



T.C.
İSTANBUL TİCARET ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAYİ POLİTAKALARI VE TEKNOLOJİ YÖNETİMİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

KENDİ ELEKTRİĞİNİ YENİLENEBİLİR ENERJİ
KAYNAKLARINDAN ÜRETEN KURUMLAR:
TKİ KURUMU ÖRNEĞİ

Yüksek Lisans Tezi

Hasan Akıncı

İstanbul, 2023



**T.C.
 STANBUL T CARET ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL B LİMLER ENSTİTÜSÜ
SANAY  POLİTAKALARI VE TEKNOLOJ  YÖNETİMİ
ANAB LİM DALI
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**KENDİ ELEKTRİĞİNİ YENİLENEBİLİR ENERJİ
KAYNAKLARINDAN ÜRETEN KURUMLAR:
TKİ KURUMU ÖRNEĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

**Hasan Akıncı
200024596**

Danışman: Doç. Dr. Sabri  Z

 stanbul, 2023

AKADEMİK VE ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Tarih : 11.04.2023

İmza

Hasan AKINCI

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KENDİ ELEKTRİĞİNİ YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN ÜRETEN KURUMLAR: TKİ KURUMU ÖRNEĞİ

Hasan AKINCI

İstanbul Ticaret Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
Sanayi Politikaları ve Teknoloji Yönetimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sabri ÖZ

Eş Danışman: Unvanı Adı Soyadı
2023, 86 sayfa

Ülkemiz, güneş enerjisi potansiyeli bakımından şanslı bir ülke konumundadır. Bununla birlikte güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimi son yıllarda hızlı bir şekilde artmış ve artmaya devam etmektedir. Bu artışın ana nedenlerinden biri de öz tüketim modeli güneş enerjisi santrallerinin yaygınlaşmasıdır. Öz tüketim modeli güneş enerjisi santralleri ile birlikte işletmeler kendi elektrik enerjisi ihtiyaçlarını karşılarken fazla ürettikleri elektrik enerjisini de satabilmektedir.

Son yıllarda, güneş enerjisinin kullanım çeşitliliğini arttırabilmek için küçük ve büyük çaplı birçok çalışma gerçekleştirilmektedir. Özellikle çeşitli güneş panelleri üzerinde yapılan çalışmalar her gün artmakta, verimleri açısından çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Kamu binaları için örneklem olarak, bu tez çalışmasında güneşten elektrik elde edilerek TKİ'nin elektrik ihtiyacını karşılayacak 1 MW'lık sistemin projelendirilmesi yapılmıştır. Bu çalışma ile kamu binalarında, gelecek için en avantajlı enerji üretme yöntemleri arasında yer alan güneş enerjisi tüm dünya ve canlılar için çok fazla önem arz ettiği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: güneş enerjisi, yenilenebilir enerji, güneş enerji santralleri, fotovoltaik sistemler.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Institutions Producing Their Own Electricity from Renewable Energy Sources: Example of TCE Institution

Hasan AKINCI

**İstanbul Commerce University
Graduate School of Social Sciences
Department of Industrial Policies and Technology Management**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sabri ÖZ
2023, 86 pages**

Electricity generation from solar energy has increased rapidly in recent years and continues to increase. One of the main reasons for this increase is the spread of self-consumption model solar power plants. With self-consumption model solar power plants, businesses can sell their excess electricity while meeting their own electrical energy needs.

In recent years, many small and large-scale studies have been carried out in order to increase the diversity of use of solar energy. In particular, studies on various solar panels are increasing day by day, and various studies are carried out in terms of their efficiency. As a sample for public buildings, in this thesis, a 1 MW system was designed to meet the electricity needs of TKİ by obtaining electricity from the sun. In this study, it was emphasized that solar energy, which is among the most advantageous energy production methods for the future in public buildings, is of great importance for the whole world and living things.

Keywords: solar energy, photovoltaic systems, concentrated solar power, sustainableenergy

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	4
ABSTRACT	5
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER	vi
ÇİZELGELER.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. ENERJİ.....	8
2.1. Enerji Kaynakları	8
2.1.1. Fosil yakıtlar.....	8
2.1.2. Nükleer enerji	9
2.1.3. Yenilenebilir Enerji	9
2.2. Enerji Üretimi	13
2.3. Enerji Politikası	13
3.YENİLENEBİLİR ENERJİ	15
3.1. Rüzgar Enerjisi	15
3.1.1. Rüzgar türbinleri.....	15
3.1.2. Rüzgar enerjisi potansiyeli.....	15
3.1.3. Rüzgar enerjisi avantajları	15
3.2. Güneş Enerjisi	15
3.2.1. Fotovoltaik sistemler	15
3.2.2. Güneş enerjisi potansiyeli	16
3.2.3. Güneş enerjisi avantajları.....	16
3.3. Hidroelektrik Enerji	16
3.3.1. Barajlar ve Hidroelektrik Santralleri.....	16
3.3.2. Hidroelektrik enerji potansiyeli	16
3.3.3. Hidroelektrik enerji avantajları	17
3.4. Biyokütle Enerjisi	17
3.4.1. Biyokütle kaynakları.....	17
3.4.2. Biyokütle enerjisi potansiyeli	17
3.4.3. Biyokütle enerjisi avantajları	17
3.5. Jeotermal Enerji	18
3.5.1. Jeotermal kaynaklar	18

3.5.2. Jeotermal enerji potansiyeli	18
3.5.3. Jeotermal enerji avantajları	18
3.6. <i>Gelgit Enerjisi</i>	18
3.6.1. Gelgit enerjisi potansiyeli	18
3.6.2. Gelgit enerjisi teknolojisi	19
3.6.3. Gelgit enerjisi avantajları	19
3.7. <i>Dalga Enerjisi</i>	19
3.7.1. Dalga enerjisi potansiyeli	19
3.7.2. Dalga enerjisi teknolojisi	20
3.7.3. Dalga enerjisi avantajları	20
4. GÜNEŞ ENERJİSİ	22
4.1. <i>Güneş Enerjisi Temelleri Nelerdir?</i>	22
4.1.1. Güneş enerjisi nedir?	22
4.1.2. Güneş enerjisi nasıl elde edilir?	22
4.2. <i>Güneş Enerjisi Sistemleri</i>	22
4.2.1. Fotovoltaik (PV) sistemler nedir?	22
4.2.2. Konsantre güneş enerjisi (CSP) sistemleri nedir?	22
4.2.3. Hibrit güneş enerjisi sistemleri nasıl çalışır?	23
4.3. <i>Güneş Enerjisi Teknolojisi</i>	23
4.3.1. Güneş Hücreleri ve Fotovoltaik Paneller Nasıl Çalışır?	23
4.3.2. Güneş enerjisi depolama sistemleri nelerdir?	23
4.3.3. Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği nasıl artırılır?	23
4.4. <i>Güneş Enerjisi Planlaması</i>	24
4.4.1. Güneş enerjisi sistemi planlaması nasıl yapılır?	24
4.4.2. Güneş enerjisi sistemleri için en uygun alanlar nelerdir?	24
4.4.3. Güneş enerjisi sistemi kurulum maliyetleri nelerdir?	25
4.5. <i>Güneş Enerjisi ve Çevre</i>	25
4.5.1. Güneş enerjisi çevre dostu mu?	25
4.5.2. Güneş enerjisi sistemlerinin çevresel etkileri nelerdir?	26
4.5.3. Güneş enerjisi ile ilgili çevresel politikalar nelerdir?	26
4.6. <i>Güneş Enerjisi ve Ekonomi</i>	27
4.6.1. Güneş enerjisi yatırımı nasıl yapılır?	27
4.6.2. Güneş enerjisi sistemleri ekonomik mi?	27
4.6.3. Güneş Enerjisi Sektörü İçin Gelecek Beklentileri Nelerdir?	27
4.7. <i>Güneş Enerjisi ve Toplum</i>	28
4.7.1. Güneş enerjisi sistemi kurulumu için toplum desteği nasıl sağlanır?	28
4.7.2. Güneş enerjisi kullanımının toplumsal faydaları nelerdir?	28
4.7.3. Güneş enerjisi projelerinin topluma etkisi nedir?	29
4.8. <i>Güneş Enerjisi ve Politikalar</i>	30
4.8.1. Güneş enerjisi politikaları nelerdir?	30
4.8.2. Güneş enerjisi için teşvik programları nelerdir?	30
4.8.3. Güneş enerjisi politikalarının uygulanması için zorluklar nelerdir?	30
5. LİTERATÜR TARAMASI	31
5.1. <i>Giriş</i>	31
5.1.1. Literatür taramasının amacı	31
5.1.2. Kullanılan araştırma yöntemleri ve veri kaynakları	32
5.2. <i>Yenilenebilir Enerji Kaynakları</i>	33
5.2.1. Yenilenebilir enerji tanımı ve önemi	33

5.2.2. Yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki farklılıklar	33
5.2.3. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik mevcut çalışmalar ve trendler	34
5.3. Güneş Enerjisi	35
5.3.1. Güneş enerjisinin temel prensipleri	35
5.3.2. Güneş enerjisi sistemleri ve bileşenleri	36
5.3.3. Güneş enerjisi altında yapılan çalışmalar ve gelişmeler	36
5.4. Enerji Dönüşümü ve Yenilenebilir Enerjinin Rolü	37
5.4.1. Enerji dönüşümü kavramı ve önemi	37
5.4.2. Yenilenebilir enerjinin enerji dönüşümünde etkisi	38
5.4.3. Enerji dönüşümü ile ilgili yapılan çalışmalar ve politikalar	38
5.5. Güneş Enerjisi Politikaları	39
5.5.1. Güneş enerjisi politikalarının önemi ve amaçları	39
5.5.2. Uygulanması gereken adımlar ve politika önerileri	39
5.5.3. Başarılı güneş enerjisi politikaları örnekleri ve etkileri	40
5.6. Güneş Enerjisi Teknolojilerinin Geleceği	40
5.6.1. Güneş enerjisi teknolojilerinde beklenen gelişmeler ve trendler	40
5.6.2. Güneş enerjisi sistemlerinin geliştirilmesi için yapılan araştırmalar	41
5.6.3. Güneş enerjisi teknolojilerindeki son gelişmeler ve yenilikler	41
5.7. Sonuç	42
5.7.1. Literatür taramasının önemli bulguları	42
5.7.2. Tezin ana konularına katkı sağlayan noktalar	42
5.7.3. İleri araştırmalar için öneriler	42
6. UYGULAMA	44
6.1. Fotovoltaik Güneş Enerji Santralleri	44
6.1.1. Fotovoltaik güneş enerji santrallerinin bileşenleri ve çalışma prensipleri	44
6.1.2. Fotovoltaik güneş enerji santrallerinin uygulama alanları ve örnek projeler	44
6.2. Konsantre Güneş Enerji Santralleri	45
6.2.1. Konsantre güneş enerji santrallerinin teknolojisi ve çalışma prensipleri	45
6.2.2. Konsantre güneş enerji santrallerinin uygulama alanları ve örnek projeler	46
6.3. Hibrit Güneş Enerji Santralleri	46
6.3.1. Hibrit güneş enerji santrallerinin bileşenleri ve çalışma prensipleri	46
6.3.2. Hibrit güneş enerji santrallerinin uygulama alanları ve örnek projeler	47
6.4. Bina Entegre Fotovoltaik (BIPV) Sistemleri	47
6.4.1. BIPV sistemlerinin teknolojisi ve çalışma prensipleri	47
6.4.2. BIPV sistemlerinin uygulama alanları ve örnek projeler	48
6.5. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri	48
6.5.1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin bileşenleri ve çalışma prensipleri	48
6.5.2. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin uygulama alanları ve örnek projeler	49
6.6. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Soma GES Projesi Kurulumu	49
6.6.1. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Soma GES Projesi ekonomik olarak değerlendirilmesi	55
6.6.2. Türkiye Kömür İşletmeleri GES uygulamaları	59
7. ANALİZ	60
7.1. Güneş Enerjisi Sistemlerinin Performans Analizi	60
7.1.1. Fotovoltaik sistemlerin enerji verimliliği ve performans analizi	60
7.1.2. Güneş enerjili ısıtma ve soğutma sistemlerinin enerji verimliliği ve performans analizi	60
7.2. Güneş Enerjisi Projelerinin Ekonomik ve Çevresel Analizi	61
7.2.1. Güneş enerjisi projelerinin maliyet analizi ve geri dönüş süreleri	61

7.2.2. Güneş enerjisi projelerinin çevresel etki değerlendirmesi ve sürdürülebilirlik analizi	61
7.2.3. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Soma GES projesinin analiz sonuçları	62
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	63
KAYNAKÇA	68
ÖZGEÇMİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.



