bu yüzden ki, taşıyıcı sistemlerin tasarımı ve kurulumunda yoğun dikkat sarf edilmelidir. Zemin sınıfı, özellikleri ve kimyasal içeriği ile kar, rüzgâr, deprem gibi değişken yükleme durumları, taşıyıcı yapıların tasarımında dikkate alınması gereken etkenlerdir. (Özkal, 2012)

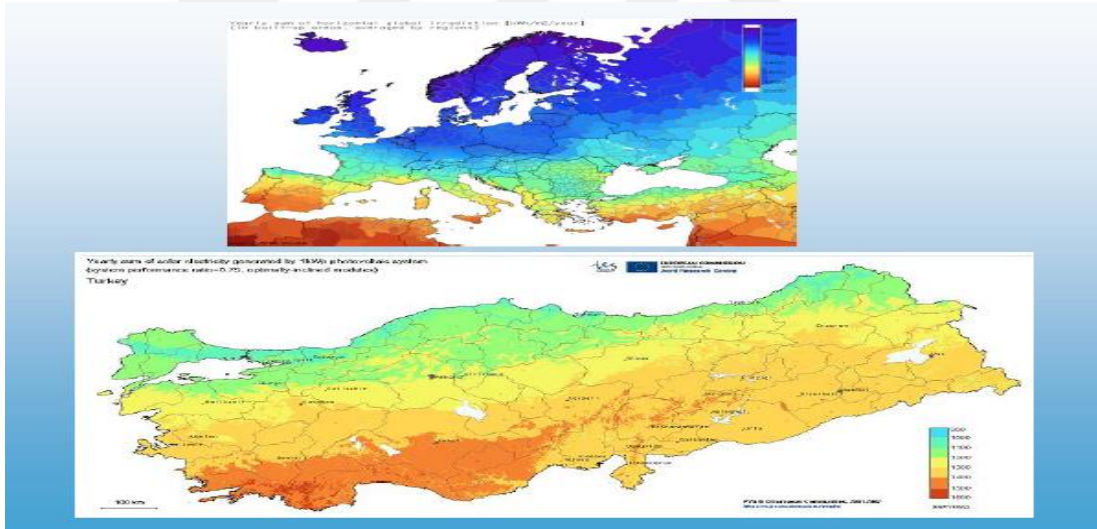


## BÖLÜM 4

### MATERYAL METOT

#### 4.1. Türkiye’deki Bölgelerin Güneş Kapasiteleri

Türkiye her konuda olduğu gibi enerji üretimi konusunda da bereketli topraklardır. Dört mevsimi yaşayan ve her bölgede farklı enerji kaynaklarının üretimini yapan çok nadir ülkelerdendir. Fosil kaynaklardan elde edilen enerji, Nükleer enerji üretimi için gerekli olan hammadde ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji yönünden zengindir. Türkiye’nin Güneş enerjisi haritası aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Türkiye’nin Güneş Enerjisi Haritası (URL 12)

Coğrafi konumundan dolayı ülkemiz Güneş enerji potansiyeli açısından diğer ülkelere göre çok öndedir. Dört mevsim yaşanan nadir ülkelerden olduğu için her mevsimin ayrıcalıklarından yararlanmaktadır. Ülkemizin, günlük ortalama 7,2 saat güneşlenme süresi vardır. Türkiye’nin diğer bölgelerine nazaran en fazla ve en çok güneş alan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi’dir. Ardından Akdeniz Bölgesi en fazla güneş alan bölgedir. Devamını Doğu Anadolu bölgesi, İç Anadolu bölgesi ve

Ege bölgesi takip etmektedir. Marmara Bölgesi bu sayılan bölgelere nazaran daha az güneş alan bölgedir. Türkiye'nin neredeyse güneş enerjisi yok denecek kadar az olan bölgesi ise; Karadeniz bölgesidir.

**Tablo 4.1.** Türkiye'nin yıllık toplam güneş enerjisi potansiyelinin bölgelere göre dağılımı (EİE, 2006, Sen, 2004).

BÖLGE	Toplam ortalama güneş enerjisi kWh/m <sup>2</sup> yıl	En çok güneş enerjisi (Haziran) kWh/m <sup>2</sup>	En az güneş enerjisi (Aralık) kWh/m <sup>2</sup>	Ortalama güneşlenme süresi saat/yıl	En çok güneşlenme süresi (Haziran) saat	En az güneşlenme süresi (Aralık) saat
Güneydoğu Anadolu	1460	1980	729	2993	407	126
Akdeniz	1390	1869	476	2956	360	101
Doğu Anadolu	1365	1863	431	2664	371	96
İç Anadolu	1314	1855	412	2628	381	98
Ege	1304	1723	420	2738	373	165
Marmara	1168	1529	345	2409	351	87
Karadeniz	1120	1315	409	1971	273	82

## 4.2. Çalışılan Bölgeler ve Santraller

Bu tez kapsamında, 4 farklı bölgedeki 8 farklı GES'in elektrik üretim kapasiteleri ve verimleri bölge bazlı ve şehir bazlı olarak değerlendirilmiştir. Santrallerin yıllık üretim değerleri aylık bazda karşılaştırılmıştır. Bu amaçla, Akdeniz, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinden, Osmaniye, Kahramanmaraş, Aksaray, Konya, Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır ve Elazığ şehirlerinden üretim değerleri alınarak, güneşlenme süresi ve radyasyon miktarı göz önünde bulundurularak verimleri kıyaslama yapılmıştır.

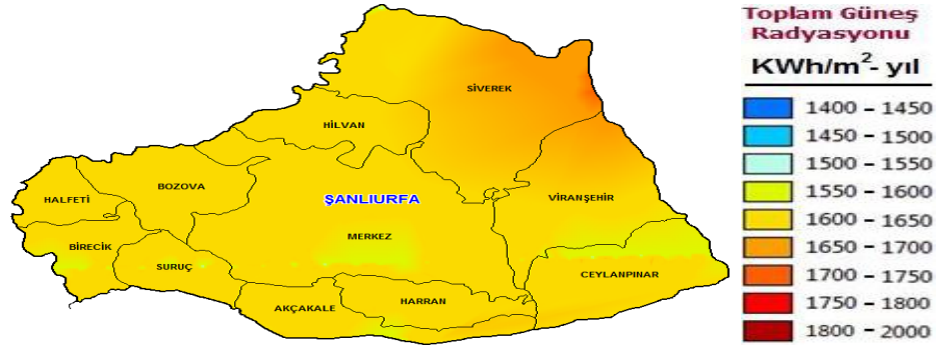
### 4.2.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi:

**Gaziantep:** Güneşlenme süresi olarak yüksek bir değere sahip olan Gaziantep (Şekil 4.2) günlük ortalaması yaklaşık 8,35 saattir. Güneş santrali kurmak için gerekli olan eşik değerinin üzerinde bir değere sahiptir. Gaziantep ili bölge olarak 1600-1650 kWh/m<sup>2</sup>yıl eşik değerleri arasında güneş radyasyonuna maruz kalmaktadır.



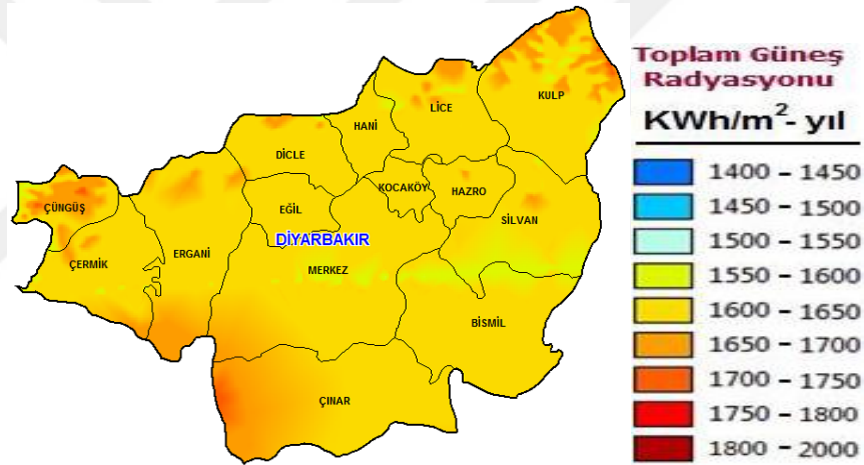
Şekil 4.2. Gaziantep ili güneş enerji potansiyeli haritası (URL 13)

**Şanlıurfa:** Bölgesel olarak güneşlenme süresi fazla olan bir illerden bir tanesidir. Güneşten yararlanma konusunda 1. Kuşakta yer alır. Günlük Güneşlenme süresi ortalaması 8-9 saat arasındadır. Şanlıurfa (Şekil 4.3) bölgenin özelliğini taşıyan bir şehirdir. Yazlar sıcak ve kurak geçer. 1600-1650 kWh/m<sup>2</sup>-yıl eşik değerleri arasında güneş radyasyonuna maruz kalmaktadır.



Şekil 4.3. Şanlıurfa ili güneş enerji potansiyeli haritası (URL 14)

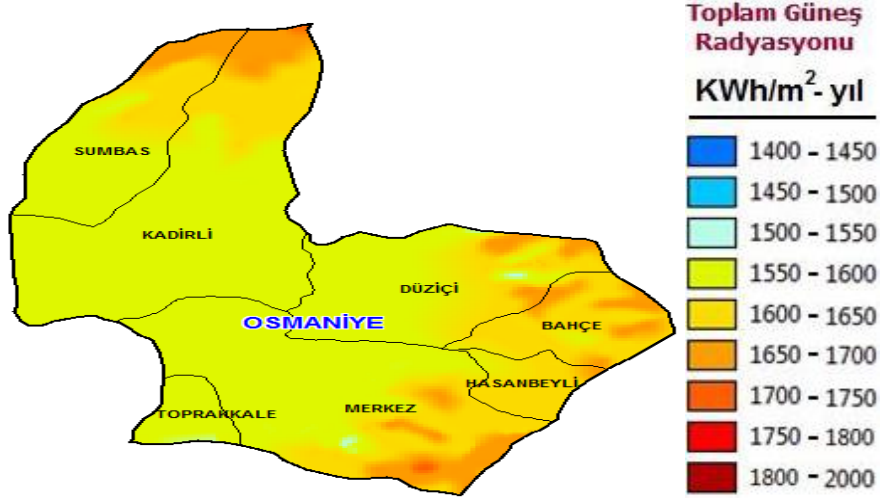
**Diyarbakır:** Bölgesindeki diğer illere göre özellikle kış ayları daha zorlu geçmektedir. Doğu Anadolu illeriyle olan komşulukları buna sebep olmaktadır. Ama buna rağmen bölgesel olarak güneşlenme süresi fazladır. Diyarbakır (Şekil 4.4) ilinde yaz aylarında sıcak ve kuru bir hava etkindir. Güneşlenme süresi yaklaşık 8-8,5 saat arasındadır.



Şekil 4.4. Diyarbakır ili güneş enerji potansiyeli haritası (URL 15)

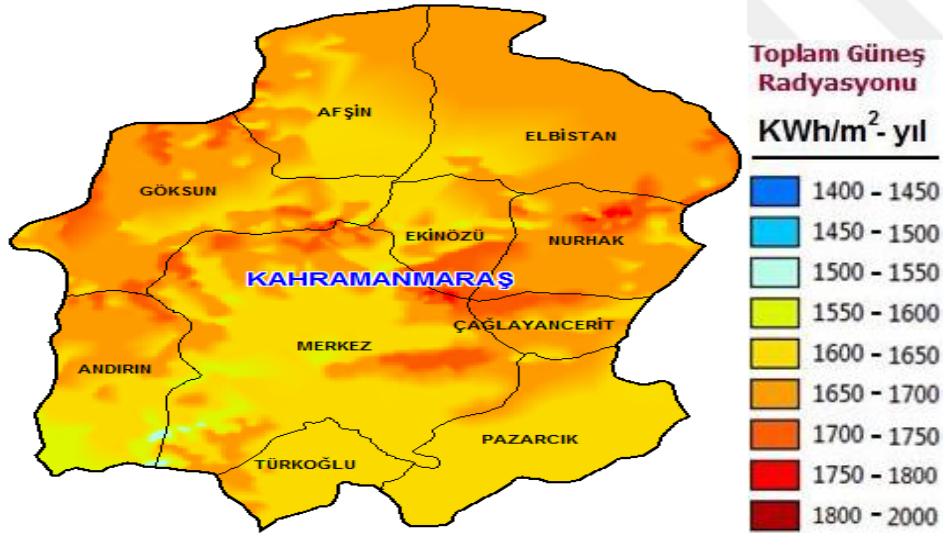
#### 4.2.2. Akdeniz bölgesi

**Osmaniye:** Akdeniz iklimi görülmektedir. Enerji üretimi bakımından zengin olan bir ildir. Bölge olarak güneş enerjisi bakımından 1. Kuşakta yer almaktadır. Osmaniye (Şekil 4.5) ilinin toplam güneşlenme radyasyonu 1650-1700 kWh/m<sup>2</sup>-yıl arasındadır. Güneşlenme süresi 8-8.5 saat arasındadır. Güneş enerjisini en verimli şekilde kullanılacak en yüksek değerlere sahip şehirlere sahiptir.



Şekil 4.5. Osmaniye ili güneş enerji potansiyeli haritası (URL 16)

**Kahramanmaraş:** Her ne kadar Akdeniz bölgesinde yer alsada Güney Doğu Anadolu'nun iklim koşullarından da etkilenmektedir. Kahramanmaraş (Şekil 4.6), kendisine bağlı olduğu arazilerde 1650-1800 kWh/m<sup>2</sup>-yıl güneşlenme radyasyonuna maruz kalan illerden bir tanesidir. Bu amaçla güneş enerjisinden faydalanma olanağı yüksektir.

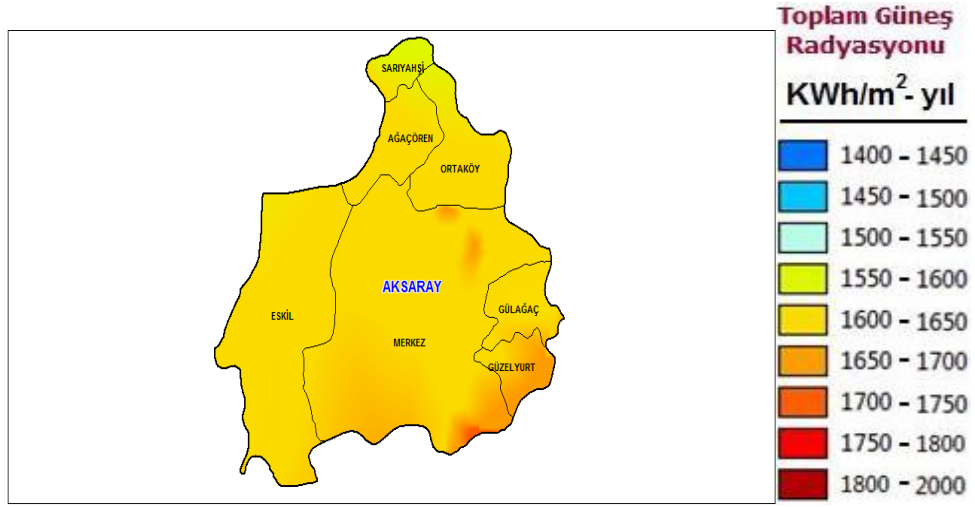


Şekil 4.6. Kahramanmaraş güneş enerji potansiyeli haritası (URL 17)

#### 4.2.3. İç Anadolu Bölgesi

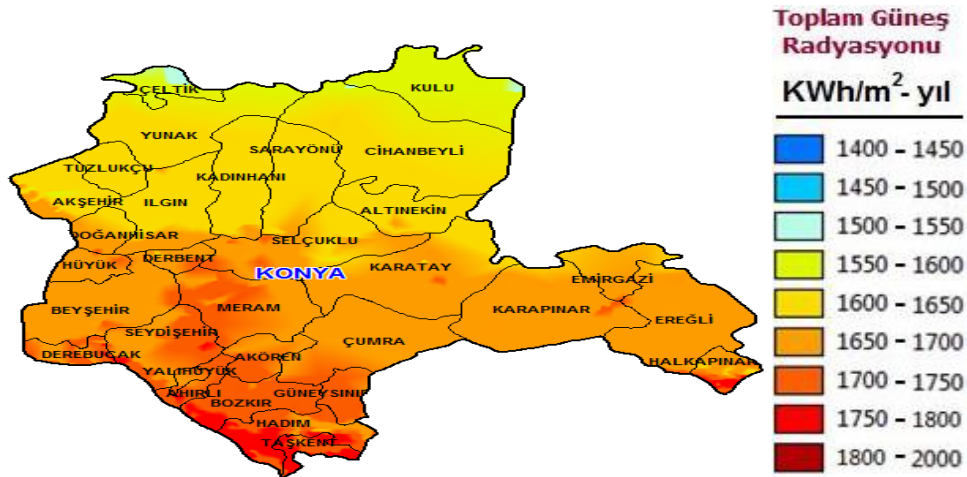
**Aksaray:** Aksaray ilinin (Şekil 4.7) güneş enerjisi potansiyeli yıllık olarak ortalama 1550-1600 kWh/m<sup>2</sup>-yıldır. Bu değere bakıldığında güneş enerjisi potansiyelinin iyi olduğu anlaşılmaktadır. Kış ayları bol kar yağışlı ve sert geçmektedir. Kış aylarında

güneşlenme süresi az olsa da Türkiye'nin ortalama güneşlenme saatine yakın bir değerdedir. Ülkemizin güneşlenme saati ortalaması yaklaşık 7 saattir.



Şekil 4.7. Aksaray ili Güneş enerjisi potansiyel haritası (URL 18)

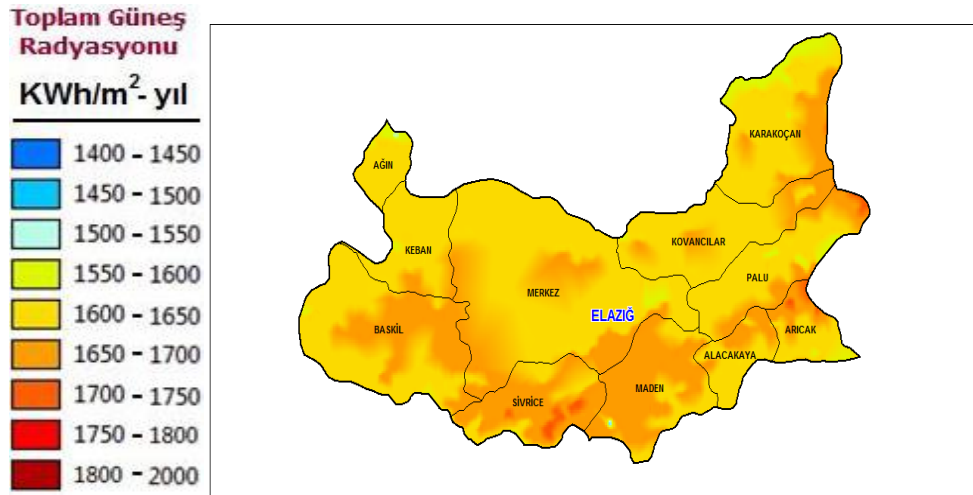
**Konya:** Aksaray ile aynı iklim ve mevsim şartlarına sahiptir. Arazi alanı olarak daha geniş bir alana sahiptir. Güneş enerji potansiyeli bakımından zengin bir şehirdir. Hammadde temini ve ulaşımı konusunda merkez konumda yer almaktadır. Konya ili (Şekil 4.8) güneş enerji potansiyeli bakımından güneyinde üst seviyelerde güneş enerji radyasyonuna maruz kalmaktadır. Bu değer 1700-1800 kWh/m<sup>2</sup>-yıl, Doğusunda ise 1600-1650 kWh/m<sup>2</sup>-yıl olarak görülmektedir.



Şekil 4.8. Konya ili güneş enerji potansiyeli haritası (URL 19)

#### 4.2.4. Doğu Anadolu Bölgesi

**Elazığ:** Coğrafi konum ve yapısı bakımından etkili bir durumu ortaya koymaktadır. Çevresindeki 1250-1450 m civarlarında ortalama yüksekliği ile bölge de en düşük yüksekliğe sahiptir. Güney komşularının hem bölgesel olarak hem de iklimden dolayı sıcaklığı daha fazladır. Meteoroloji verileri ortalama 12.5 ile 13 °C (yıllık) sıcaklık olduğunu söylemektedir. 1600-1700 kWh/m<sup>2</sup>-yıl güneş radyasyonuna maruz kalmaktadır. Elazığ ili güneş enerji potansiyeli aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Elazığ ili güneş enerji potansiyeli (URL 20)



## BÖLÜM 5

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 5.1. İç Anadolu Bölgesi (Aksaray, Konya)

##### 5.1.1. Aksaray İli Güneş Enerji Üretim Değerleri

Aksaray ili orta iklim kuşağında olup; soğuk ve karasal iklim tipine sahiptir. Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve yağışlıdır. Yağışlar genellikle ilkbahar ve kış aylarında görülmektedir. Ortalama yağış miktarı (son 40 yıl) 340 mm (kg/m<sup>2</sup>)'dir. Yaz-kış ve gece gündüz sıcaklık farkları çok fazladır. Yaz aylarında nem az olup, sıcaklık ve rüzgar şiddetinin fazla olmamasından dolayı buharlaşma miktarı yüksektir. Kar erimeleri ilkbahar aylarında taşkınlar ve toprak kaymalarına neden olmaktadır.

Aksaray ili 7.626 km<sup>2</sup> yüz ölçümüne sahip İç Anadolu bölgesinde yer almaktadır. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi potansiyeline sahip il olan Karaman ili sınırlarına yakındır. Aksaray ilin güneş enerjisi potansiyeli yıllık olarak ortalama 1600-1700 kWh/m<sup>2</sup>-yıldır. Bu değere bakıldığında güneş enerjisi potansiyelinin oldukça iyi olduğu anlaşılmaktadır (YEGM, 2015).

Bir santral kurulumu için yatırım kararı alırken hammaddeye, pazara ve enerji kaynaklarına yakın olması, insan gücü kullanımı çok önemlidir. Tüm bu kriterlere bakıldığında güneş enerjisi için, santralin kurulacağı bölgenin güneşlenme süresine, güneş ışınımı değerlerine hesaplanır. Arazinin yapısı tüm bu kriterler gibi önemlidir (Gökgöz ve Çınar, 2010).

Aksaray yıllık yaklaşık 1620 kWh/m<sup>2</sup>'lik güneş radyasyonu değeriyle önemli bir potansiyele sahiptir. Bu değer ilin kuzeyinde 1550 kWh/m<sup>2</sup>'ye düşerken ilin güney doğusunda 1700 kWh/m<sup>2</sup>'ye kadar çıkmaktadır. Haziran, Temmuz ve Mayıs ayları en fazla güneş radyasyon değerlerine ulaşıldığı aylar olurken, en az Aralık ve Ocak aylarında bu değerler oldukça düşmektedir (Özdemir, 2016).



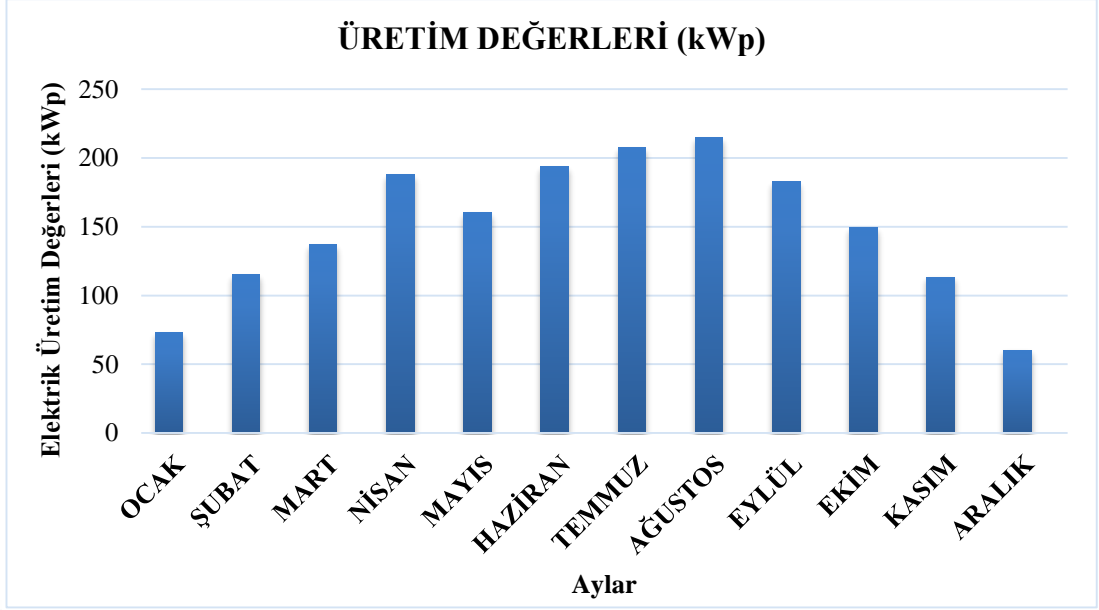
Aksaray ilinde yapılan bir projenin yıllık üretimiyle alakalı aylık ve yıllık bazda üretim bilgileri aşağıda sunulacaktır.