TEŐEKKÖR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doçent Doktor Sabri ÖZ'e teşekkürlerimi sunarım.

Araştırmanın yürütölmesinde Kurumum Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu ile uygulanan GES projelerinin verilerinin kullanılmasına müsaade eden tüm idarecilerime teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında yardımını esirgemeyen meslektaşım, değerli mesai arkadaşım Onur Fevzi Kevenlik'e, manevi olarak daima yanımda duran aileme, bilhassa babaları olmakla gurur duyduğum, çocuklarım Beren ve Azra'ya sonsuz sevgilerimi sunarım.

Hasan AKINCI
İSTANBUL, 2023

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 1. Türkiye'nin enerji tüketimi 2002-2021 yılları arasında enerji tüketimi ve değişimi	1
Şekil 2. Genel potansiyel görünüm	2
Şekil 3. 2011 ve 2021 yılları için birincil enerji kaynaklarına göre türkiye kurulu gücü	4
Şekil 4. Rüzgar enerji santralleri kurulum tablosu (2000-2021).....	6
Şekil 5. RES'lerin bölgelere göre dağılımı	10
Şekil 6. Türkiye'deki HES'lerin dağılımı	11
Şekil 7. TKİ'nin kuruluş aşamaları	45



ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 1. Lisanslı elektrik üretim miktarı.....	8
Çizelge 2. Güneş enerjisi sistemlerinin dezavantajları	31
Çizelge 3. 2022 Yılı TKİ Kurumu ve ELİ Elektrik Tüketimleri.....	48
Çizelge 4. 2022 Yılı Soma’da Kurulan 1MW GES Elektrik Üretim.....	49
Çizelge 5. GES Kaynaklı Fatura Faydası.....	49
Çizelge 6. GES Yatırım ve İşletme Maliyeti	49
Çizelge 7. GİB Amortisman Süresi.....	50
Çizelge 8. Net Nakit Akım Tablosu.....	50



SİMGELER VE KISALTMALAR

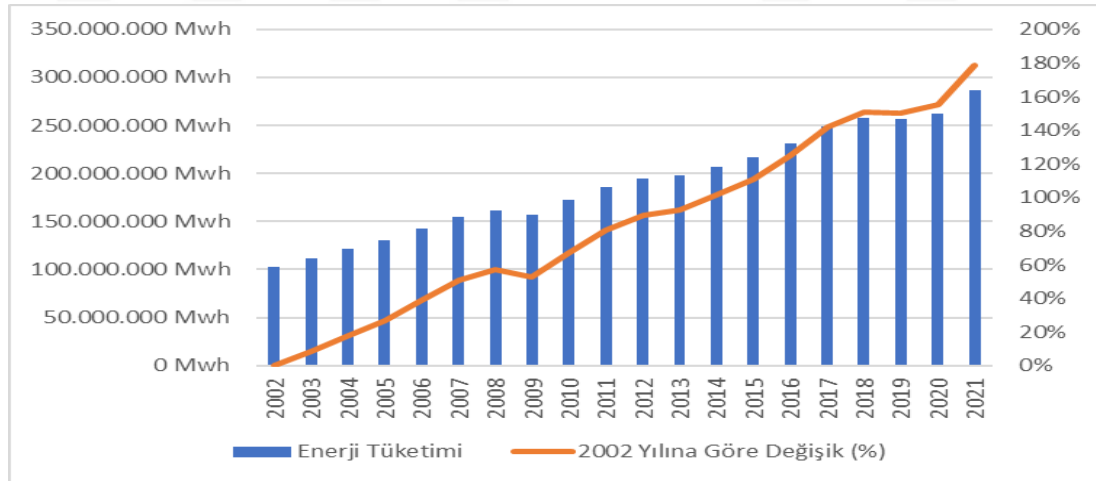
V	Volt
A	Amper
Hz	Hertz
kW	1000 Watt
I(L)	Yük Akımı
THB	Toplam Harmonik Bozulma
ETKB	Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
TKİ	Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu
ELİ	Ege Linyitleri İşletmesi
GLİ	Garp Linyitleri İşletmesi
ÇLİ	Çan Linyitleri İşletmesi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
GİB	Gelir İdaresi Başkanlığı
MW	Megawatt
GES	Güneş Enerjisi Santrali
FV	Fotovoltaik
GÖS	Geri Ödeme Süresi

1. GİRİŞ

Bu çalışma, Türkiye'deki enerji sektörü ve özellikle güneş enerjisi kullanımını kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye'nin enerji üretim ve tüketim profili, enerji politikaları, güneş enerjisi kullanımı ve güneş enerjisi sektörünün gelişimi gibi konular ele alınarak uygulama amacıyla Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumunun (TKİ) Soma Havzasında uygulamış olduğu 1MW kurulu güce sahip güneş enerji santrali (GES) projesinin verileri analiz edilecektir.

Türkiye'nin enerji sektörü, son yıllarda hızlı bir şekilde büyüme göstermiştir. Enerji üretimi, özellikle fosil yakıtlara dayalı termik santraller tarafından sağlanmaktadır. Ancak, enerji talebindeki artış ve çevre kirliliği sorunları nedeniyle, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi de artmaktadır. Bu bağlamda, güneş enerjisi Türkiye'de büyük bir potansiyele sahiptir.

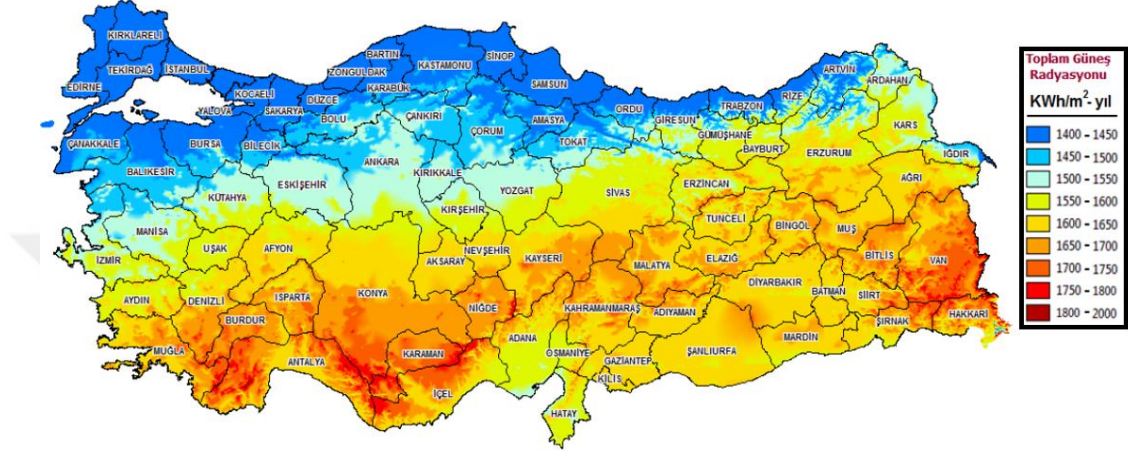
Türkiye, enerji üretimi ve tüketimi açısından hızlı bir büyüme yaşamaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, Türkiye'nin enerji tüketimi 2002-2021 yılları arasında yaklaşık %180 civarında artış göstermiştir (Şekil 1). Bununla birlikte, enerji arzında dışa bağımlılık oranı da oldukça yüksektir. Türkiye'nin enerji arzının yaklaşık %70'i ithal kaynaklardan karşılanmaktadır (TÜİK, 2023).



Şekil 1. Türkiye'nin enerji tüketimi 2002-2021 yılları arasında enerji tüketimi ve değişimi (TÜİK, 2023).

Güneş enerjisi, çevre dostu bir kaynak olması, sınırsız bir potansiyele sahip olması ve dünya genelinde artan bir şekilde kullanılması nedeniyle önem kazanmıştır. Türkiye, jeopolitik konumu nedeniyle güneş enerjisi potansiyeli yüksek bir ülkedir. Güneş enerjisi, Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yer

tutmaktadır. Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Ülke genelinde ortalama güneşlenme süresi yılda 2600 saat (Koç , 2019) ve Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli yıllık ortalama 1.500 kWh/m² civarındadır (Şekil 2) (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023). Bununla birlikte, güneş enerjisi sektörü Türkiye'de henüz yeterince gelişmemiştir ve güneş enerjisi santrallerinin kapasitesi oldukça düşüktür.



Şekil 2. Genel potansiyel görünüm (ETKB, 2023).

Türkiye'de güneş enerjisi kullanımı hızla artmaktadır. 2018 yılında, ülke genelinde kurulu güneş enerjisi kapasitesi 5 GW'a ulaşmıştır. 2023 yılına kadar, Türkiye'nin güneş enerjisi kapasitesinin 10 GW'a çıkması hedeflenmektedir (IEA, 2020).

Ancak, güneş enerjisi kullanımının yaygınlaştırılması için bazı engellerin de aşılması gerekmektedir. Bunlar arasında, yüksek yatırım maliyetleri, altyapı eksikliği ve düzenleyici sorunlar yer almaktadır (Yolcan & Ramazan, 2020).

Güneş enerjisi kullanımı, Türkiye'nin enerji arz güvenliğini artırabilir ve enerji dış ticaret açığını azaltabilir. Ayrıca, güneş enerjisi teknolojileri, yerli ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğu için, ülkenin enerji ithalatına olan bağımlılığını azaltabilir.

Güneş enerjisi teknolojilerinin Türkiye'deki enerji sektörüne olan etkisi hakkında yapılan araştırmalar, bu teknolojilerin ülkenin enerji üretimindeki payını artırabileceğini göstermektedir (Kılıç & Kekezoğlu, 2022). Ayrıca, güneş enerjisi teknolojileri, işletme maliyetlerini azaltabilir ve enerji fiyatlarını düşürebilir.

Bu nedenlerle, Türkiye'de güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması önemlidir.

Türkiye'nin enerji sektörü, dünya genelindeki enerji tüketimi ve üretimi trendlerine paralel olarak hızla büyümektedir. Elektrik enerjisi üretimi, büyük ölçüde fosil

yakıtlara dayalı termik santraller tarafından sağlanmaktadır. Ancak, son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımlar artmış ve özellikle güneş enerjisi sektöründe önemli bir gelişme kaydedilmiştir (Kılıç & Kekezoğlu, 2022).

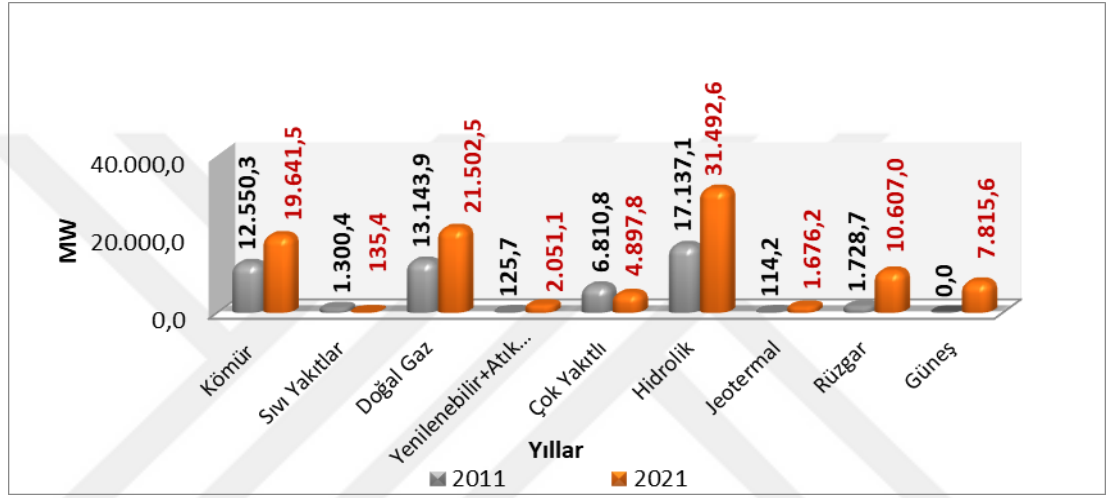
Güneş enerjisi, Türkiye gibi güneş ışınlarının bol olduğu bölgelerde önemli bir potansiyele sahiptir. Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi ortalama 2644 saat olup, güneş enerjisi kullanımında önemli bir potansiyel sunmaktadır. Bu potansiyelin değerlendirilmesi için ise, ülkede güneş enerjisi yatırımları arttırılmalı ve bunun ekonomik ve çevresel açıdan avantajlarından faydalanılmalıdır. Güneş enerjisi, özellikle sanayi sektörü başta olmak üzere birçok sektörde kullanılabilir ve enerji maliyetlerini düşürebilir (Tutak & Brodny, 2022). Türkiye'deki güneş enerjisi yatırımlarının artırılmasıyla birlikte, ülkenin enerji ithalatını azaltma potansiyeli de vardır.

Güneş enerjisi teknolojileri ve mevcut yasal düzenlemeler konusunda, Türkiye'de güneş enerjisi sektörü ile ilgili olarak çeşitli raporlar ve çalışmalar mevcuttur. Örneğin, Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) tarafından hazırlanan "Güneş Enerjisi Kaynak Teknik Şartnamesi" belgesinde, güneş enerjisi sistemleri ile ilgili teknik gereklilikler detaylı bir şekilde açıklanmaktadır (TEİAŞ, 2021). Ayrıca, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan "Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması Yönetmeliği" belgesinde, yenilenebilir enerji kaynaklarına sağlanan destek mekanizmaları hakkında bilgi verilmektedir (ETKB, 2016).

Bu tez, Türkiye'deki enerji sektörünün durumunu, güneş enerjisi teknolojilerinin gelişimini ve kullanımını, güneş enerjisi yatırımlarının ekonomik ve çevresel etkilerini analiz ederek, güneş enerjisi kullanımının Türkiye'nin enerji sektörüne olan potansiyel etkilerini araştırmayı amaçlamaktadır.

Güneş enerjisi teknolojisi ve kullanımı, yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yaygın ve hızla büyüyen kaynaklardan biridir. Güneş enerjisi, güneşten gelen ışınım enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren teknolojiler aracılığıyla elde edilir. Bu teknolojiler arasında en yaygın olanı fotovoltaik (PV) sistemlerdir. Güneş enerjisi teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte, maliyetleri düştü ve verimlilikleri arttı. Bu nedenle, güneş enerjisi artık birçok ülkede enerji arzının önemli bir parçası haline geldi (IEA, 2020).

Türkiye, sahip olduğu güneşlenme potansiyeli bakımından önemli bir ülkedir. Ülkemiz yıllık ortalama 7.2 saat güneşlenme süresine sahiptir ve yıllık güneşlenme süresi en yüksek iki bölgesi sırasıyla Güneydoğu Anadolu ve Akdeniz bölgeleridir (ETKB, 2022). Ancak, Türkiye'nin güneş enerjisi kullanımı henüz potansiyelini tam olarak değerlendirememiştir. Türkiye'nin güneş enerjisi kurulu gücü 2021 itibarıyla yaklaşık 6.8 GW'dır, bu da ülkemizin toplam kurulu gücünün yaklaşık %7'sine denk gelmektedir (Şekil 3) (TEİAŞ, 2023). Bu nedenle, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini tam olarak değerlendirmesi için daha fazla yatırıma ihtiyacı vardır.



Şekil 3 2011 ve 2021 yılları için birincil enerji kaynaklarına göre Türkiye kurulu gücü (TEİAŞ, 2023).

Türkiye'nin enerji sektörü ve enerji tüketimi, ülkenin ekonomik ve sosyal gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır. Türkiye, enerji arzının büyük bir bölümünü dışarıdan ithal etmektedir. Bunun yanı sıra, enerji talebinin de sürekli artması, enerji sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi arttırmaktadır.

Türkiye'nin enerji tüketimi, özellikle son yıllarda hızla artmıştır. 2020 yılı verilerine göre, Türkiye'nin toplam enerji tüketimi 225 milyon ton petrol eşdeğeri (Mtoe) olarak ölçülmüştür. Bu tüketimin yaklaşık %35'i endüstriyel sektörde, %30'u ulaşırmada, %20'si konutlarda ve %15'i ticari sektörde kullanılmaktadır (ETKB, 2023).

Türkiye'nin enerji üretiminde de büyük ölçüde fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Özellikle kömür, doğalgaz ve petrol, Türkiye'nin enerji arzının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Türkiye'de hidrolik ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları da kullanılmaktadır (ETKB, 2023).

Çevre dostu enerji kaynakları ve sürdürülebilirlik, günümüzde enerji sektörünün temel öncelikleri arasında yer almaktadır. Enerji üretimi, çevre üzerinde önemli bir etki yaratabilir ve bu nedenle çevre dostu enerji kaynaklarının kullanımı sürdürülebilir bir gelecek için önemlidir.

Özellikle yenilenebilir enerji kaynakları, çevre dostu enerji üretimine katkı sağlar. Rüzgar, hidroelektrik, güneş, biyokütle, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları, doğaya zarar vermeden enerji üretebilirler. Bu kaynakların kullanımı, fosil yakıtlara bağımlılığı azaltarak sera gazı emisyonlarını azaltır ve küresel iklim değişikliğiyle mücadeleye yardımcı olur.

Sürdürülebilir enerji kullanımı, sadece çevreye olan etkileri değil, aynı zamanda ekonomiye olan etkileri de dikkate alır. Çevre dostu enerji kaynaklarının kullanımı, uzun vadede ekonomik açıdan daha karlı olabilir. Örneğin, güneş enerjisi yatırımları, özellikle güneş enerjisi paneli üretimindeki maliyet düşüşleriyle birlikte son yıllarda hızla artmıştır. Bu da üretim maliyetlerini düşürür ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı haline getirir (Tüysüz & Öncel 2022).

Çevre dostu enerji kaynaklarının kullanımı, sürdürülebilir bir enerji geleceği için önemlidir. Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir ülkedir ve bu kaynakların kullanımı, çevresel etkileri azaltarak ve ekonomik faydalar sağlayarak ülke için önemli bir adım olabilir.

Enerji politikaları ve yasal düzenlemeler, ülkelerin enerji arzının güvenliği, fiyat istikrarı, sürdürülebilirlik, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi ve enerji tüketiminin etkilerinin azaltılması gibi konuları ele alır. Bu kapsamda, Türkiye'nin enerji politikaları ve yasal düzenlemeleri de önem taşımaktadır.

Türkiye'nin enerji politikaları, 2001 yılında kabul edilen Elektrik Piyasası Kanunu ile başlamıştır. Bu kanunun amacı, özelleştirme sonrası serbest piyasa ekonomisine uyum sağlamak ve enerji sektöründe özelleştirme sürecini hızlandırmaktır. Ayrıca, kanun yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmeyi ve enerji tüketiminin çevresel etkilerini azaltmayı hedeflemektedir (Bayraç & Çemrek 2022).

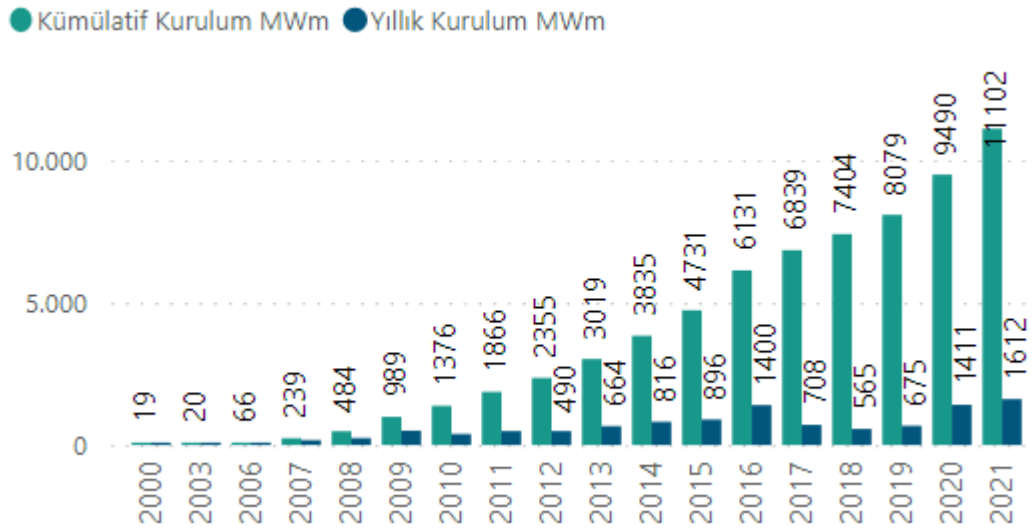
Türkiye'nin enerji politikalarının bir diğer önemli unsuru, ülkenin enerji arzında dışa bağımlılığıdır. Türkiye, enerji kaynaklarının büyük bir kısmını dışarıdan ithal etmektedir. Bu durum, enerji arzının güvenliğini tehdit etmektedir. Bu nedenle,

Türkiye enerji arzını çeşitlendirmeyi ve yerli kaynakları daha etkin bir şekilde kullanmayı hedeflemektedir (Çalışkan, 2009).

Türkiye'nin enerji politikaları, 2017 yılında kabul edilen Ulusal Enerji ve Maden Politikası ile güncellenmiştir. Bu politikada, enerji arzının güvenliği, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları ve çevreye duyarlılık konuları öne çıkmaktadır. Ayrıca, enerji sektöründe yerli kaynakların kullanımı teşvik edilmektedir (ETKB, 2017).

Türkiye'nin enerji politikaları ve yasal düzenlemeleri, enerji arzının güvenliği, çevresel etkilerin azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi ve enerji verimliliğinin artırılması gibi konuları ele almaktadır. Bu politikaların uygulanmasıyla, Türkiye'nin enerji sektörü daha sürdürülebilir bir hale gelebilir.

Son yıllarda rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi yatırımlarında ciddi artışlar görülmektedir. 2021 yılı itibariyle, Türkiye'nin kurulu güneş enerjisi kapasitesi 7,5 GW'a, rüzgar enerjisi kapasitesi ise 11 GW'tı geçmiştir (Şekil 4) (TUREB, 2023). Bunun yanı sıra hidroelektrik, biyokütle ve jeotermal enerji de ülkemizde kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları arasındadır.



Şekil 4. Rüzgar enerji santralleri kurulum tablosu (2000-2021) (TUREB, 2023)

Enerji verimliliği de ülkemiz için oldukça önemlidir. Enerji verimliliği, enerjinin daha az kullanılarak aynı işin yapılması anlamına gelmektedir ve hem çevresel hem de ekonomik açıdan fayda sağlamaktadır. Türkiye'nin enerji verimliliği alanında çalışmaları bulunmakta ve 2017 yılında Enerji Verimliliği Kanunu kabul edilmiştir (ETKB, 2017).