Aksaray iline bağlı olarak yapılmış olan Güneş enerji santrali 2017 faaliyete geçmiştir. Santralin toplam kurulu gücü 5 MW'dur. 100 dönüm arazi üzerine kurulan bu santral ülke ekonomisine büyük katkı sağlamaktadır. Hem ürettiği enerji ile hem de bulunduğu bölgede oluşturduğu istihdam açısından katkıda bulunmaktadır.

Yapım aşaması yaklaşık 6-7 ay arası süren santralde yaklaşık 46.200 adet 117.5 Watt gücünde çift cam çerçevesiz güneş panelleri, 165 adet 30 kWe inverter çeşidi kullanılmıştır. Enerji üretim santrali olarak kurulan, inceleyeceğimiz ve üretim değerlerini vereceğimiz 1 MW santralin kurulumunda ise 9240 adet 117.5 Watt gücünde güneş panelleri, 33 adet 30 kWe inverterler kullanılmıştır. Bu proje ile yılda ortalama 6.000 ton CO<sub>2</sub>, 17 ton SO<sub>2</sub>, 6,5 ton NO<sub>x</sub> gazı emisyonu azaltılmaktadır. Yaklaşık olarak 4500 haneye elektrik ihtiyacı sağlanması hedeflenmiştir.

**Tablo 5.1.** Aksaray ili aylık bazda üretim değerleri

AYLIK ÜRETİM DEĞERLERİ (kWp)	
OCAK	72,848
ŞUBAT	115,042
MART	136,984
NİSAN	187,889
MAYIS	160,111
HAZİRAN	194,013
TEMMUZ	207,796
AĞUSTOS	214,830
EYLÜL	182,610
EKİM	149,428
KASIM	113,395
ARALIK	60,405
<b>Yıllık Toplam Üretim (kWp)</b>	<b>1.795.351</b>



**Şekil 5.1.** Aksaray ili aylık bazda üretim değerleri

Üretim değerlerine bakıldığında kış aylarında üretim değerlerinin düştüğünü görüyoruz. Bunun sebebi kış mevsiminin karlı ve yağmurlu geçmesindedir. Yağan yağmur ve kar taneleri güneş ışınlarının panellere ulaşmasını engellediği için üretim değerleri bu derece düşmektedir. Yaz aylarında ise kış aylarına göre tam tersi bir durum görülmektedir. Yaz mevsimi kurak ve sıcak geçmektedir. Yukarıda ki tabloya baktığımızda da haziran, temmuz ve ağustos ayları en çok üretim yapılan yaz mevsimine denk gelmektedir. İlkbahar ve sonbahar dönemlerinde ise üretim kış ve yaz aylarının tam ortalamasında olmaktadır. Mevsim geçişlerinde hava durumu bir gün yaz günü bir gün kış günü gibi olduğu için üretim değerleri değişken olmaktadır. Tablodan da anlaşılacağı gibi nisan ayı üretimi, mayıs ayına göre daha fazladır. Normal şartlarda yaz mevsimine yakın olduğu için mayıs ayında daha çok üretim gerçekleşmesi gerekirken nisan ayında daha fazla üretim olmuştur. Üretim değerleri 2018 yılına aittir. 2018 Aksaray nisan ve mayıs aylarının hava durumu incelendiğinde nisan ayında 7 günün yağmurlu olduğu, mayıs ayında ise 11 günün yağmurlu olduğu gözlemlenmektedir. Havanın yağmurlu ve bulutlu olduğu dönemler üretime direk olarak etki etmektedir.

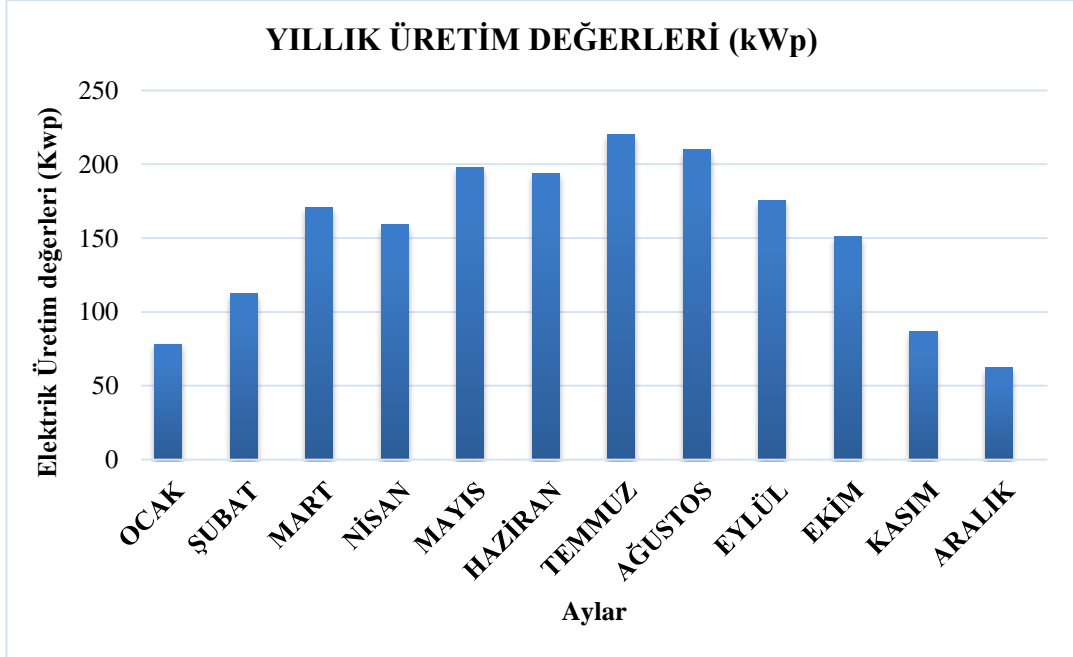
### 5.1.2. Konya İli Güneş Santrali Üretim Değerleri

İç Anadolu bölgesinde yer alan Konya’da, kışlar soğuk, sert ve bol kar yağışlı, yazlarda tam tersi olarak sıcak ve kurak geçmektedir. Ulaşım ve hammadde temini konusunda uygun bir olarak yatırımcıların tercihi haline gelmektedir. Konya ili 1600-1800

kWh/m<sup>2</sup>-yıl güneş radyasyonuna maruz kalmaktadır. Güneşlenme süresi kış ayları ve yaz ayları ortalaması olarak 7 saattir.

**Tablo 5.2.** Konya ili aylık bazda üretim değerleri

ÜRETİM DEĞERLERİ (kWp)	
OCAK	78,333
ŞUBAT	112,669
MART	170,653
NİSAN	159,049
MAYIS	197,725
HAZİRAN	193,984
TEMMUZ	220,094
AĞUSTOS	209,990
EYLÜL	175,276
EKİM	151,225
KASIM	86,997
ARALIK	62,547
<b>Yıllık Toplam Üretim (kWp)</b>	<b>1.818.542</b>



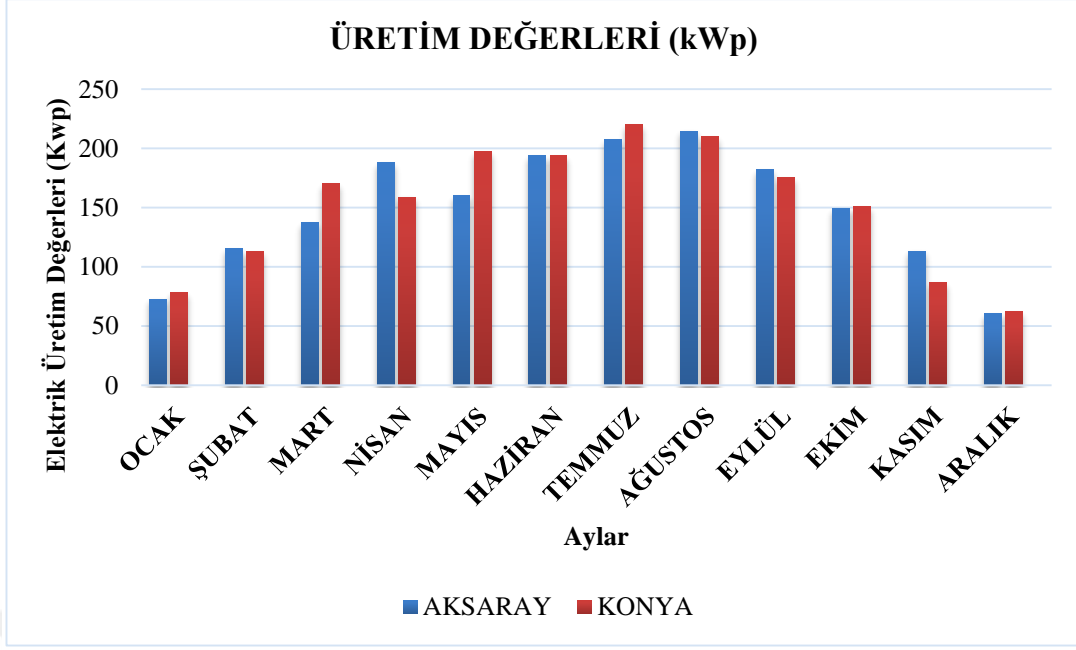
**Şekil 5.2.** Konya ili aylık bazda üretim değerleri

### 5.1.3. Aksaray ve Konya İllerindeki Santrallerin Yıllık Üretim Değerlerinin Karşılaştırılması

Üretim değerleri incelendiğinde aralarında çok bir fark olmadığı görülmektedir. Aynı bölgede yer alan bu iki ilde kurulan santrallerin kullanılan malzemelerin markaları ve özellikleri aynıdır. Kullanılan malzemenin çok büyük önem taşıdığı güneş enerji santrallerinde üretim değerlerini etkilemektedir. İki ilinde hava şartları aynı özelliktedir. Aksaray ve Konya illerinin rakımları da birbirine yakındır. Hem hava şartları hem kullanılan malzemelerin benzerlikleri üretim değerlerinin de bu nedenle birbirine yakın olduğu şeklinde yorumlanabilmektedir.

**Tablo 5.3.** Aksaray ve Konya illeri aylık üretim değerleri karşılaştırılması

<b>ÜRETİM DEĞERLERİ (kWp)</b>		
<b>AYLAR</b>	<b>AKSARAY</b>	<b>KONYA</b>
OCAK	72,848	78,333
ŞUBAT	115,042	112,669
MART	136,984	170,653
NİSAN	187,889	159,049
MAYIS	160,111	197,725
HAZİRAN	194,013	193,984
TEMMUZ	207,796	220,094
AĞUSTOS	214,830	209,990
EYLÜL	182,610	175,276
EKİM	149,428	151,225
KASIM	113,395	86,997
ARALIK	60,405	62,547
<b>TOPLAM</b>	<b>1.795.351</b>	<b>1.818.542</b>



Şekil 5.3. Aksaray ve Konya illeri aylık üretim değerleri karşılaştırılması

## 5.2. Doğu Anadolu Bölgesi (Elazığ)

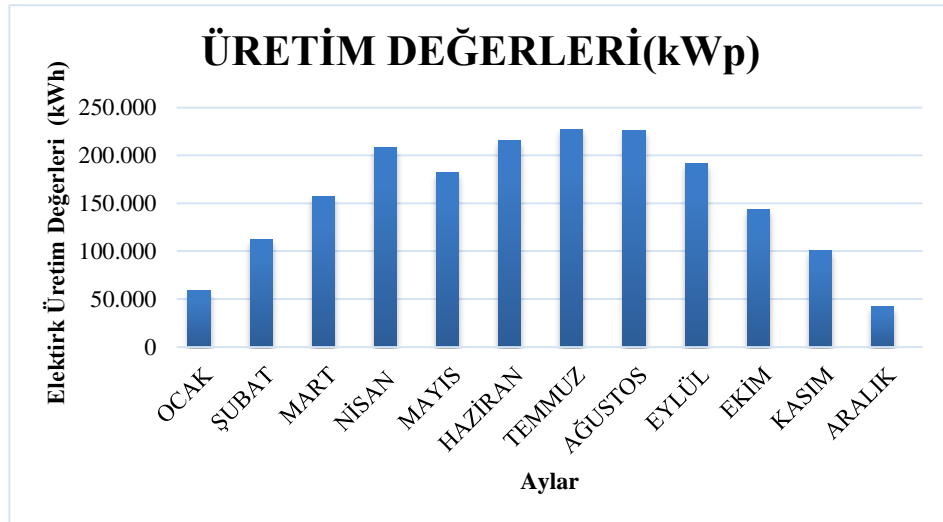
Elazığ, ülkemizin Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan bir ilimizdir. Rakım olarak 1067 metredir. Yüz ölçümü bakımından 9153 km<sup>2</sup> sınırlara sahiptir. Sınırları içerisinde Keban barajı gibi ülke enerjisine ve ekonomisine katkı sağlayan bir santral barındırmaktadır. Erzincan, Malatya, Diyarbakır gibi komşulara sahiptir. Coğrafi konum ve yapısı bakımından etkili bir durumu ortaya koymaktadır. Çevresindeki 1250-1450 m civarlarında ortalama yüksekliği ile bölge de en düşük yüksekliğe sahiptir. Güney komşularının hem bölgesel olarak hem de iklimden dolayı sıcaklığı daha fazladır. Meteoroloji verileri ortalama 12.5 ile 13 °C (yıllık) sıcaklık olduğunu söylemektedir.

Elazığ'ın Kovancılar ilçesine bağlı olan santral toplam da 15.830 kWp gücündedir. Yıllık olarak ortalama 13 bin haneye temiz elektrik enerji sunmaktadır. Yılda ortalama 17.400 ton CO<sup>2</sup>, 52 ton SO<sup>2</sup>, 19.5 ton NO<sub>x</sub> gazı emisyonu azaltmaktadır. Bu santral günde ortalama 67 kWp enerji üreterek yılda ortalama 24.537,490 kWp temiz elektrik enerji üretmesi öngörülmektedir. Bu santralde yaklaşık 59 bin 270 Watt gücünde güneş panelleri, 375 adet 40 kW gücünde inverter kullanılmıştır.

İnceleme yapacağımız 1 MW'lık bir santralde ise 3920 adet 270 W gücünde güneş paneli ve 25 adet 40 kW gücünde inverter kullanılmıştır. Santralin yıllık üretim değerlerini aylık bazda aşağıdaki tablo üzerinde inceleyeceğiz.

**Tablo 5.4.** Elazığ ili aylık üretim değerleri

<b>ÜRETİM DEĞERLERİ (kWp)</b>	
OCAK	58.769
ŞUBAT	112.425
MART	156.769
NİSAN	208.395
MAYIS	181.692
HAZİRAN	215.298
TEMMUZ	227.392
AĞUSTOS	226.278
EYLÜL	190.974
EKİM	143.741
KASIM	100.552
ARALIK	42.375
<b>Yıllık Toplam Üretim (kWp)</b>	<b>1.864.660</b>



**Şekil 5.4.** Elazığ ili aylık üretim değerleri

Üretim değerlerini incelediğimiz zaman diğer santraldeki gibi normal olarak yaz aylarında üretim fazlalığı dikkat çekmektedir. Yılın tamamına baktığımız zaman mart ayından eylül ayına kadar üretim değerleri aylık olarak 150.000 kWp değerinin üst seviyelerinde olmuştur. Kış ayları üretim değerleri ise Elazığ ilinde kış mevsiminin zorlu hava şartlarıyla geçmesi ve elektrik kesintileri gibi sebeplerle düşük olduğu düşünülmektedir. Doğu Anadolu Bölgesinde olmasına rağmen üretim değerlerinin bu şekilde %50'nin üzerinde aylarda yüksek olması bölge için son derece önemlidir. Kurulumu yapılan santral köylere giden yol üzerinde olduğu ve bu yollar toprak olduğu için tozlanma çok olmaktadır. Tozlanma, güneş santralleri için istemeyen bir durumdur. Panellerin üzerini kaplayan tozlar üretimin düşmesine sebep olmaktadır. Özellikle rüzgarlı ve yağışın olmadığı günlerde bu durum daha fazla gerçekleşmektedir. Elazığ/Kovancılar santralinde de Aksaray santrali gibi nisan ayı üretimi mayıs ayı üretiminden daha fazladır. Bunun en belirgin sebebi ise yağışlı günlerin fazlalığından kaynaklanmaktadır. Nisan ayında 3 defa yağışlı gün var iken mayıs ayında bu sayı 17 defa gerçekleşmiştir.

### **5.3. Güneydoğu Anadolu Bölgesi (Gaziantep, Diyarbakır, Şanlıurfa)**

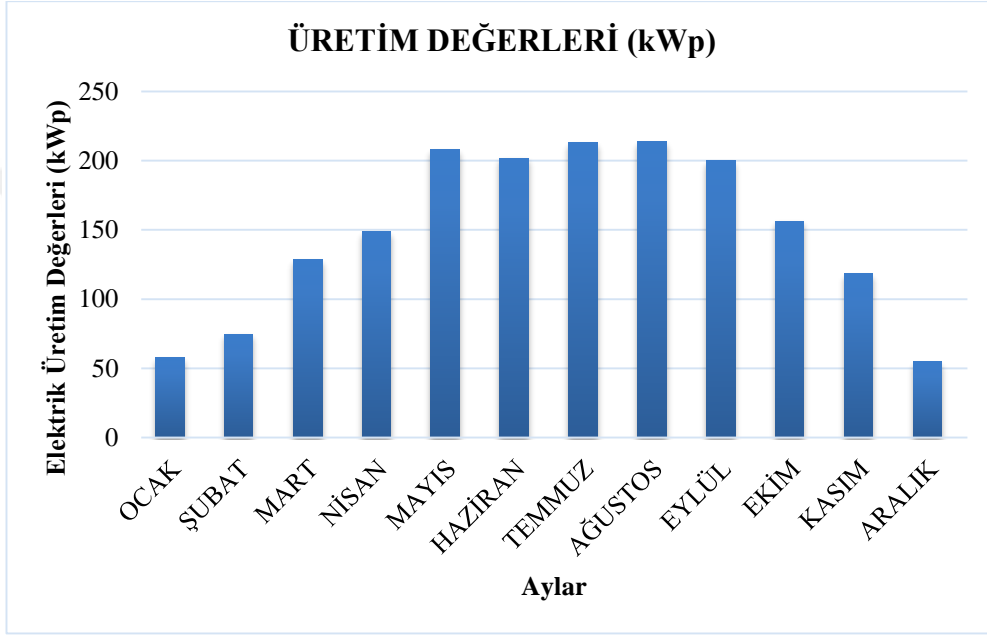
#### **5.3.1. Gaziantep İli Güneş Enerjisi Üretim Değerleri**

Yıllık olarak ortalama güneşlenme saati yaklaşık 30000 saattir. Güneşlenme süresi olarak yüksek bir değere sahip olan Gaziantep günlük ortalaması yaklaşık 8,35 saattir. Güneş santrali kurmak için gerekli olan eşik değerinin üzerinde bir değere sahiptir. Gaziantep ili bölge olarak 1600-1650 kWh/m<sup>2</sup>yıl eşik değerleri arasında güneş radyasyonuna maruz kalmaktadır. Yüz ölçümü bakımından geniş bir arazi yapısına sahiptir. Yaklaşık 750-800 bin hektar araziye sahiptir. Bu arazilerin yaklaşık 200-250 bin hektarı tarıma elverişli olarak kullanılmaktadır. Hem güneşlenme süresi olarak hem de arazi genişliği olarak güneş enerji santraline uygun, her yönden verimli bir il olarak görülmektedir (İKA, 2013).

**Tablo 5.5.** Gaziantep ili aylık üretim değerleri

<b>ÜRETİM DEĞERLERİ (kWp)</b>	
OCAK	57,865
ŞUBAT	74,652
MART	128,555
NİSAN	148,664

MAYIS	208,050
HAZİRAN	201,947
TEMMUZ	213,152
AĞUSTOS	213,812
EYLÜL	199,726
EKİM	156,407
KASIM	118,591
ARALIK	54,583
<b>Yıllık Toplam Üretim (kWp)</b>	<b>1.776.004</b>



**Şekil 5.5.** Gaziantep ili aylık üretim değerleri

Gaziantep ili sınırları içerisinde yer alan 1 MW gücünde ki santralin üretim değerleri yukarıda ki tabloda verilmiştir. Tabloyu incelediğimizde üretim değerlerinin Mayıs ve Eylül Ayları arasında 200 bin kWp gücü üzerine çıktığı görülmektedir. Yaz aylarında güneşlenme süresinin daha fazla olmasıyla beraber yağmur, kar gibi havanın kapalı olmasına neden olan doğa olaylarının azalması üretimin fazla olmasına neden olmaktadır. İlk ve Son Bahar dönemlerinde üretimin düşmesinin sebepleri ise iklim ve buna bağlı olarak günlük hava durumlarının değişkenlik göstermesidir. Kış aylarında yılın ilk üç ayı ve son üç ayının üretim değerleri toplamı 590.653 kWp'dir. Bu 6 ayın ortalaması 98.442 kWp olarak hesaplanmaktadır. Yaz ayında (nisan-eylül ayları arası) ise üretim değerleri 1.185.351 kWp olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu ayların



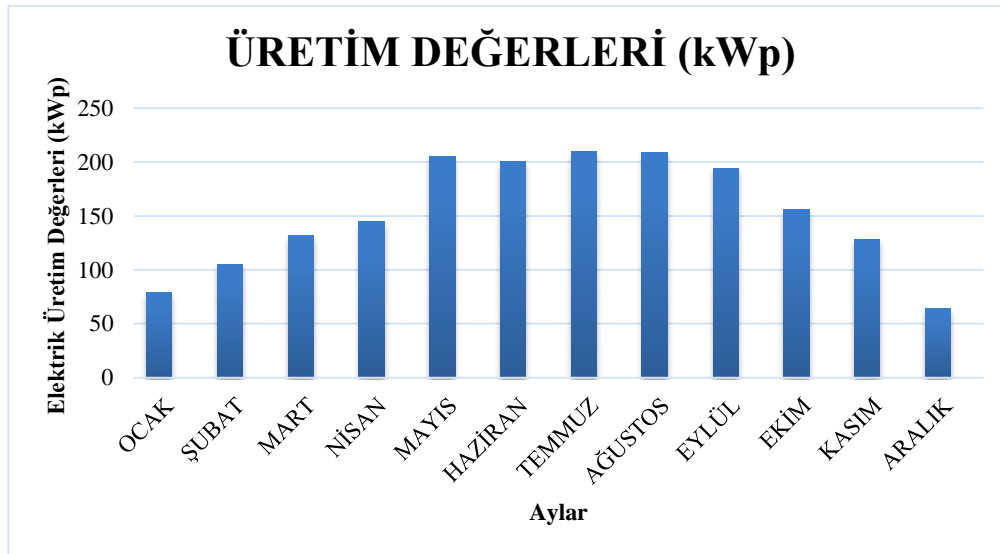
ortalaması ise 197.558 kWp olarak hesaplanmaktadır. Kış aylarında üretim yaz aylarına göre 1/2 azaldığı görülmektedir.

### 5.3.2. Şanlıurfa Ve Diyarbakır İli Güneş Santrali Üretim Değerleri

Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır aynı bölgede yer alan illerdir. İklim şartları, güneşlenme sürelili ve güneş eşik değerleri birbirine yakın oranda benzerlik göstermektedir. 1600-1700 kWh/m<sup>2</sup>yıl eşik değerleri arasında radyasyona maruz kalmaktadır.