Enerji üretimi, son yıllarda teknolojik yenilikler ve gelişmelerle birlikte önemli bir dönüşüm geçirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların artması, enerji üretiminde teknolojik yeniliklere de öncülük etmektedir. Özellikle güneş, rüzgar ve hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji üretiminde teknolojik gelişmeleri de beraberinde getirmektedir.

Güneş enerjisi, son yıllarda gelişen teknolojilerle birlikte oldukça popüler hale gelmiştir. Fotovoltaik paneller ve termal güneş enerjisi sistemleri, güneş enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, güneş enerjisi depolama teknolojileri de geliştirilmektedir (Kebede ve ark., 2022).

Rüzgar enerjisi, dünyanın birçok bölgesinde önemli bir enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Rüzgar türbinleri, rüzgar enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılmaktadır. Teknolojik yenilikler, rüzgar türbinlerinin verimliliğini artırmakta ve maliyetlerini düşürmektedir. Ayrıca, rüzgar enerjisi depolama teknolojileri de geliştirilmektedir (Durmuş ve ark., 2022).

Sonuç olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımların artması, enerji üretiminde teknolojik yeniliklere de öncülük etmektedir. Bu teknolojik gelişmeler, hem enerji arzının güvenliğini sağlamakta hem de çevre dostu bir enerji üretimi sağlamaktadır.

Bu tez çalışması, güneş enerjisi sistemlerinin teknolojik gelişimini, çeşitli uygulama alanlarını ve güneş enerjisi politikalarının etkinliğini ve başarısını ele almaktadır. Bu bağlamda, güneş enerjisi teknolojilerindeki en son gelişmeler, yenilikler ve gelecekteki trendler değerlendirilmiştir. Ayrıca, fotovoltaik ve konsantre güneş enerji santralleri, hibrit güneş enerji sistemleri, bina entegre fotovoltaik (BIPV) sistemleri ve güneş enerjili su ısıtma sistemleri gibi güneş enerjisi uygulamalarının çalışma prensipleri, bileşenleri ve örnek projeleri incelenmiştir. Son olarak, güneş enerjisi politikalarının önemi, amaçları ve başarılı uygulama örneklerinin etkileri değerlendirilerek, bu politikaların sürdürülebilir enerji hedeflerine katkısı vurgulanmıştır.

2. ENERJİ

2.1. Enerji Kaynakları

2.1.1. Fosil yakıtlar

Fosil yakıtlar, dünya enerji tüketiminin büyük bir bölümünü karşılayan ve çevresel etkilere neden olan bir enerji kaynağıdır. Bu yakıtların en önemlileri kömür, petrol ve doğal gazdır. Kömür, dünyadaki fosil yakıt rezervlerinin yaklaşık %40'ını oluştururken, petrol %33 ve doğal gaz %27 paya sahiptir (BP, 2021).

Türkiye'de fosil yakıtlar, enerji arzının temel kaynaklarından biridir ve ülkenin enerji üretimi ve tüketiminde önemli bir rol oynamaktadır. Türkiye, yerli kömür rezervlerine sahip olmasına rağmen, petrol ve doğal gazın çoğunu ithal etmektedir. Türkiye'nin enerji tüketiminin %34'dü doğal gaz, %32'si kömür, %17'si hidroelektrik ve %10'a yakını rüzgar enerjisi ile karşılanmaktadır (Tablo 1) (EPDK, 2022).

<i>Kaynak Türü</i>	<i>2020</i>	<i>Değeri</i>	<i>Pay</i>	<i>2021 Değeri</i>	<i>Pay</i>
	<i>(GWh)</i>		<i>(%)</i>	<i>(GWh)</i>	<i>(%)</i>
DOĞAL GAZ	69.277,54		23,60	108.394,45	33,95
HİDROLİK	78.087,88		26,60	55.656,34	17,43
İTHAL KÖMÜR	62.466,47		21,20	54.888,84	17,19
LİNYİT	38.163,85		13,00	43.400,43	13,59
RÜZGAR	24.561,36		8,40	30.990,13	9,71
JEOTERMAL	9.929,41		3,40	10.770,88	3,37
BİYOKÜTLE	5.228,50		1,80	7.371,77	2,31
TAŞ KÖMÜR	3.415,83		1,20	3.539,79	1,11
ASFALTİT	2.222,88		0,80	2.372,95	0,74
KÖMÜR					
GÜNEŞ	416,98		0,10	1.552,91	0,49
FUEL OİL	313,04		0,10	336,64	0,11
MOTORİN	1,00		0,00	0,08	0,00
Genel Toplam	294.084,73		100,00	319.275,22	100,00

Tablo 1. Lisanslı elektrik üretim miktarı (EPDK, 2022)

Türkiye'nin enerji politikaları, fosil yakıtların kullanımını azaltmaya yönelik çabaları içermektedir. Özellikle son yıllarda, yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan

yatırımlar artmıştır. Türkiye'nin güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji ve biyokütle enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına potansiyeli yüksektir ve bu kaynakların kullanımı da giderek artmaktadır (IEA, 2022).

Ancak, Türkiye'de fosil yakıtların kullanımının azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanımı için daha fazla çaba gerekmektedir. Bu doğrultuda, Türkiye'nin enerji politikaları, çevre dostu teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, enerji verimliliğinin artırılması gibi alanlarda daha fazla çalışma yapması gerekmektedir.

2.1.2. Nükleer enerji

Türkiye, nükleer enerji alanında çeşitli projeler yürütmektedir. İlk nükleer enerji santrali olan Akkuyu Nükleer Güç Santrali'nin (NGS) inşaatı devam etmektedir ve tamamlandığında yılda yaklaşık 35 milyar kilovat saat elektrik üretmesi hedeflenmektedir (Yüksel, 2023). Ayrıca, Sinop NGS projesi de yürütülmektedir ve bu projenin de tamamlanmasıyla yılda yaklaşık 8-10 milyar kilovat saat elektrik üretimi hedeflenmektedir (NDK, 2022).

Ancak, nükleer enerjinin çevresel riskleri ve olası kazaları gibi faktörler de dikkate alınmalıdır. Türkiye, nükleer enerji santrallerinin güvenliğine ilişkin gerekli tedbirleri almak için uluslararası standartlara uygun olarak çalışmalar yapmaktadır.

Nükleer enerji santralleri ayrıca nükleer atık sorunu yaratmaktadır. Türkiye'nin nükleer enerji santralleriyle birlikte nükleer atıkların depolanması için bir nükleer atık depolama tesisi de planlanmaktadır.

2.1.3. Yenilenebilir Enerji

2.1.3.1. Güneş enerjisi

Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksek olmasına rağmen, güneş enerjisi kullanımı hala düşük düzeydedir.

Türkiye, güneş enerjisi potansiyeli bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli yıllık ortalama 1.500 kWh/m² olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, Türkiye'nin güneşlenme süresi yıllık ortalama 2,640 saat civarındadır (ETKB, 2023). Türkiye'de güneş enerjisi yatırımları son yıllarda hızla artmaktadır. 2020 yılı sonunda Türkiye'deki toplam güneş enerjisi kurulu gücü 6.66 GW'a ulaşmıştır. 2020 yılında yapılan yatırımların toplam gücü ise yaklaşık 1.5 GW olmuştur (TEİAŞ, 2023).

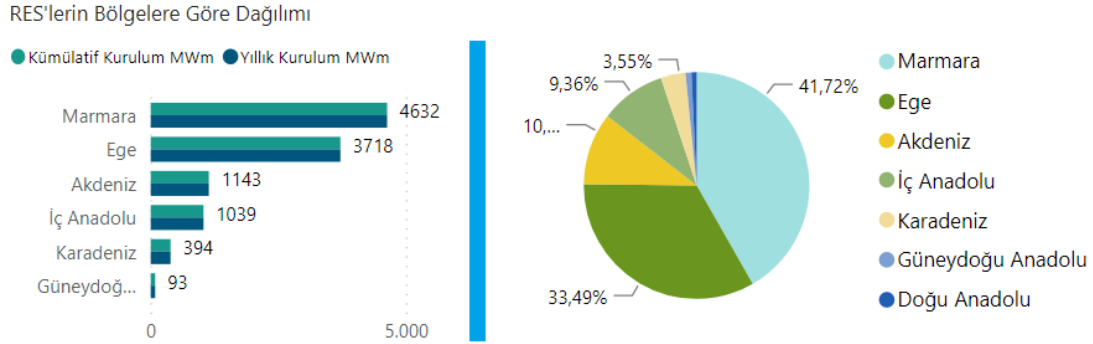
Türkiye'de güneş enerjisi sektöründe faaliyet gösteren firmaların lisanslandırılması ve faaliyetlerinin düzenlenmesi için çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemeler

arasında yenilenebilir enerji kaynakları destek mekanizması, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesislerinin kabulüne ilişkin usul ve esaslar yönetmeliği gibi mevzuatlar yer almaktadır (ETKB, 2017).

Türkiye'de güneş enerjisi kullanımının artırılması için çeşitli öneriler bulunmaktadır. Bu öneriler arasında, güneş enerjisi santrallerine yönelik destek mekanizmalarının geliştirilmesi, güneş enerjisi panellerinin üretiminde yerli kaynakların kullanılması, güneş enerjisi sistemlerine yönelik AR-GE çalışmalarının desteklenmesi gibi konular yer almaktadır.

2.1.3.2. Rüzgar enerjisi

Rüzgar enerjisi, Türkiye'de son yıllarda hızla gelişen bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Türkiye'nin özellikle Ege ve Marmara bölgelerinde rüzgar enerjisi potansiyeli bakımından zengin olduğu bilinmektedir. Rüzgar Enerji Santrallerinin (RES) bölgelere göre dağılımı Şekil 5'dir (TUREB, 2023).



Şekil 5. RES'lerin bölgelere göre dağılımı (TUREB, 2023).

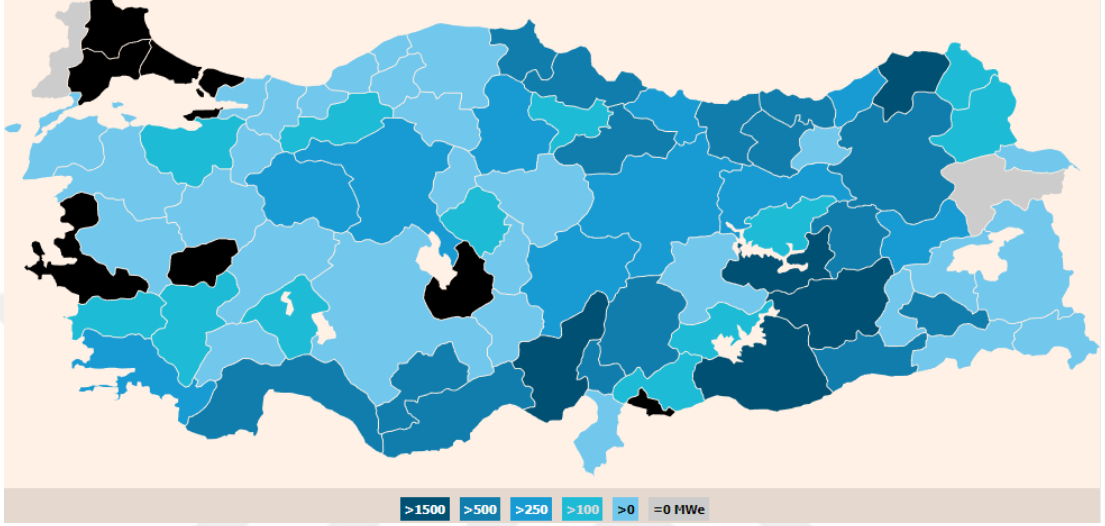
Türkiye'de rüzgar enerjisi üretimi, 2011 yılında 1.728 MW iken, 2019 yılında 10.607 MW'a ulaşmıştır (TEİAŞ, 2023). 2023 yılında Türkiye'de toplamda 273 rüzgar enerjisi santrali bulunmaktadır. Türkiye'de rüzgar enerjisi potansiyelinin özellikle kıyı bölgelerinde yoğunlaştığı bilinmektedir (TUREB, 2023).

Türkiye'deki rüzgar enerjisi yatırımlarının büyük bir kısmı, özel sektör tarafından gerçekleştirilmektedir. Yatırımların büyük bir kısmı, Türkiye'nin yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmak için belirlediği lisanslı kapasite hedefi doğrultusunda gerçekleştirilmektedir (TUREB, 2023).

Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyelinin yüksek olması, ülkenin enerji ithalatını azaltma potansiyeline sahip olmasına yardımcı olmaktadır. Ayrıca, rüzgar enerjisi üretimi sırasında karbon salınımının olmaması, Türkiye'nin karbon salınımını azaltma hedeflerine ulaşmasına da yardımcı olmaktadır.

2.1.3.3.Hidroelektrik enerji

Türkiye, hidroelektrik enerji potansiyeli bakımından zengin bir ülkedir. Türkiye'de yaklaşık 708 hidroelektrik santrali bulunmaktadır ve bu santrallerin toplam kurulu gücü 30.000 MW'ın üzerindedir. Bu santrallerin %80'i Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yer almaktadır (Şekil 6) (*Enerji Atlası*, 2023).



Şekil 6. Türkiye'deki HES'lerin dağılımı (*Enerji Atlası*, 2023).

Türkiye'de hidroelektrik enerji üretiminde büyük ölçüde faydalanılan akarsular arasında Fırat, Dicle, Kızılırmak, Sakarya, Büyük Menderes, Yeşilırmak, Susurluk ve Gediz bulunmaktadır (Sönmez & Yıldız, 2019).

Türkiye, hidroelektrik enerjide üretim kapasitesi açısından dünyanın 13. büyük ülkesidir (IEA, 2022).

Aşağıda Türkiye'nin hidroelektrik enerji kapasitesi ve üretimi hakkında bazı bilgiler verilmiştir (*Enerji Atlası*, 2023):

- Türkiye'nin hidroelektrik enerji kapasitesi 78.000 GW civarındadır .
- 2023 yılında Türkiye'de hidroelektrik enerjisi üretimi yaklaşık 78 GWh olarak gerçekleşmiştir. Bu, toplam elektrik üretiminin yaklaşık %31'ine denk gelmektedir.

2.1.3.4. Jeotermal enerji

Türkiye, dünya genelinde jeotermal enerji potansiyeli bakımından ilk beş ülke arasında yer almaktadır (*Enerji Atlası*, 2023). Türkiye'de jeotermal enerji kaynakları, özellikle Batı Anadolu, İç Anadolu, ve Doğu Anadolu bölgelerinde bulunmaktadır (Mertoglu ve ark., 2019).

Jeotermal enerjinin elektrik üretiminde kullanımı, 1970'li yıllarda Türkiye'de başlamıştır. Türkiye'de 2023 itibarıyla 63 jeotermal elektrik santrali bulunmaktadır ve toplam kurulu güçleri 1,6 GW'dır (Enerji Atlası, 2023). Türkiye'nin toplam jeotermal potansiyelinin yaklaşık 31 GW olduğu tahmin edilmektedir (Mertoglu ve ark., 2019). Jeotermal enerjinin ısıtma ve soğutma amaçlı kullanımı da Türkiye'de yaygınlaşmaktadır. 2020 itibarıyla Türkiye'de 774 adet jeotermal ısıtma ve soğutma sistemi bulunmaktadır (TSKB, 2021). Jeotermal enerjinin ısıtma ve soğutma amaçlı kullanımı özellikle turizm sektöründe sıcak su havuzları, termal oteller ve spa merkezleri gibi tesislerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ayrıca, Türkiye'de jeotermal kaynaklarının sadece elektrik ve ısı üretimi için değil, aynı zamanda seracılık, balık yetiştiriciliği ve tıbbi amaçlar için de kullanımı söz konusudur.

Jeotermal enerjinin kullanımı, çevresel ve sosyo-ekonomik faydaları nedeniyle Türkiye'de hızla gelişmektedir. Ancak jeotermal kaynakların kullanımı sırasında çevresel etkilerin minimize edilmesi için uygun teknolojilerin kullanılması ve sıkı bir denetim yapılması gerekmektedir.

2.1.3.5. Biyokütle enerjisi

Biyokütle enerjisi, bitkisel veya hayvansal atıkların veya atık malzemelerin yakılarak enerjiye dönüştürüldüğü bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Türkiye, biyokütle enerjisi potansiyeli bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Türkiye'deki biyokütle kaynakları şu şekildedir (ETKB, 2022):

- Tarım atıkları: Türkiye, tarım ülkesi olması nedeniyle tarımsal atıklar açısından oldukça zengindir. Özellikle hububat ve yağlı tohumlardan elde edilen atıklar, biyokütle enerjisi için kullanılabilir.
- Orman atıkları: Türkiye'nin ormanlık alanları oldukça geniştir ve orman atıkları da biyokütle enerjisi üretimi için kullanılabilir.
- Hayvansal atıklar: Türkiye'de büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık oldukça gelişmiştir. Bu nedenle, hayvansal atıklar biyokütle enerjisi üretimi için önemli bir kaynak olabilir.
- Endüstriyel atıklar: Türkiye'deki endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan atıklar da biyokütle enerjisi üretimi için kullanılabilir.

2.1.3.6. Gelgit enerjisi

Gelgit enerjisi, okyanuslardaki gelgit hareketlerinin kullanılarak enerji üretimi için kullanılan bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Türkiye'nin gelgit enerjisi potansiyeli henüz araştırılmamıştır ve bu konuda bilgi bulunmamaktadır. Ancak, Türkiye'nin geniş bir sahil şeridine sahip olması nedeniyle, gelgit enerjisi potansiyelinin de yüksek olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, Türkiye'de gelgit enerjisi potansiyelini belirlemeye yönelik araştırmaların yapılması gerekmektedir.

2.2. Enerji Üretimi

Enerji üretimi, elektrik ve diğer kaynaklardan birincil enerji üretme sürecidir. Enerji üretimi, insanların yaşam kalitesini artırmak, sanayi ve ekonomik faaliyetleri desteklemek ve çevreyi korumak için hayati bir öneme sahiptir. Enerji üretiminde kullanılan kaynaklar, yenilenebilir ve fosil yakıtlar olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Yenilenebilir enerji kaynakları, hidroelektrik, rüzgar, güneş, jeotermal ve biyogaz gibi doğal süreçlerden elde edilen enerjidir. Fosil yakıtlar ise kömür, petrol, doğal gaz gibi milyonlarca yıl önce oluşmuş organik maddelerden elde edilen enerjidir (Aydem, 2022).

Türkiye elektrik enerjisi tüketimi 2022 yılında bir önceki yıla göre %1,25 oranında azalarak 328,7 TWh, elektrik üretimi ise bir önceki yıla göre %2,60 azalarak 326 TWh olarak gerçekleşmiştir. Türkiye Ulusal Enerji Planı çalışmasının sonuçlarına göre elektrik tüketiminin 2025 yılında 380,2 TWh, 2030 yılında 455,3 TWh, 2035 yılında ise 510,5 TWh seviyesine ulaşması beklenmektedir. Türkiye elektrik üretimindeki kaynaklara göre dağılım ise şöyledir: %34,6 kömürden, %22,2 doğal gazdan, %20,6 hidrolik enerjiden, %10,8 rüzgardan, %4,7 güneşten, %3,3 jeotermal enerjiden ve %3,7 diğer kaynaklardan elde edilmiştir (ETKB, 2023). Türkiye elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payı %35,8 iken fosil yakıtların payı %64,2'dir (Enerji Atlası, 2023).

2.3. Enerji Politikası

Türkiye'nin enerji politikası, kaynak ülke ve güzergâh çeşitliliğine gidilmesini, Türkiye'de enerji karışımında yenilenebilir enerjinin payını arttırırken, nükleer enerjiden de yararlanılmaya başlanılmasını, enerji verimliliğinin arttırılmasına yönelik çalışmalarda bulunulmasını ve Avrupa'nın enerji güvenliğine katkıda bulunulmasını amaçlamaktadır (Güner & Albostan, 2007).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) tarafından Türkiye’nin enerji politikası; “ülke enerji ihtiyacının amaçlanan ekonomik büyümeyi gerçekleştirecek, sosyal kalkınma hamlelerini destekleyecek ve yönlendirecek şekilde, zamanında, yeterli, güvenilir, ekonomik koşullarda ve çevresel etkileri de göz önüne alınarak sağlanması” olarak belirlenmiştir (Güner & Albostan, 2007).

Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine büyük önem vermektedir. 2017 yılında kabul edilen Milli Enerji Politikası uyarınca yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ana öncelikler arasındadır (ETKB, 2020).



3.YENİLENEBİLİR ENERJİ

3.1. Rüzgar Enerjisi

3.1.1. Rüzgar türbinleri

Rüzgar türbinleri, rüzgar enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmek için kullanılan cihazlardır. Rüzgar türbinlerinin temel bileşenleri arasında gövde, kanatlar ve jeneratörler yer alır. Rüzgar türbinleri, genellikle yüksek yerlere yerleştirilir ve rüzgarın gücüyle dönen kanatlar, jeneratörler tarafından elektriğe dönüştürülür. Rüzgar türbinleri, rüzgar enerjisi kaynaklarına bağlı olarak farklı boyutlarda ve şekillerde olabilir. Bazı rüzgar türbinleri, tek kanatlı veya çok kanatlı olabilirken, diğerleri daha fazla kanata sahip olabilir (Freris & Infield, 2008).

3.1.2. Rüzgar enerjisi potansiyeli

Rüzgar enerjisi potansiyeli, bir bölgenin rüzgar enerjisi kaynaklarından ne kadar yararlanabileceğini belirten bir ölçüttür. Rüzgar enerjisi potansiyeli, birçok faktöre bağlıdır, örneğin rüzgarın hızı, yoğunluğu ve süresi gibi faktörlere bağlıdır. Rüzgar enerjisi potansiyelinin belirlenmesi, bir rüzgar enerjisi projesinin planlanması ve yerleşimi için önemlidir. Rüzgar enerjisi potansiyeli, bir bölgenin rüzgar enerjisi kaynaklarını nasıl kullanabileceğini belirleyerek, bir bölgenin yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma potansiyelini belirleyebilir (Freris & Infield, 2008).

3.1.3. Rüzgar enerjisi avantajları

Rüzgar enerjisi, birçok avantaja sahiptir. İlk olarak, rüzgar enerjisi kaynakları sınırsızdır ve çevreye zarar vermezler. İkincisi, rüzgar enerjisi üretimi, fosil yakıtlara göre daha az sera gazı emisyonuna neden olur. Üçüncüsü, rüzgar enerjisi, sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır ve ekonomik olarak da çekicidir. Rüzgar enerjisi, birçok bölgede mevcut olan bir kaynaktır ve yerel enerji üretimi için bir fırsat sunar. Rüzgar enerjisi aynı zamanda enerji maliyetlerini de düşürür ve enerji bağımsızlığını artırır. Son olarak, rüzgar enerjisi üretim tesisleri, iş yaratma potansiyeli nedeniyle bir bölge için ekonomik fayda sağlayabilir (Stiebler, 2008).

3.2. Güneş Enerjisi

3.2.1. Fotovoltaik sistemler

Güneş enerjisi, fotovoltaik sistemler aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Fotovoltaik sistemler, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren teknolojilerdir. Güneş ışınları, fotovoltaik hücrelerde elektronları serbest bırakarak, elektrik akımı üretmelerini sağlar. Fotovoltaik sistemler, çatılarda, binalarda ve güneş

enerjisi çiftliklerinde kullanılabilir. Bu sistemler, düşük bakım maliyetleri, uzun ömürleri ve çevre dostu olmaları nedeniyle giderek daha popüler hale gelmektedir (Foster ve ark., 2009).