**Tablo 5.6.** Şanlıurfa ili aylık üretim değerleri

<b>ÜRETİM DEĞERLERİ (kWp) ŞANLIURFA</b>	
OCAK	78,994
ŞUBAT	105,205
MART	132,197
NİSAN	144,863
MAYIS	204,888
HAZİRAN	200,546
TEMMUZ	209,591
AĞUSTOS	208,289
EYLÜL	194,304
EKİM	155,967
KASIM	127,935
ARALIK	64,207
<b>Yıllık Toplam Üretim (kWp)</b>	<b>1.826.986</b>

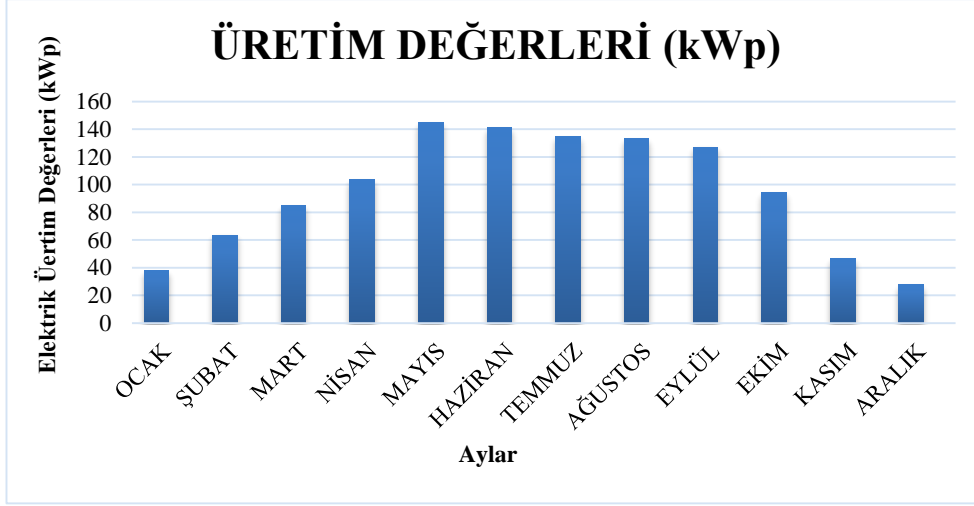


**Şekil 5.6.** Şanlıurfa ili aylık üretim değerleri

Güneydoğu Anadolu Bölgesi güneşlenme süresi ve güneş eşik değeriyle 1. Kuşakta yer almaktadır. Akdeniz bölgesiyle beraber güneşten en fazla faydalanan bölgedir. Bu bölgeden de özellikle Şanlıurfa ve Gaziantep daha ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda bu iki illere kar yağışı fazla olmamaktadır. Daha çok Akdeniz bölgesinin özelliklerini yansıtmaktadır. Bu bölgelerde barajların fazlalığından dolayı yağış olarak yağmur olmaktadır. O yüzden üretimin az olması beklenen dönemlerde beklenilenin üzerinde üretim olmaktadır. Üretimin az olmasının tek nedeni mevsimin getirdiği hava durumu değildir. Santralin kurulduğu bölgedeki tozlanma, rüzgar, elektrik arızaları, kaçak kullanımların fazlalığından sisteme aşırı yüklenmeden de kaynaklanmaktadır. Bunların dışında santralin kendi içerisinde oluşan arızalar ve kullanılan ana malzemelerin kalitesi de üretime etki etmektedir.

**Tablo 5.7.** Diyarbakır ili aylık üretim değerleri

<b>ÜRETİM DEĞERLERİ (kWp) DİYARBAKIR</b>	
OCAK	38,167
ŞUBAT	63,472
MART	84,757
NİSAN	103,447
MAYIS	144,739
HAZİRAN	140,976
TEMMUZ	134,920
AĞUSTOS	133,149
EYLÜL	127,025
EKİM	93,970
KASIM	46,693
ARALIK	27,654
<b>Yıllık Toplam Üretim (kWp)</b>	<b>1.138.969</b>



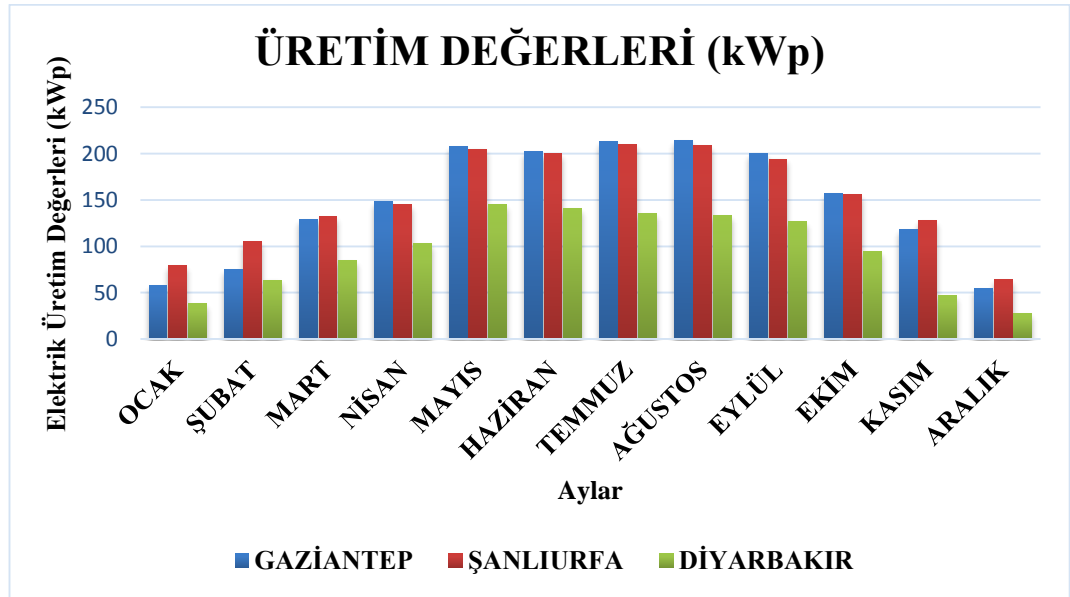
**Şekil 5.7.** Diyarbakır ili aylık üretim değerleri

Diyarbakır ili bulunduğu bölgeden dolayı güneşten enerji üretimi konusunda üst sıralarda yer almaktadır. Fakat bölgedeki diğer illere göre komşu olduğu illerden dolayı bazı sınırlarının iklim özelliği farklılık gösterebilmektedir. Bölgenin diğer illerine göre kaçak kullanımı daha fazladır. Özellikle yaz aylarında sıcak bir bölge olmasından dolayı klima gibi çok elektrik tüketimi yapan makinelerin kullanılması ve sisteme aşırı yüklenmeden kaynaklanan kesintiler güneş enerjisinden elektrik üretmekten ve kullanmaktan alı koymaktadır. Yılın tamamına bakıldığı zaman üretim değerleri bölgeye göre düşük olmuştur. Bunun nedenlerinin en başında az önce bahsettiğimiz kesintilerin olması ve temmuz, ağustos, eylül ayları hariç diğer aylarda çok fazla yağış olmasıdır. Meteoroloji verilerine göre özellikle kış, ilkbahar ve sonbahar aylarında yağışlı olan gün sayısı ortalaması 11 gündür. Tüm yıla bakıldığı zaman ise ortalama 8 gün olarak görülmektedir. Diğer santrallerde olduğu gibi üretim düşüklüğü sadece bu sebeplerden kaynaklanmamaktadır. Tozlanma, santral içinde oluşan arızalar, bakım zamanları ve en önemlisi kullanılan malzemelerin kaliteleri de etkilemektedir.

### 5.3.3. Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır Üretimde Değerlerin Karşılaştırılması

Tablo 5.8. Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır illeri aylık üretim değerleri

ÜRETİM DEĞERLERİ KARŞILAŞTIRILMASI (kWp)			
AYLAR	GAZİANTEP	ŞANLIURFA	DİYARBAKIR
OCAK	57,865	78,994	38,167
ŞUBAT	74,652	105,205	63,472
MART	128,555	132,197	84,757
NİSAN	148,664	144,863	103,447
MAYIS	208,050	204,888	144,739
HAZİRAN	201,947	200,546	140,976
TEMMUZ	213,152	209,591	134,920
AĞUSTOS	213,812	208,289	133,149
EYLÜL	199,726	194,304	127,025
EKİM	156,407	155,967	93,970
KASIM	118,591	127,935	46,693
ARALIK	54,583	64,207	27,654
<b>TOPLAM</b>	<b>1.776.004</b>	<b>1.826.986</b>	<b>1.138.969</b>



Şekil 5.8. Gaziantep, Şanlıurfa, Diyarbakır illeri aylık üretim değerleri

Gaziantep, Şanlıurfa ve Diyarbakır illerinde kurulu olan güneş santrallerinin üretim değerleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Tabloyu incelediğimiz de yıl bazında Şanlıurfa ve Gaziantep yakın seviyelerde üretim yaptığı görülmektedir. Diyarbakır ilinde olan üretimin az olması üretim yılı döneminde ki yıl boyunca diğer iki ile göre daha yağışlı olması en büyük etken olabilir. İncelediğimiz bu üç il ne kadar aynı bölgede yer alsada Diyarbakır'ın bazı bölümlerinin doğu illeri ile komşu olduğu bilinmektedir. Şehir merkezlerinde elektrik kesintisi az olsa da kurulan santraller kırsal bölgelerde olduğu için o bölümlerde elektrik hatları diğer yerlere göre daha zayıf olmaktadır. Bu nedenle üretim az olmaktadır. Toplam üretim değerlerine bakılırsa;

Gaziantep 1.776.004 kWp

Şanlıurfa 1.826.986 kWp

Diyarbakır 1.138.969 kWp olarak hesaplanmaktadır. Diyarbakır'ın üretim değerleri Gaziantep'e göre yaklaşık 600 bin, Şanlıurfa iline göre 700 bin kWp az ürettiği görülmektedir. Aradaki bu değer yıllık olarak yarı yarıya üretim anlamına gelmektedir. Kurulum maliyetlerini düşündüğümüz zaman yaklaşık olarak 400 bin ile 500 bin dolar arasında bir zarar görülmektedir. Rakım olarak bakıldığında zaman Gaziantep 840 metre, Diyarbakır 677 metre, Şanlıurfa 547 metre olduğu görülmektedir. Normal şartlarda en az üretim, rakımın fazla olduğu Gaziantep olması gerekmektedir. Fakat sadece rakıma bağlı olmadığı burada ortaya çıkmaktadır. Santralin kurulduğu bölge, kurulum yapılırken kullanılan malzemenin kalitesi ve bu malzemelerin doğru olarak seçilmesi, panel bağlantılarının doğru yapılmasının ve panel kalitesinin önemi ortaya çıkmaktadır.

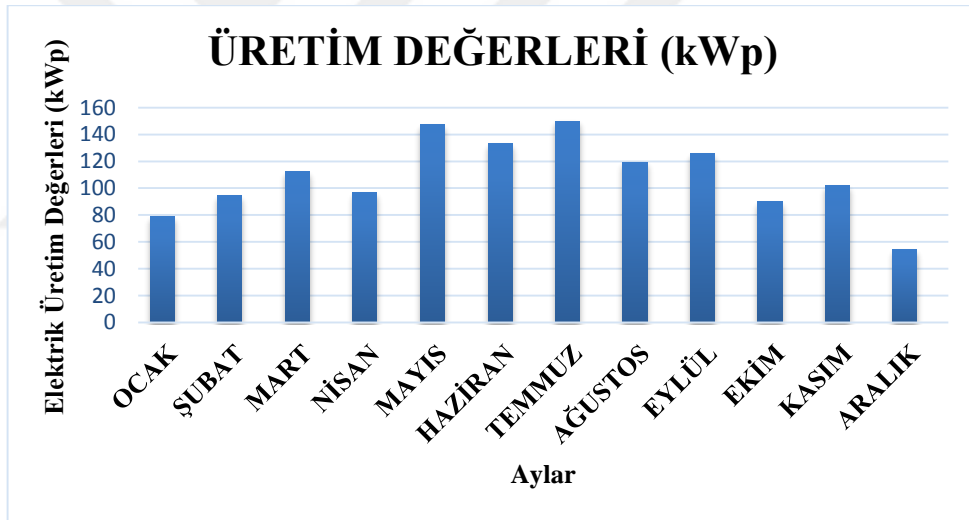
#### **5.4. Akdeniz Bölgesi (Osmaniye-Kahramanmaraş)**

##### **5.4.1. Osmaniye İli Üretim Değerleri**

Osmaniye ili 974 km<sup>2</sup> alanıyla Akdeniz bölgesinde yer almaktadır. Gaziantep ve Adana illerine komşudur. Akdeniz iklimi görülmektedir. Enerji üretimi bakımından zengin olan bir ildir. Bölge olarak güneş enerjisi bakımından 1. Kuşakta yer almaktadır. Toplam güneşlenme radyasyonu 1650-1700 kWh/m<sup>2</sup>-yıl arasındadır. Güneş enerjisini en verimli şekilde kullanılacak en yüksek değerlere sahip şehirlerden biridir.