3.2.2. Güneş enerjisi potansiyeli

Güneş enerjisi potansiyeli, bir bölgenin güneş enerjisi kaynaklarından ne kadar yararlanabileceğini belirten bir ölçüttür. Güneş enerjisi potansiyeli, birçok faktöre bağlıdır, örneğin bölgenin enlemi, iklimi ve güneş ışınlarının yoğunluğu gibi faktörlere bağlıdır. Güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi, bir güneş enerjisi projesinin planlanması ve yerleşimi için önemlidir. Güneş enerjisi potansiyeli, bir bölgenin güneş enerjisi kaynaklarını nasıl kullanabileceğini belirleyerek, bir bölgenin yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma potansiyelini belirleyebilir (Foster ve ark., 2009).

3.2.3. Güneş enerjisi avantajları

Güneş enerjisi, birçok avantaja sahiptir. İlk olarak, güneş enerjisi sınırsızdır ve çevreye zarar vermez. İkincisi, güneş enerjisi üretimi, fosil yakıtlara göre daha az sera gazı emisyonuna neden olur. Üçüncüsü, güneş enerjisi, sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır ve ekonomik olarak da çekicidir. Güneş enerjisi, enerji maliyetlerini düşürür ve enerji bağımsızlığını artırır. Ayrıca, güneş enerjisi tesisleri, yerel ekonomiye fayda sağlar ve iş yaratma potansiyeline sahiptir. Güneş enerjisi, birçok bölgede mevcut olan bir kaynaktır ve güneş enerjisi çiftlikleri, özellikle kırsal alanlarda, ekonomik fayda sağlayabilir. Son olarak, güneş enerjisi tesisleri, düşük bakım maliyetleri ve uzun ömürleri nedeniyle ekonomik ve çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilir (Foster ve ark., 2009).

3.3. Hidroelektrik Enerji

3.3.1. Barajlar ve Hidroelektrik Santralleri

Hidroelektrik enerji, suyun kinetik enerjisinden elektrik enerjisi üreten hidroelektrik santralleri aracılığıyla elde edilir. Hidroelektrik santralleri, barajlarda toplanan suyun, türbinlerden geçirilerek elektrik üretmesini sağlar. Barajlar, suyun toplanmasını ve kontrol edilmesini sağlayan yapılardır. Hidroelektrik santralleri, dünya genelinde elektrik üretiminde önemli bir rol oynar ve birçok ülkenin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılar (Pandey & Karki, 2017).

3.3.2. Hidroelektrik enerji potansiyeli

Hidroelektrik enerji potansiyeli, bir bölgenin hidroelektrik enerji kaynaklarından ne kadar yararlanabileceğini belirten bir ölçüttür. Potansiyel, birçok faktöre bağlıdır,

örneğin suyun debisi, düşüş hızı ve su kaynaklarının yoğunluğu gibi faktörlere bağlıdır. Hidroelektrik enerji potansiyelinin belirlenmesi, bir hidroelektrik enerji projesinin planlanması ve yerleşimi için önemlidir. Hidroelektrik enerji potansiyeli, bir bölgenin yenilenebilir enerji kaynaklarını nasıl kullanabileceğini belirleyerek, bir bölgenin enerji üretim potansiyelini belirleyebilir (Pandey & Karki, 2017).

3.3.3. Hidroelektrik enerji avantajları

Hidroelektrik enerji, birçok avantaja sahiptir. İlk olarak, hidroelektrik santralleri, yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir ve sınırsız su kaynaklarına dayanır. İkincisi, hidroelektrik enerjisi, fosil yakıtlara göre daha az sera gazı emisyonuna neden olur. Üçüncüsü, hidroelektrik enerjisi, düşük işletme maliyetlerine sahiptir ve uzun ömürlüdür. Hidroelektrik enerjisi ayrıca, elektrik enerjisi ihtiyacının arttığı zamanlarda, elektrik arzını sağlamak için hızlı bir şekilde kullanılabilir. Son olarak, hidroelektrik enerjisi, su kaynaklarından yararlanarak, çevre dostu bir enerji kaynağıdır ve birçok bölgede enerji bağımsızlığı sağlar (Pandey & Karki, 2017).

3.4. Biyokütle Enerjisi

3.4.1. Biyokütle kaynakları

Biyokütle enerjisi, organik madde veya biyokütle kaynaklarından elde edilir. Biyokütle kaynakları, odun, tarımsal atıklar, hayvan gübresi, talaş, kağıt atıkları ve atık malzemeler gibi birçok farklı kaynaktan oluşabilir. Biyokütle enerjisi üretmek için, biyokütle kaynakları yakılır veya fermentasyona uğratılır. Bu süreçler, biyokütle kaynaklarının enerjiye dönüştürülmesini sağlar (Freris & Infield, 2008).

3.4.2. Biyokütle enerjisi potansiyeli

Biyokütle enerjisi potansiyeli, bir bölgenin biyokütle kaynaklarından ne kadar yararlanabileceğini belirten bir ölçüttür. Potansiyel, birçok faktöre bağlıdır, örneğin bölgenin tarımsal faaliyetleri, orman alanları ve diğer organik atıklar gibi faktörlere bağlıdır. Biyokütle enerjisi potansiyelinin belirlenmesi, bir biyokütle enerjisi projesinin planlanması ve yerleşimi için önemlidir. Biyokütle enerjisi potansiyeli, bir bölgenin yenilenebilir enerji kaynaklarını nasıl kullanabileceğini belirleyerek, bir bölgenin enerji üretim potansiyelini belirleyebilir (Freris & Infield, 2008).

3.4.3. Biyokütle enerjisi avantajları

Biyokütle enerjisi, birçok avantaja sahiptir. İlk olarak, biyokütle enerjisi kaynakları sınırsızdır ve çevreye zarar vermezler. İkincisi, biyokütle enerjisi üretimi, fosil yakıtlara göre daha az sera gazı emisyonuna neden olur. Üçüncüsü, biyokütle enerjisi,

sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır ve ekonomik olarak da çekicidir. Biyokütle enerjisi ayrıca, elektrik enerjisi ihtiyacının arttığı zamanlarda, elektrik arzını sağlamak için hızlı bir şekilde kullanılabilir. Son olarak, biyokütle enerjisi, organik atıkların enerji kaynağı olarak kullanılması nedeniyle çevre dostu bir enerji kaynağıdır ve birçok bölgede enerji bağımsızlığı sağlar (Freris & Infield, 2008).

3.5. Jeotermal Enerji

3.5.1. Jeotermal kaynaklar

Jeotermal enerji, yer altı kaynaklarından elde edilen termal enerjidir. Jeotermal kaynaklar, volkanik faaliyetler, jeotermal alanlar ve sıcak su kaynakları gibi yer altı kaynaklarından oluşabilir. Jeotermal enerji, kaynakların sıcaklığına ve akış hızına bağlı olarak elektrik enerjisi veya ısınma amaçlı kullanılabilir. Jeotermal enerji, sıcak su ve buharın türbinlerden geçirilmesiyle elektrik enerjisi üretmek için kullanılabilir.

3.5.2. Jeotermal enerji potansiyeli

Jeotermal enerji potansiyeli, bir bölgenin jeotermal kaynaklarından ne kadar yararlanabileceğini belirten bir ölçüttür. Potansiyel, birçok faktöre bağlıdır, örneğin bölgenin volkanik faaliyetleri, sıcak su kaynaklarının yoğunluğu ve kaynakların sıcaklığı gibi faktörlere bağlıdır. Jeotermal enerji potansiyelinin belirlenmesi, bir jeotermal enerji projesinin planlanması ve yerleşimi için önemlidir. Jeotermal enerji potansiyeli, bir bölgenin yenilenebilir enerji kaynaklarını nasıl kullanabileceğini belirleyerek, bir bölgenin enerji üretim potansiyelini belirleyebilir (Boden, 2017).

3.5.3. Jeotermal enerji avantajları

Jeotermal enerji, birçok avantaja sahiptir. İlk olarak, jeotermal enerji kaynakları sınırsızdır ve çevreye zarar vermezler. İkincisi, jeotermal enerjisi üretimi, fosil yakıtlara göre daha az sera gazı emisyonuna neden olur. Üçüncüsü, jeotermal enerji, sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır ve ekonomik olarak da çekicidir. Jeotermal enerji ayrıca, ısınma amaçlı kullanıldığında, bölgesel ısıtma sistemleri ve sera üretimi gibi farklı alanlarda kullanılabilir. Son olarak, jeotermal enerji, düşük işletme maliyetleri ve uzun ömürleri nedeniyle ekonomik ve çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilir (Boden, 2017).

3.6. Gelgit Enerjisi

3.6.1. Gelgit enerjisi potansiyeli

Gelgit enerjisi, deniz seviyesindeki gelgit hareketlerinden kaynaklanan enerjidir. Bu enerji, gelgit hareketlerini kullanarak elektrik enerjisi üretmek için kullanılabilir.

Gelgit enerjisi potansiyeli, bir bölgenin gelgit hareketlerinden ne kadar yararlanabileceğini belirten bir ölçüttür. Potansiyel, birçok faktöre bağlıdır, örneğin bölgenin deniz kıyısı uzunluğu, deniz seviyesi yükselişleri ve dalga koşulları gibi faktörlere bağlıdır. Gelgit enerjisi potansiyelinin belirlenmesi, bir gelgit enerjisi projesinin planlanması ve yerleşimi için önemlidir. Gelgit enerjisi potansiyeli, bir bölgenin yenilenebilir enerji kaynaklarını nasıl kullanabileceğini belirleyerek, bir bölgenin enerji üretim potansiyelini belirleyebilir (Freris & Infield, 2008).

3.6.2. Gelgit enerjisi teknolojisi

Gelgit enerjisi teknolojisi, gelgit hareketlerinden enerji üretmek için kullanılan farklı teknolojileri içerir. Bu teknolojiler arasında gelgit türbinleri, flütürler, yüzey salınımları ve geleneksel hidrolik türbinler gibi farklı yöntemler yer alır. Gelgit türbinleri, deniz yüzeyindeki su seviyesindeki yükselme ve alçalmaları kullanarak enerji üretir. Flütürler, deniz yüzeyindeki hareketlerden enerji üretmek için kullanılır. Yüzey salınımları, deniz suyunun yüzeyindeki hareketleri kullanarak enerji üretir. Geleneksel hidrolik türbinler ise, deniz suyunun akışını kullanarak enerji üretir (Freris & Infield, 2008).

3.6.3. Gelgit enerjisi avantajları

Gelgit enerjisi, birçok avantaja sahiptir. İlk olarak, gelgit enerjisi, sınırsız bir enerji kaynağıdır ve çevreye zarar vermez. İkincisi, gelgit enerjisi, fosil yakıtlara göre daha az sera gazı emisyonuna neden olur. Üçüncüsü, gelgit enerjisi, elektrik enerjisi ihtiyacının arttığı zamanlarda hızlı bir şekilde kullanılabilir. Gelgit enerjisi ayrıca, enerji maliyetlerinin düşük olması ve düşük işletme maliyetleri nedeniyle çekici bir enerji kaynağıdır. Gelgit enerjisi ayrıca, birçok bölgede enerji bağımsızlığı sağlar. Son olarak, gelgit enerjisi, deniz seviyesindeki hareketlerden kaynaklandığı için, çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilir.

3.7. Dalga Enerjisi

3.7.1. Dalga enerjisi potansiyeli

Dalga enerjisi, denizdeki dalga hareketlerinden kaynaklanan enerjidir. Bu enerji, dalga hareketlerini kullanarak elektrik enerjisi üretmek için kullanılabilir. Dalga enerjisi potansiyeli, bir bölgenin dalga hareketlerinden ne kadar yararlanabileceğini belirten bir ölçüttür. Potansiyel, birçok faktöre bağlıdır, örneğin bölgenin dalga yoğunluğu, dalga yüksekliği ve dalga süresi gibi faktörlere bağlıdır. Dalga enerjisi potansiyelinin belirlenmesi, bir dalga enerjisi projesinin planlanması ve yerleşimi için önemlidir.

Dalga enerjisi potansiyeli, bir bölgenin yenilenebilir enerji kaynaklarını nasıl kullanabileceğini belirleyerek, bir bölgenin enerji üretim potansiyelini belirleyebilir (Freris & Infield, 2008).

3.7.2. Dalga enerjisi teknolojisi

Dalga enerjisi teknolojisi, denizdeki dalga hareketlerinden enerji üretmek için kullanılan farklı teknolojileri içerir. Bu teknolojiler arasında dalga türbinleri, dalga kıvrımları ve dalga pompa türbinleri gibi farklı yöntemler yer alır. Dalga türbinleri, deniz yüzeyindeki dalga hareketlerini kullanarak enerji üretir. Dalga kıvrımları, deniz suyunun hareketlerini kullanarak enerji üretir. Dalga pompa türbinleri ise, deniz suyunun hareketlerini kullanarak enerji üretir (Freris & Infield, 2008).

3.7.3. Dalga enerjisi avantajları

Dalga enerjisi, birçok avantaja sahiptir. İlk olarak, dalga enerjisi kaynakları sınırsızdır ve çevreye zarar vermezler. İkincisi, dalga enerjisi üretimi, fosil yakıtlara göre daha az sera gazı emisyonuna neden olur. Üçüncüsü, dalga enerjisi, elektrik enerjisi ihtiyacının arttığı zamanlarda hızlı bir şekilde kullanılabilir. Dalga enerjisi ayrıca, enerji maliyetlerinin düşük olması ve düşük işletme maliyetleri nedeniyle çekici bir enerji kaynağıdır. Dalga enerjisi ayrıca, birçok bölgede enerji bağımsızlığı sağlar. Son olarak, dalga enerjisi, denizdeki doğal hareketlerden kaynaklandığı için, çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilir.

- a. Hidrojen üretimi:** Hidrojen enerjisi, suyun hidrojen ve oksijen elementlerine ayrılması yoluyla üretilir. Bu sürece elektroliz denir ve elektrik akımı kullanılarak gerçekleştirilir. Elektroliz sırasında, su, hidrojen ve oksijen elementlerine ayrılır ve hidrojen gazı ayrıştırılır. Hidrojen üretimi ayrıca, doğal gaz reformlama ve biyokütle gazlaştırma gibi alternatif yöntemlerle de gerçekleştirilebilir.
- b. Hidrojen depolama ve taşıma:** Hidrojen enerjisi, depolama ve taşıma konusunda bazı zorluklar içerir. Hidrojen gazının yüksek yanıcı özelliği nedeniyle, depolama ve taşıma işlemleri özel önlemler gerektirir. Hidrojen gazı sıkıştırılmış halde depolanabilir veya sıvılaştırılabilir. Hidrojen, boru hatları, tanklar veya tankerlerle taşınabilir. Hidrojenin depolanması ve taşınması, hidrojen enerjisi sistemleri için önemlidir.
- c. Hidrojen enerjisi avantajları:** Hidrojen enerjisi, birçok avantaja sahiptir. İlk olarak, hidrojen enerjisi kaynakları sınırsızdır ve çevreye zarar vermezler.

İkincisi, hidrojen enerjisi, fosil yakıtlara göre daha az sera gazı emisyonuna neden olur. Üçüncüsü, hidrojen enerjisi, çeşitli sektörlerde kullanılabilen çok yönlü bir enerji kaynağıdır. Hidrojen ayrıca, elektrik enerjisi üretmek için kullanıldığında, sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır. Hidrojen enerjisi, taşımacılık, endüstriyel enerji ve ev enerjisi gibi farklı alanlarda kullanılabilir. Son olarak, hidrojen enerjisi, düşük işletme maliyetleri ve uzun ömürleri nedeniyle ekonomik ve çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilir (Freris & Infield, 2008).



4. GÜNEŞ ENERJİSİ

4.1. Güneş Enerjisi Temelleri Nelerdir?

4.1.1. Güneş enerjisi nedir?

Güneş enerjisi, Güneş'in nükleer reaksiyonlar sonucu yarattığı enerjidir. Güneş, her saniye milyarlarca ton hidrojeni helyuma dönüştürür ve bu sırada büyük miktarda enerji açığa çıkar. Bu enerji, Güneş'ten yayılarak Dünya'ya ulaşır ve burada kullanılabilir hale getirilir. Güneş enerjisi, temiz, sınırsız ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.

4.1.2. Güneş enerjisi nasıl elde edilir?

Güneş enerjisi, çeşitli teknolojiler kullanılarak elde edilebilir. Bunlardan en yaygın olanı fotovoltaik (PV) sistemlerdir. Fotovoltaik paneller, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır. Güneş enerjisi ayrıca, konsantre güneş enerjisi (CSP) sistemleri kullanılarak da elde edilebilir. Bu sistemlerde, güneş enerjisi bir noktada yoğunlaştırılır ve bu ısının elektrik üretmek için kullanılması sağlanır. Ayrıca, güneş enerjisi ile ilgili diğer teknolojiler de geliştirilmektedir ve kullanılmaya başlanmıştır.

4.2. Güneş Enerjisi Sistemleri

4.2.1. Fotovoltaik (PV) sistemler nedir?

Fotovoltaik (PV) sistemler, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır. Bu sistemler, fotovoltaik panellerden, inverterlerden ve diğer elektrik bileşenlerinden oluşur. Güneş ışığı, fotovoltaik panellerin yüzeyindeki yarıiletken malzemeler tarafından emilir ve bu sayede elektrik akımı oluşur. Bu elektrik akımı, inverterler aracılığıyla alternatif akıma dönüştürülür ve evler, işyerleri veya elektrik şebekesine beslenebilir (Foster ve ark., 2009).

4.2.2. Konsantre güneş enerjisi (CSP) sistemleri nedir?

Konsantre güneş enerjisi (CSP) sistemleri, güneş enerjisini yoğunlaştırarak yüksek sıcaklıklara ulaştırır ve bu sıcaklık kullanılarak elektrik üretir. Bu sistemler, parabolik aynalar, güneş kulesi veya çanak anten gibi farklı yapılar kullanılarak tasarlanabilir. Güneş enerjisi, bu yapıların yüzeylerine yansıtılır ve bu sayede ısının yoğunlaştırılması sağlanır. Bu yoğunlaştırılmış ısı, sıvılar veya gazlar aracılığıyla taşınır ve bu sayede elektrik üretimi sağlanır (Smets ve ark., 2016).

4.2.3. Hibrit güneş enerjisi sistemleri nasıl çalışır?

Hibrit güneş enerjisi sistemleri, fotovoltaik (PV) ve konsantre güneş enerjisi (CSP) sistemlerinin birleştirilmesiyle oluşur. Bu sistemler, farklı güneş enerjisi teknolojilerinin birleştirilmesi sayesinde daha yüksek verimlilik elde edilmesini sağlar. Örneğin, PV sistemlerinin güneş ışığından en iyi şekilde yararlanabildiği günlerde elektrik üretirken, CSP sistemleri daha düşük güneş ışığı yoğunluğuna sahip günlerde kullanılabilir. Bu sayede, hibrit güneş enerjisi sistemleri daha verimli ve etkili bir şekilde çalışabilir (Smets ve ark., 2016).

4.3. Güneş Enerjisi Teknolojisi

4.3.1. Güneş Hücreleri ve Fotovoltaik Paneller Nasıl Çalışır?

Fotovoltaik paneller, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır. Bu paneller, yarıiletken malzemelerden oluşur ve güneş ışığı ile temas ettiklerinde, bu ışık enerjisi, yarıiletkenlerdeki elektronları serbest bırakır. Bu serbest kalan elektronlar, bir akım oluşturmak için toplanır ve bu akım, bir devre boyunca akar. Panellerin güç çıkışı, güneş ışığı yoğunluğuna, panelin boyutuna ve malzemelerin verimliliğine bağlıdır.

Güneş hücreleri, PV panellerin temel yapı taşıdır. Güneş hücreleri, genellikle silisyumdan yapılır ve güneş ışığından elektrik enerjisi üretmek için kullanılır. Hücreler, ışık enerjisi tarafından uyarıldığında, elektronları serbest bırakır ve bu elektronlar, bir akım oluşturmak için bir araya gelir. Bu akım, bir devre boyunca akar ve kullanılabilir elektrik enerjisi sağlar (Zekry ve ark., 2018).

4.3.2. Güneş enerjisi depolama sistemleri nelerdir?

Güneş enerjisi depolama sistemleri, güneş enerjisini depolamak için kullanılır. Bu sistemler, genellikle aküler veya termal depolama sistemleri olarak tasarlanmıştır. Akü depolama sistemleri, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren cihazlarda üretilen fazla enerjiyi depolarlar. Bu enerji, daha sonra ihtiyaç duyulduğunda kullanılabilir. Termal depolama sistemleri ise, güneş enerjisini ısıya dönüştürerek depolama sağlarlar. Bu sayede, ihtiyaç duyulduğunda bu ısı, elektrik enerjisine dönüştürülebilir.

4.3.3. Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği nasıl artırılır?

Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliği, panel verimliliği, güneş ışığı yoğunluğu, panel boyutu ve açısı, panellerin temizliği ve bakımı gibi faktörlere bağlıdır. Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini artırmak için, panellerin yerleştirildiği konum ve açıları,

güneş ışığının en üst düzeyde kullanılmasını sağlamalıdır. Ayrıca, panellerin düzenli olarak temizlenmesi ve bakımının yapılması da verimliliği artırabilir. Bazı teknolojik gelişmeler de, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini artırmak için kullanılmaktadır. Örneğin, yüksek verimli güneş panelleri, daha verimli inverterler, çift eksenli izleme sistemleri gibi teknolojiler, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini artırmak için kullanılabilir (Foster ve ark., 2009).

Ayrıca, güneş enerjisi sistemleri, özellikle bulutlu veya güneşsiz günlerde yeterli enerji sağlayamayabilirler. Bu nedenle, güneş enerjisi sistemlerinin yanı sıra diğer enerji kaynaklarının kullanılması da gerekebilir. Hibrit enerji sistemleri, güneş enerjisi sistemlerinin yanı sıra diğer enerji kaynaklarının birleştirilmesiyle oluşan sistemlerdir. Bu sistemler, güneş enerjisi sistemlerinin zayıf yönlerini tamamlayarak, daha güvenilir bir enerji kaynağı sağlar.

Sonuç olarak, güneş enerjisi teknolojisi, sürekli olarak gelişen bir alandır ve giderek daha fazla insanın ilgisini çekmektedir. Bu teknolojiler, düşük maliyetli, çevre dostu ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı sağlarlar. Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğinin artırılması ve daha fazla yenilikçi teknolojinin geliştirilmesi, güneş enerjisinin gelecekte daha yaygın hale gelmesini sağlayacaktır.

4.4. Güneş Enerjisi Planlaması

4.4.1. Güneş enerjisi sistemi planlaması nasıl yapılır?

Güneş enerjisi sistemleri, kurulum öncesinde planlama yapılması gereken bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi sistemi planlaması, güneş enerjisi ihtiyacını belirleme, güneş enerjisi sistemleri için uygun alana karar verme, panel kapasitesi belirleme, inverter, kablo ve diğer bileşenleri seçme, yasal gereklilikleri yerine getirme gibi birçok faktörü içerir.