**Tablo 5.9.** Osmaniye ili yıllık üretim değerleri

<b>ÜRETİM DEĞERLERİ (kWp)</b>	
OCAK	78,854
ŞUBAT	94,321
MART	112,268
NİSAN	96,962
MAYIS	147,604
HAZİRAN	132,977
TEMMUZ	150,004
AĞUSTOS	119,332
EYLÜL	125,534
EKİM	89,938
KASIM	101,804
ARALIK	54,583
<b>Yıllık Toplam Üretim (kWp)</b>	<b>1.304.181</b>



**Şekil 5.9.** Osmaniye ili aylık üretim değerleri

Santralin DC kurulumu 960 kW'dır. AC olarak kullanımı yaklaşık 900 kW ya denk gelmektedir. Üretimin diğer santrallere daha az üretimin bir nedeni de budur. Yoksa 1650-1700 kWh/M<sup>2</sup>-yıl güneş radyasyonuna maruz kalan bir il olan Osmaniye'de üretimlerin bu derece düşük olması beklenmeyen bir durumdur. Fakat hava durumları incelendiği vakit yağış oranı fazla olduğu görülmektedir. Sadece yağış oranı değil havanın bulutlu olma durumundan da bu değer düşüklüğü olmuş olabilir. Mayıs, Eylül ayları arasında sıcaklık değer ortalaması 27 ile 32 derece arasında değişmektedir. Tablodan da görüldüğü gibi normal olarak bu aylarda üretim fazla olmuştur. Yağış

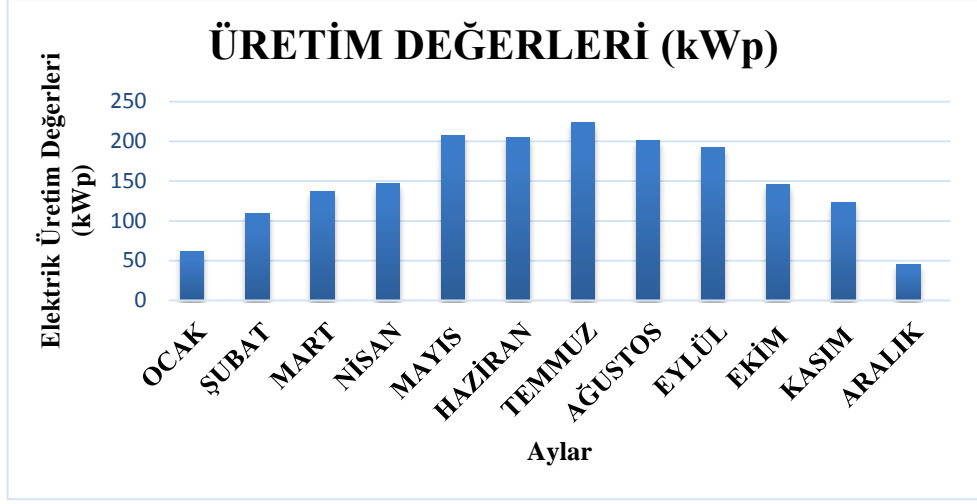
oranları, bulutlu geçen gün sayısı ve santral içi oluşan sebeplerden dolayı bu denli bir üretim kaybı olabilmektedir. Kullanılan malzemeler de buna sebep olan en büyük etkidir.

#### 5.4.2. Kahramanmaraş Üretim Değerleri

Bölgesel olarak güneş enerjisi değerleri bakımından 1.kuşakta yer almaktadır. 1650-1800 kWh/m<sup>2</sup>-yıl güneş enerjisi radyasyonuna maruz kalmaktadır. Bu değer aralığı güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için istenilenin üzerinde olan bir değerdir. Güneşlenme saati ortalaması 8 saattir. Mevsime göre saat ortalaması farklılık göstermektedir.

**Tablo 5.10.** Kahramanmaraş ili aylık üretim değerleri

<b>ÜRETİM DEĞERLERİ (kWp)</b>	
OCAK	62,167
ŞUBAT	108,847
MART	137,259
NİSAN	147,204
MAYIS	206,869
HAZİRAN	205,348
TEMMUZ	223,817
AĞUSTOS	201,346
EYLÜL	191,863
EKİM	145,962
KASIM	123,073
ARALIK	45,259
<b>Yıllık Toplam Üretim (kWp)</b>	<b>1.799.014</b>



**Şekil 5.10.** Kahramanmaraş ili aylık üretim değerleri

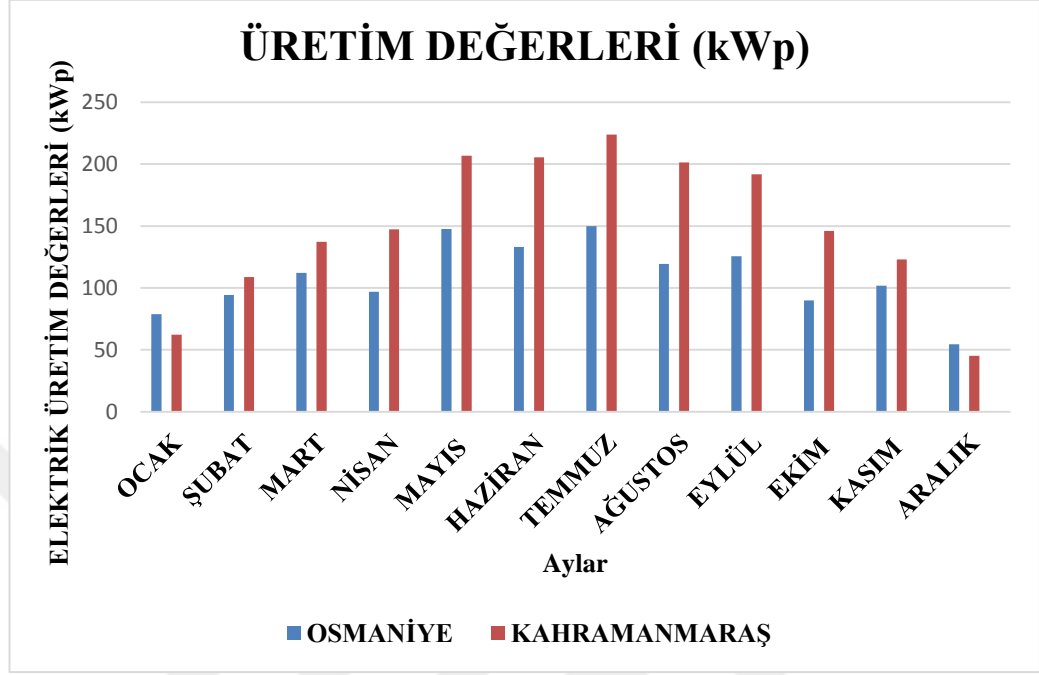
Kurulumu yapılan santralde üretim değerlerine bakıldığında Ocak ve Aralık ayları hariç diğer aylarda 100.000 kW'nın üzerinde üretim olduğu gözlemlenmiştir. 1650-1800 kWh/m<sup>2</sup>-yıl radyasyona maruz kalan bir il olarak üretim değerleri yıl bazında tüm üretimlerin aylık ortalaması 149.917 kWh'dır. Kış ayları (ocak, şubat, mart, ekim, kasım, aralık) üretim değerleri toplamı 622.567 kWh, yaz ayları (nisan, mayıs, haziran, temmuz, ağustos, eylül) üretim değerleri toplamı ise 1.176.447 kWh'dır. Yaz ve kış ayları arasında 553.880 kWh üretim farkı olmaktadır. Bu santrale göre yaz ayları dikkate alınır, günlük üretim ortalaması 6.535 kWh olarak hesaplanmaktadır. Saatte 1 MW üretim olduğunu düşünürsek yaklaşık 6.5 saat güneşlenme ve buna bağlı olarak üretim olduğunu düşünebiliriz.

**Tablo 5.11.** Osmaniye ve Kahramanmaraş illerinin aylık üretim değerleri

ÜRETİM DEĞERLERİ KARŞILAŞTIRILMASI (kWp)		
AYLAR	OSMANİYE	KAHRAMANMARAŞ
OCAK	78,854	62,167
ŞUBAT	94,321	108,847
MART	112,268	137,259
NİSAN	96,962	147,204
MAYIS	147,604	206,869
HAZİRAN	132,977	205,348
TEMMUZ	150,004	223,817
AĞUSTOS	119,332	201,346
EYLÜL	125,534	191,863
EKİM	89,938	145,962
KASIM	101,804	123,073



ARALIK	54,583	45,259
TOPLAM	1.304.181	1.799.014



**Şekil 5.11.** Osmaniye ve Kahramanmaraş illeri aylık üretim değerleri

Osmaniye ve Kahramanmaraş illerinde kurulumu yapılan güneş enerjisi elektrik santralleri üretim değerleri karşılaştırılmıştır. Osmaniye’de kurulan santralin üretim kapasitesi DC güç olarak 960 kWh, Kahramanmaraş’ın ise yaklaşık 1.080 kWh’dir. İki santralin karşılaştırılması üretim kapasiteleri dikkate alınarak yapılmıştır. İlk üç ayın üretim değerlerine göre Osmaniye de 285.443 kWh, Kahramanmaraş’ta 308.273 kWh üretim olmuştur. Üretim kapasitesi olarak arada 120 kWh fark olmasına rağmen hesaplanan üç ayda 22.83 kWh fark olduğu gözlemlenmektedir. Ama en çok üretimin olduğu üç aya (haziran, temmuz, ağustos) bakıldığında zaman Osmaniye’de 402.313 kWh, Kahramanmaraş’ta 630.511 kWh olmuştur. Bu iki değer arasında ise 228.198 kWh’dir. Üretim değerleri yarı yarıya fark etmiştir. Üç yaz ayında Kahramanmaraş’ta günlük üretim 7.005 kWh, Osmaniye’de 4.470 kWh olmuştur. Yani günlük güneşlenme ortalaması yaklaşık 7 saat ve 4.5 saat olduğu görülmektedir.

Sağlam (2018) tarafından hazırlanan yüksek lisans tezinde örnek olarak Adana ilindeki Güneş enerji santralinin değerlerini ele almıştır. Akdeniz bölgesinde yer alan ve Güneş enerji potansiyeli yüksek olan bir il olan Adana Güneş enerjisi yatırımında ön plana çıkmaktadır. Eray Aslan (Haziran 18) tezindeki santralin değerleriyle, kendi tezindeki

aynı bölgede üretim yapan santralle karşılaştırma yapılacaktır. Adana ilindeki santralde toplam üretim değeri toplamı DC gücü 3.014 MWp'dır. 1 MWp için 3864 adet 260 Wp gücünde panel kullanılmıştır. Aynı bölgede yer alan ve üretim değerleri birbirine yaklaşık olarak eş değer olan Kahramanmaraş GES Santraliyle karşılaştırma yapılacaktır (Sağlam, 2018)

**Tablo 5.12.** Kahramanmaraş- Adana illeri aylık üretim değerleri

ÜRETİM DEĞERLERİ (kWp)		
AYLAR	KAHRAMANMARAŞ	ADANA
OCAK	62,167	80,210
ŞUBAT	108,847	114,240
MART	137,259	148,860
NİSAN	147,204	165,140
MAYIS	206,869	157,410
HAZİRAN	205,348	168,950
TEMMUZ	223,817	164,270
AĞUSTOS	201,346	162,900
EYLÜL	191,863	158,720
EKİM	145,962	140,250
KASIM	123,073	113,070
ARALIK	45,259	66,440
TOPLAM	1.799.014	1.640.460

Eray SAĞLAM 2018 yüksek lisans tezinde örnek aldığı Adana ili güneş santralinde toplam üretim Kahramanmaraş'taki santralden daha az olduğu görülmektedir. Yılın ilk üç ayı ve son üç ayının üretim değerlerine bakıldığında Kahramanmaraş santralinde 622.567 kWp, Adana santralinde 663.070 kWp üretim olmuştur. Kış aylarında Adana ilinin daha ılıman bir havada geçtiğinden dolayı üretim fazla olduğu gözlemlenmiştir. Kış aylarında iki ilin hava durumları arasında kar ve yağış oranlarında farklılık vardır. Kahramanmaraş ili daha sert ve karlı, Adana ilinde ise yağmur fazla olmaktadır. Yaz aylarında ise üretim tam tersi olmaktadır. Kahramanmaraş ilinde 1.176.447 kWp, Adana ilinde 977.390 kWp üretim olmuştur. Adana ili yaz aylarında sıcaklık ve nem bakımından üst seviyededir. Adana'nın birçok ilçesinin Güneş enerji radyasyonu 1500-1550 kWh/m<sup>2</sup>-yıl'dır. Ama Kahramanmaraş'ın neredeyse tamamının güneş enerji radyasyon değeri 1650-1800 kWh/m<sup>2</sup>'dir. Ama üretimin düşük veya yüksek olması sadece güneş enerji radyasyonuna bağlı olmadığı görülmektedir.

Taktak ve İli (2018)'nin yapmış olduğu çalışmada güneş enerji santralinin kurulumunda izlenecek yolları ve maliyetleri detaylı şekilde ele almışlardır. Uşak ilinde kurulumu yapılan 1.95 MWh üretim yapan bir santral örnek gösterilmiştir. Bu santralde arazi maliyeti, tedarik projesi ve imar plan onayı, iletim hattı, kurulum ve ekipman maliyetleri toplamda 2.347.000 Dolar olarak hesaplanmıştır (Taktak ve İli, 2018).

**Tablo 5.13.** Uşak ve Elazığ illeri aylık üretim değerleri

ÜRETİM DEĞERLERİ (kWp)		
AYLAR	UŞAK	ELAZIĞ
OCAK	154.000	58.769
ŞUBAT	167.000	112.425
MART	258.000	156.769
NİSAN	271.000	208.395
MAYIS	319.000	181.692
HAZİRAN	345.000	215.298
TEMMUZ	373.000	227.392
AĞUSTOS	360.000	226.278
EYLÜL	309.000	190.974
EKİM	251.000	143.741
KASIM	198.000	100.552
ARALIK	142.000	42.375
TOPLAM	3.147.000	1.864.660

Uşak ve Elazığ illerinde yapılmış olan santrallerin yıllık üretim değerleri karşılaştırılacaktır. Uşak ilinin üretim değeri 1.95 MWh, Elazığ ilinin üretim değeri ise 1.06 MWh baz alınmaktadır. Santrallerin kurulu güç bakımından yaklaşık olarak iki katı olarak görülmektedir. Toplam güneş enerji potansiyeli bakımından Elazığ, Uşak iline göre daha yüksek değerlere sahiptir. Elazığ'da 1600-1700 kWh/m<sup>2</sup>-yıl, Uşak'ta 1500-1600 kWh/m<sup>2</sup>-yıl'dır. Elazığ ilinin kurulu toplam gücünün de Uşak iliyle aynı olduğu düşünüldüğünde 1 yılda ürettiği enerji yaklaşık 3.636.000 kWp olacaktır. İkisinin de üretim kapasitesi aynı şartlarda olduğu zaman aradaki enerji farkı 489.000 kWp olacaktır. Bu fark yaklaşık 500.000 dolara kurulan bir santrale eş değerdir. İllerin

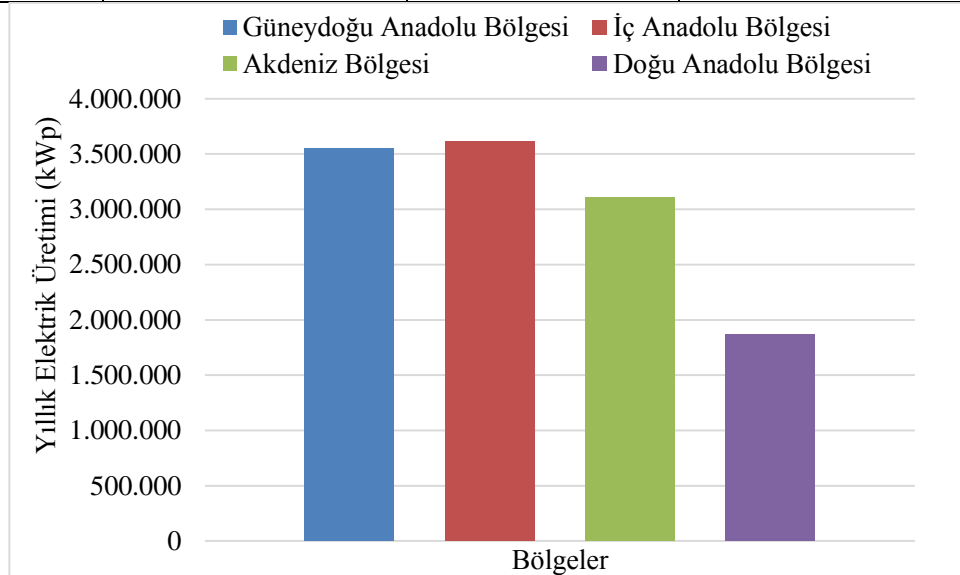
güneşten yararlanma potansiyelleri hem de kullanım malzemeleri bu farkların açılmasına sebep olmaktadır.

### 5.5. Bölgesel olarak Güneş Enerjisi Üretim Değerlerinin Karşılaştırılması

Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu, Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgesinin illerinde kurulumu yapılmış ve şu an aktif olarak üretim yapmaya devam eden güneş enerji santralleri kendi aralarında bölgesel bazlı ele alınacaktır. Doğu Anadolu Bölgesi hariç diğer 3 bölgeden iki ilin üretim değerleri karşılaştırılacaktır. Aşağıdaki tablo ve grafikte Doğu Anadolu Bölgesinden sadece Elazığ ilinin yıllık üretim değerleri alınmıştır.

**Tablo 5.14.** Bölgelere ve İllere Göre Yıllık Üretim Değerlerinin Kıyaslanması

Bölgeler	Güneydoğu Anadolu		İç Anadolu		Akdeniz		Doğu Anadolu
İller	Gaziantep	Şanlıurfa	Aksaray	Konya	Osmaniye	K.Maraş	Elazığ
Üretim Değerleri (kWp)	1.726.004	1.826.986	1.795.351	1.818.542	1.304.181	1.799.014	1.864.660
TOPLAM	3.552.990		3.613.893		3.103.195		1.864.660



**Şekil 5.12.** Bölgesel olarak yıllık üretim değerleri

4 bölge arasında en fazla üretimin İç Anadolu Bölgesinde olduğu görülmektedir. Güneş enerjisi potansiyeli bakımından 2. Kuşakta yer alan bu bölgede enerji üretimi, 1. Kuşakta yer alan Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz Bölgelerini geride bırakmıştır. Aradaki üretim farkı yaklaşık 61.000 kWp'dır. Değerlendirme yapılan santrallerden birisi olan Osmaniye GES santralının üretim değeri diğer santrallerden DC güç olarak yaklaşık 60 kW/h düşüktür. Ama bu üretim eksikliği aradaki farkın bu kadar açık olmasının tek nedeni değildir. Karşılaştırma yapılan 8 ilde tek tek üretim değerlerine bakıldığında bölgesel olarak en düşük enerji potansiyelli Doğu Anadolu Bölgesinde ki il olan Elazığ, diğer tüm illeri 1.864.660 kWp üretimiyle geride bırakmıştır. İç Anadolu bölgesinde ki üretim yapan iki santral verim olarak diğer bölgelerde ki santrallerin önüne geçmiştir. Güneş enerjisinin bölgesel potansiyeline göre İç Anadolu bölgesi üretim verimi olarak diğer iki bölgeden daha az olması beklenirdi. Ama üretim, sadece güneşin enerji potansiyeline göre olmamaktadır. Santrallerde kullanılan paneller ve bu panellerin doğru yerleştirilmesi, İnverter seçimi, Kablo seçimi, Trafo ve hücrelerin seçimi çok önemlidir. Ama en önemlisi sadece bu ürünleri doğru seçmek değil, seçtikten sonra doğru montaj ve dizayn edilmesidir. Bunların yanında bakımda çok önemlidir.

## BÖLÜM 6

### SONUÇLAR

Dünya güneşin etrafında döndüğü sürece var olmaya devam edecek olan enerji kaynakları insan yaşamının vazgeçilmezleri arasındadır. Kısaca iş yapabilme yeteneği olarak adlandırdığımız enerji, sadece elektrik üretimi veya tüketimi konusunda değil, hareket etmek, düşünmek ve diğer tüm ihtiyaçlarımız içinde geçerlidir. Fosil kaynaklı veya yenilenebilir enerji kaynaklarının oluşturduğu bu enerji grupları ülkelerin dışa bağımlılığını ve kalkınma seviyelerini belirlemektedir. Şu anda Dünya enerji ihtiyacının büyük bir kısmını fosil yakıtlardan elde etmektedir. Ancak bu sınırlı kaynaklar, yüksek maliyetler ve çevre kirlenmesine sebep olan sera gazı emisyonları nedeni ile gelişen teknolojiyle yerini yenilenebilir enerji (rüzgar,güneş,barajlar vb.) kaynaklarına bırakmaktadır. Fosil yakıtların kullanıldığı santrallerde yatırım maliyetleri diğer santrallere göre daha yüksektir. Ama bunun yanında üretim verimleri de üst seviyededir. Yüksek üretim kapasiteli olarak kurulan santrallerdir. Bu santrallerde kullanılan enerji üretim ünitesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının birçok santrallerinden daha fazla kapasiteye sahiptir. Fakat kurulum öncesi çalışmaları ve yapım süresi çok uzun sürmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları daha düşük kapasiteli olarak yapılabildiği için yapım aşaması kısa, maliyeti ise az olmaktadır. Hidroelektrik (baraj) santralleri ve rüzgar santralleri için yapım öncesinde yapılacak olan işlemler uzun sürmektedir. ÇED raporu alınması gereken bu santraller her açıdan değerlendirilip, yapımına öyle başlanmaktadır. Güneş enerji santralleri, tüm enerji kaynakları arasında yapımı kısa, maliyeti az olmaktadır. YEK kaynakları temiz ve sürekli olan enerji çeşitleridir. Ama bu santrallerde kullanılan malzemeleri birçoğu ithal edilen ürünler arasında yer almaktadır. İthal edilen ürünler yabancı para türünden ülkeye geldiği için maliyetleri arttırmaktadır. Bu masrafları düşürmek için devlet yetkilileri bu alanda yapılan çalışmalar için ayrılan bütçeyi atırarak, AR-GE çalışmalarına destek vermelidir. Enerji olarak dışa bağımlılığımızı azaltmak ve ülke gelişimi için bu çalışmalara hız verilmelidir. Bu çalışmalar sadece sanayi ortamında değil, üniversitelerin ilgili bölümlerinden destek

alınarak da yapılmalıdır. Güneş enerjisi konusunda çok avantajlı bir ülke konumunda yer almaktayız. Bu avantajdan doğru yatırımlar yaparak faydalanmalıyız. Ülkemizde yapılan bu santrallerden yüksek verimle enerji elde etmek için milli ve yerli üretim yapmamız gerekmektedir. Üretim yaparak ülke ekonomisine katkıda bulunmak ve yeni iş istihdamları açmak gerekir. Tüm bunları yaptıktan sonra saha içerisinde kurulum yaparken kullanılacak ürünlerin bağlantı öncesi gerekli koruma önlemlerini de almak son derece önemlidir. Santrali devreye aldıktan sonra ki dönem de verim düşüklüğü ve üretim düşüklüğü yaşamamak için yapım aşamasında alınan bu tür önlemler kayıpları azaltmaktadır. Tüm santrallerde özellikle kablo çekimi yaparken, çekilen kabloların açıkta kalan ağız kısımlarının herhangi bir sıvıyla temasını engellemek için koruyucu bantlarla kapatılması gerekmektedir. Trafo merkezlerinin ve Mod Ana binasının kablo giriş çıkışı için bırakılan boşluk kısımları işlem bittikten sonra kapatılmalıdır. Metal aksamın, panellerin ve hücre bölümlerinin topraklamasının yapılması son derece önemlidir. Topraklama herhangi bir kaçak akımda santralde kullanılan malzemeleri koruyabilmektedir. Santral düzenli olarak ilaçlanarak kemirgenlerin kabloları zarar vermesi engellenmelidir. Kabloların bağlantısı sırasında, sistem devreye alındığı vakit ark oluşmaması için bağlantı aparatlarının sıkı ve kontrollü bir şekilde yapılması gerekir.

Karşılaştırma yapılan farklı bölgelerin illerindeki güneş enerji santrallerinin arasındaki bu üretim değerlerinin farklılığı sadece bulunduğu bölgenin özellikleri ve meteorolojik olayları sebep olmamaktadır. Bunların dışında sistemin verimini etkileyen önemli unsurlar vardır. Sahanın dizaynı, panellerin güneş ışığına göre doğru açılabilmesi, zamanında ve periyodik olarak bakımlarının yapılması verimi doğrudan etkilemektedir. Sistem içerisinde kullanılan malzemelerin doğru şekilde yerleştirilmesi gerekir. Özellikle inverter ve panellerin doğru yerleştirilmesi çok önemlidir. Panel montajının açısının doğru yerleştirilmesi verimini toplam güç üzerinden (+-) 5 W gücünde etkilemektedir. Bu oran bir araya gelerek büyük güç oluşturan paneller için göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Örneğin 10 adet 250 W gücündeki paneli ele alalım. Bağlantıları istenilen şekilde yapılmış olan panellerden maksimum güçle üretim yapılırsa, her bir panelden 12.5 W fazla enerji elde edilmiş olacaktır. Projede 250 W gücünde panel kullanılmış gözükse de, dizaynı, açısı ve bakımı doğru yapılmış panelden 262.5 W gücünde enerji üretilmiş olacaktır. Üretim değerlerine bakıldığında 8 il arasında en fazla üretim Doğu Anadolu Bölgesinde

Elazığ'da (1.864.660 kWp/yıl) gerçekleşmiştir. Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgelerindeki illeri geride bırakarak sadece güneş enerjisinin performansının etkili olmadığı tespit edilmiştir. Santrallerin ilk 4 ay üretimine baktığımız zaman Diyarbakır 289.843, Gaziantep 409.736, Şanlıurfa 461.259, Osmaniye 382.405, Kahramanmaraş 455.477, Konya 520.704, Aksaray 461.259, Elazığ 536.358 kWp'dir. Bu değerlere göre yılın ilk 4 ayında yani kış aylarında en çok üretim Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan ilimiz Elazığ'da olmuştur. Kış aylarının zor şartlarda geçtiği bilinen bu ilde üretimin bu şekilde fazla olması (Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgesiyle kıyaslandığında) beklenmemektedir. Yüksek verimle çalışan santral bu dönemde diğer 7 üretim tesisini geride bırakmıştır. Kış aylarında hava durumunun yağışlı, karlı, bulutlu olabileceği düşünülünce üretim değerlerinin iller arasında çok farklılık gösterdiği görülmektedir. Yaz aylarında hava durumu genelde açık ve sıcak olarak geçmektedir. Bu nedenle bu dönemdeki üretim değerleri diğer aylara göre çok daha fazla olmaktadır. Yaz aylarından haziran, temmuz, ağustos, eylül aylarının üretim değerleri incelendiğinde, Diyarbakır 536.070, Gaziantep 828.637, Şanlıurfa 812.730, Osmaniye 527.847, Kahramanmaraş 822.374, Aksaray 799.249, Konya 799.344, Elazığ 859.942 kWp'dir. Yaz ayları üretimleri incelendiğinde Elazığ yine diğer illeri geride bırakmıştır. İç Anadolu Bölgesinde yer alan Aksaray ve Konya illeri üretimleri birbirine çok yakın değerlerde üretim gerçekleştirmiştir. Aralarında ki fark 95 kWp olarak görülmektedir. Bu mevsim de üretim değerlerinin ve verimin en üst seviyede olması gerekmektedir. Yağmur, kar, bulutlanma çok nadir görüldüğü için üretim olumsuz yönde etkilenmemektedir. Fakat Diyarbakır ve Osmaniye illerinin değerleri hem kış aylarında hem de yaz aylarında diğer illere göre çok düşük olduğu görülmektedir. Bunların sebepleri arasında santral toplam üretim kapasitesinin diğer santrallere göre daha az olması ve üretim değerlerinin alındığı dönemdeki hava şartları durumu, santrallerin arıza, bakım durumlarına ve kesintilerden kaynaklanabilmektedir. İki santralin üretimleri diğer 6 santrale göre yaklaşık 265.000 kWp daha az olmuştur. Değerleri kullanılan 8 ilin yaz ayları üretimleriyle kış ayları üretimleri farkı sırasıyla, Diyarbakır 246.227, Gaziantep 418.901, Şanlıurfa 351.471, Kahramanmaraş 366.897, Osmaniye 145.442, Konya 278.640, Aksaray 286.486, Elazığ 323.584 kWp'dir. Üretim değerleri incelendiğinde en çok fark Gaziantep ilinde görülmektedir. Gaziantep ilinde yaz aylarında diğer illere göre daha fazla üretim olmuştur. Tüm bu üretim değerleri sadece güneşin bölgesel olarak enerji potansiyeline, güneş paneline ve diğer kullanılan malzemelere bağlı olmadığı anlaşılmıştır. Şuan ki



durumda yapılan santrallerde kullanılan sistemler daha gelişmiş olmaktadır. Bu da üretim verimine etki etmektedir. Gelişen teknolojilerle bu tür montaj işlemleri artık daha nizami yapılabilmektedir. Elektronik aksamı ve hassaslığı çok iyi olan cihazlar açıları, sıcaklık derecelerini, sehpa ve yol aralarının açıklıklarını, gölgelenme etkisini rahatlıkla ölçebilmektedir. Kurulum aşamasında bu tür cihazlar kullanmak maliyeti arttırsa da, kurulumu tamamlandıktan sonra üretim performansı ile maliyet fazlalığını yok etmektedir. Enerji santrallerinde ki kayıpları azaltmak için kullanılan sistemler vardır. Bu sistemler, sensörler aracılığıyla santralin üretim değerlerini takip ederek enerji kayıpları tespit etmek için kullanılmaktadır. Fosil kaynaklı sistemlerin üretimi yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha uzun bir süreçten geçmektedir. Kurulum aşamaları daha uzun sürmektedir. Ama enerji üretimi ve verimi konusunda diğer enerji türlerine göre daha üst seviyelerdedir. Fosil yakıtlarda üretim alanı daha geniş ve çok yapılı sistemler olduğu için bu sistemleri kontrol etmek daha güç duruma gelmektedir. Böylesi büyük sistemlerde enerji kayıplarına daha da dikkat edilmesi gerekmektedir. Fosil kaynaklı ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim yapan santraller için enerji kayıpları çok önemlidir. Santrallerin aktif olarak enerji üretim aşamasında sıcaklıktan, güneşten gelen ışıınımdan ve rüzgar gücünden kaynaklı kayıpları önlemek amaçlı bu sensörleri kullanmak gerekmektedir.

## KAYNAKÇA

Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri. G.Ü. Eğitim Fakültesi Dergisi, 22(1); 47-65

Türkeş, M. (2008). İklim Değişikliğiyle Savaşım, Kyoto Protokolü ve Türkiye. Mülkiye. 259; 101-131.

Mercan, M. (2013). Türkiye İçin Alternatif Mitigasyon Politikası Uygulamalarının Ekonomik Analizi: Genel Denge Analizi, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Aydın.

Doğan, S. ve Tüzer, M. (2011). Küresel İklim Değişikliği ve Potansiyel Etkileri. C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 12(1)

IEA (2013). Key World Energy Statistics 2012, [www.iea.org/publications/.../kwes.pdf](http://www.iea.org/publications/.../kwes.pdf) (erişim tarihi: 19.09.2013)

Gürbüz, A. (2009). Enerji Piyasası İçinde Yenilenebilir (Temiz) Enerji Kaynaklarının Yeri ve Önemi. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 1-7, 13-15 Mayıs 2009, Karabük.

EÜAŞ (2012). Elektrik Üretimi Sektör Raporu 2012, [www.enerji.gov.tr/yayinlar\\_raporlar/Sektor\\_Raporu\\_EUAS\\_2012.pdf](http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Sektor_Raporu_EUAS_2012.pdf) (erişim tarihi: 12.09.2013)

DEKTM (2002). Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi. 2002 Türkiye Enerji Raporu. Ankara

Mazlum, S. C. (1999). Türkiye İçin Yeni Bir Sürdürülebilirlik Yaklaşımı: Sürdürülebilir Kalkınma Yönetimi. 3.Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi. Kasım 1999, İzmir

Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Tematik Paneli, (2003). Vizyon 2023, Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü projesi. Vizyon ve Öngörü Raporu. Ankara

ETKB, (2019). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazetesi No: 30772, Tarih: 12 Mayıs 2019

EnerjiEnstitusu.org - (TY) 500 kW Güneş Enerji Santrali Kurulumu ve Maliyeti  
www.yegm.gov.tr - (10/5/2005) 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun

Özkal, F.M. (2012). Design and experimental verification of the optimum reinforcement layout for reinforced concrete members with the aid of topology optimization and strut-and-tie modeling methods. Ph.D. Thesis, Atatürk University,

EİE, 2006. Elektrik işleri Etüt idaresi Genel Müdürlüğü Resmi internet sayfası, www.eie.gov.tr, erişim: Nisan 2006.

Sen, Z., 2004. Türkiye'nin Temiz Enerji imkânları, Mimar ve Mühendis Dergisi, Sayı: 33, Nisan- Mayıs-Haziran, 6-12, 2004.

YEGM (2015). Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. YEK Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun. Erişim Tarihi: Şubat 2015).

Gökgöz, F. ve Çınar Y., (2010). Yatırım Projeleri ve Analizi, editor.ankara.edu.tr/moodle/mod/resource/view.php?id=179, Erişim Tarihi: Ekim 2010.)

Özdemir, R., (2016). Güneş Enerjisi Sektörü. T.C. Ahiler Kalkınma Ajansı Aksaray Yatırım Destek Ofisi. Aksaray

İKA, 2013. İpekyolu Kalkınma Ajansı. Güneş Enerjisi Sektör Raporu,759746. Gaziantep

Sağlam, E. (2018). Fotovoltaik Santrallerin Kurulum Aşamaları Ve İşletimdeki Santrallerin Gerçekleşen Üretim Değerlerinin Simulasyon Sonuçları İle Karşılaştırılması. Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Taktak, F. ve İli M., (2018). Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği. Geomatik. 3(1); 1-21

## **İNTERNET KAYNAKLARI**

URL 1 <http://ekolojist.net/yenilenebilir-enerji-kaynaklari-nelerdir/4>

- URL 2 <https://enerjiteknolojileri.wordpress.com/ruzgar-enerjisi/>)
- URL 3 [https://www.gezegensolar.com/journal2/blog/post?journal\\_blog\\_post\\_id=75](https://www.gezegensolar.com/journal2/blog/post?journal_blog_post_id=75))
- URL 4 (<http://www.teknikicerik.com/ruzgar-turbini-tipleri.html>)
- URL 5 [http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h\\_hidrolik\\_nedir.aspx](http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx)
- URL 6 <https://www.karfo-endustriyel.com.tr/tr/cozumler/endustriyel-mikroskop-cozumleri/mineral-cevher-incelemeleri/jeotermal-enerji-tas-analizi>)
- URL 7 <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita>
- URL 8 (<http://gunesenerjisi.uzerine.com/index.jsp?objid=663>)
- URL 9 (<https://www.bilgiustam.com/gunes-enerjisinden-dogrudan-isi-elde-edilmesi/>)
- URL 10 (<https://devrehber.com/gunes-enerjisi-nedir/>)
- URL 11 (<https://www.tesisat.org/gunes-pilleri-calisma-prensibi.html>)
- URL 12 (<https://cbsakademi.ibb.istanbul/solar-enerji-potansiyeli-haritasi/>)
- URL 13 <https://www.enerjiatlasi.com/gunes-enerjisi-haritasi/gaziantep>
- URL 14 <https://www.enerjiatlasi.com/gunes-enerjisi-haritasi/sanliurfa>
- URL 15 <https://www.enerjiatlasi.com/gunes-enerjisi-haritasi/diyarbakir>
- URL 16 <https://www.enerjiatlasi.com/gunes-enerjisi-haritasi/osmaniye>
- URL 17 <https://www.enerjiatlasi.com/gunes-enerjisi-haritasi/kahramanmaras>
- URL 18 <https://www.enerjiatlasi.com/gunes-enerjisi-haritasi/aksaray>
- URL 19 <https://www.enerjiatlasi.com/gunes-enerjisi-haritasi/konya>
- URL 20 <https://www.enerjiatlasi.com/gunes-enerjisi-haritasi/elazig>
- URL 21 <https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Jeotermal>