Güneş enerjisi sistemi planlaması yapılırken, güneş enerjisi ihtiyacı öncelikle belirlenir. Bu, güneş enerjisi sistemi için ne kadar enerji ihtiyacı olduğunun belirlenmesini sağlar. Daha sonra, güneş enerjisi sistemi için en uygun alanlar belirlenir. Güneş enerjisi sistemleri için uygun alanlar, açık bir alana ve güneş ışığına en fazla maruz kalan bölgelere sahip alanlardır. Panel kapasitesi belirlendikten sonra, inverter, kablo ve diğer bileşenlerin seçimi yapılır ve yasal gereklilikler yerine getirilir.

4.4.2. Güneş enerjisi sistemleri için en uygun alanlar nelerdir?

Güneş enerjisi sistemleri için en uygun alanlar, açık bir alana ve güneş ışığına en fazla maruz kalan bölgelere sahip alanlardır. Güneş enerjisi sistemleri, dünya genelinde

farklı iklim ve coğrafi şartlarda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Güneş enerjisi sistemleri için en uygun alanlar, genellikle yüksek güneş ışığı yoğunluğuna sahip yerlerdir. Bu alanlar, ekvatora yakın bölgeler, çöller ve dağlık bölgeler olabilir.

Güneş enerjisi sistemleri için uygun alanların seçiminde, arazi kullanımı, inşaat maliyetleri, güneş ışığı yoğunluğu ve yasal gereklilikler gibi faktörler de dikkate alınmalıdır. Güneş enerjisi sistemleri için uygun alanların seçimi, doğru planlama ve analizler yapılarak yapılmalıdır (Boxwell, 2012).

4.4.3. Güneş enerjisi sistemi kurulum maliyetleri nelerdir?

Güneş enerjisi sistemi kurulum maliyetleri, birçok faktöre bağlıdır. Güneş enerjisi sistemi kurulum maliyetleri, güneş enerjisi sisteminin boyutuna, kullanılan teknolojiye, inşaat maliyetlerine, panel ve bileşenlerin fiyatlarına, yerel kurulum maliyetlerine ve yasal gerekliliklere bağlı olarak değişir.

Güneş enerjisi sistemi kurulumu için, paneller, invertörler, montaj sistemleri, kablo ve diğer bileşenler gibi malzemeler gereklidir. Bu malzemelerin maliyeti, güneş enerjisi sistemi kurulumunun ana maliyetlerini oluşturur. Kurulum maliyetleri, ayrıca, inşaat, izin, danışmanlık ve diğer hizmetler gibi harcamaları da içerebilir.

Güneş enerjisi sistemi kurulum maliyetleri, genellikle yüksek olmasına rağmen, uzun vadede geri kazanılabilir. Güneş enerjisi sistemi kurulumu, uzun vadeli bir yatırım olarak düşünülmelidir. Güneş enerjisi sistemi kurulumu, elektrik faturalarında önemli tasarruf sağlayabilir ve çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kullanılabilir.

Sonuç olarak, güneş enerjisi sistemi kurulumu, doğru planlama ve analizler yapılarak yapılmalıdır. Güneş enerjisi ihtiyacı belirlenmeli, uygun alanlar seçilmeli, malzemeler ve bileşenler doğru seçilmeli ve yasal gereklilikler yerine getirilmelidir. Güneş enerjisi sistemi kurulumu, uzun vadeli bir yatırım olarak düşünülmeli ve elektrik faturalarında tasarruf sağlamak için kullanılabilir (Boxwell, 2012).

4.5. Güneş Enerjisi ve Çevre

4.5.1. Güneş enerjisi çevre dostu mu?

Güneş enerjisi, çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilir. Güneş enerjisi üretimi, diğer fosil yakıtların aksine doğrudan çevre kirliliği veya sera gazı emisyonlarına neden olmaz. Ayrıca, güneş enerjisi üretimi sırasında, zararlı atıkların ve diğer tehlikeli maddelerin salınımı da minimum düzeydedir.

Güneş enerjisi, ayrıca, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi kaynağı sınırsızdır ve güneş enerjisi sistemleri, düzenli bakım yapıldığı sürece, uzun yıllar

boyunca enerji sağlayabilirler. Bu nedenle, güneş enerjisi, çevre dostu ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak kabul edilir.

4.5.2. Güneş enerjisi sistemlerinin çevresel etkileri nelerdir?

Güneş enerjisi sistemleri, çevre dostu olsalar da, kurulumları ve kullanımları sırasında bazı çevresel etkilere neden olabilirler. Güneş enerjisi sistemlerinin çevresel etkileri, genellikle, panel üretimi, inşaat, arazi kullanımı ve atık yönetimi gibi konuları içerir. Panel üretimi, güneş enerjisi sistemlerinin en çevresel etkili aşamasıdır. Panel üretimi, bazı tehlikeli kimyasalların kullanımını gerektirir ve bu kimyasalların atılması, toksik atıkların salınımına neden olabilir. Bununla birlikte, panel üretiminde kullanılan kimyasalların ve atık yönetimi yöntemlerinin sıkı düzenlemeler altında tutulması, çevresel etkileri minimize edebilir (Boxwell, 2012).

Güneş enerjisi sistemi kurulumu, inşaat faaliyetleri gerektirir ve bu faaliyetler, arazi kullanımı ve bitki örtüsüne zarar verebilir. Ancak, güneş enerjisi sistemleri, diğer enerji kaynaklarına kıyasla daha az alan gerektirirler ve bu da arazi kullanımı konusunda avantajlı hale getirir.

4.5.3. Güneş enerjisi ile ilgili çevresel politikalar nelerdir?

Güneş enerjisi, çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edildiği için, birçok ülke, güneş enerjisi ile ilgili çevresel politikalar uygulamaktadır. Bu politikalar, güneş enerjisi sistemlerinin teşvik edilmesi, güneş enerjisi üretiminin artırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve çevre dostu enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaştırılması gibi hedefleri içerir.

Türkiye'de de, güneş enerjisi sistemleri için teşvikler ve destekler sağlanmaktadır. 2011 yılında çıkarılan yenilenebilir enerji kanunu, güneş enerjisi sistemleri için de teşvikler öngörmüştür. Ayrıca, EPDK tarafından yayınlanan yönetmelikler, güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu ve işletilmesiyle ilgili yasal düzenlemeleri de içermektedir.

Sonuç olarak, güneş enerjisi, çevre dostu bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Güneş enerjisi sistemlerinin çevresel etkileri minimize edilmeye çalışılmakta ve güneş enerjisi ile ilgili çevresel politikalar, yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmesini ve çevre dostu enerji kaynaklarının kullanımını desteklemektedir.

4.6. Güneş Enerjisi ve Ekonomi

4.6.1. Güneş enerjisi yatırımı nasıl yapılır?

Güneş enerjisi, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır ve yatırımcılar için cazip bir seçenek olabilir. Güneş enerjisi yatırımı yapmak isteyenler, çeşitli seçenekler arasından seçim yapabilirler.

Bireysel yatırımcılar, evlerine ya da işletmelerine güneş enerjisi sistemleri kurarak, elektrik faturalarında tasarruf sağlayabilirler. Büyük yatırımcılar ise, güneş enerjisi santralleri kurarak, büyük ölçekli elektrik üretimi yapabilirler.

Güneş enerjisi yatırımı yapmak isteyenler, öncelikle, yatırım maliyetlerini ve geri dönüş sürelerini hesaplamalıdır. Güneş enerjisi sistemleri, kurulum maliyetleri yüksek olsa da, uzun vadede önemli tasarruf sağlayabilirler. Ayrıca, bazı ülkelerde, güneş enerjisi sistemleri için teşvikler ve destekler sağlanmaktadır ve bu da yatırım yapmayı cazip hale getirir.

4.6.2. Güneş enerjisi sistemleri ekonomik mi?

Güneş enerjisi sistemleri, kurulum maliyetleri yüksek olsa da, uzun vadede önemli tasarruf sağlayabilirler. Güneş enerjisi sistemleri, elektrik faturalarında önemli bir düşüş sağlar ve uzun vadede geri kazanılabilecek bir yatırım olarak düşünülmelidir.

Güneş enerjisi sistemlerinin ekonomikliğı, yatırım maliyetlerinin yanı sıra, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğı, güneş enerjisi fiyatları ve elektrik fiyatlarına da bağlıdır. Güneş enerjisi fiyatları, dünya genelinde düşmeye devam ediyor ve bu da güneş enerjisi sistemlerinin daha ekonomik hale gelmesini sağlıyor.

Ayrıca, güneş enerjisi sistemleri, elektrik üretiminde kullanılan diğer fosil yakıtların aksine, doğrudan çevre kirliliğı veya sera gazı emisyonlarına neden olmazlar ve bu da gelecekte çevre dostu enerji kaynaklarına yönelişe bağlı olarak güneş enerjisi sistemlerinin daha ekonomik hale gelmesine yardımcı olabilir (Foster ve ark., 2009).

4.6.3. Güneş Enerjisi Sektörü İçin Gelecek Beklentileri Nelerdir?

Güneş enerjisi sektörü, son yıllarda hızla büyümüşür ve bu büyüme trendinin devam etmesi beklenmektedir. Gelecekte, güneş enerjisi sistemlerinin daha da geliştirilmesi, verimliliklerinin artırılması ve maliyetlerinin düşürülmesi beklenmektedir. Bu da güneş enerjisi sistemlerinin daha yaygın bir şekilde kullanılmasını ve daha ekonomik hale gelmesini sağlayacaktır.

Güneş enerjisi sektörü, iş imkanları açısından da önemli bir potansiyele sahiptir. Güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu, bakımı, üretimi ve satışı gibi birçok farklı iş alanında

istihdam sağlanabilir. Özellikle, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik politikaların artmasıyla birlikte, güneş enerjisi sektöründe iş imkanları da artmaktadır (Foster ve ark., 2009).

Güneş enerjisi sektörü için gelecekteki beklentiler, aynı zamanda, ülkelerin enerji kaynaklarına yönelik politikalarına da bağlıdır. Birçok ülke, fosil yakıtlardan çıkış ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik politikaları uygulamaktadır. Bu politikaların devam etmesi durumunda, güneş enerjisi sistemleri, daha da yaygın bir şekilde kullanılacak ve sektörün büyümesine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, güneş enerjisi sektörü, gelecekte önemli bir potansiyele sahiptir. Güneş enerjisi sistemleri, çevre dostu ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır ve gelecekte, dünya genelinde daha yaygın bir şekilde kullanılması beklenmektedir. Ayrıca, güneş enerjisi sektörü, iş imkanları açısından da önemli bir potansiyele sahiptir ve gelecekte sektörün büyümesi beklenmektedir.

4.7. Güneş Enerjisi ve Toplum

4.7.1. Güneş enerjisi sistemi kurulumu için toplum desteği nasıl sağlanır?

Güneş enerjisi sistemleri, çevre dostu ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır. Ancak, güneş enerjisi sistemi kurulumu için, toplum desteği önemlidir. Güneş enerjisi projelerinin başarılı olması için, toplumda güneş enerjisi sistemlerinin avantajları ve faydaları hakkında farkındalık yaratılması gerekmektedir.

Güneş enerjisi sistemleri, elektrik faturalarında önemli bir tasarruf sağlar ve aynı zamanda, fosil yakıtların kullanımını azaltarak çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Toplumda güneş enerjisi sistemlerinin avantajları hakkında farkındalık yaratmak için, bilgilendirme kampanyaları düzenlenebilir, seminerler ve konferanslar düzenlenebilir ve medya kullanılabilir.

Ayrıca, güneş enerjisi projelerinin toplumun ihtiyaçlarına uygun olması da önemlidir. Güneş enerjisi sistemleri, toplumun enerji ihtiyaçlarına uygun olarak planlanmalı ve kurulmalıdır. Güneş enerjisi projeleri, toplumun desteğini alarak daha başarılı ve sürdürülebilir hale gelebilir.

4.7.2. Güneş enerjisi kullanımının toplumsal faydaları nelerdir?

Güneş enerjisi sistemleri, çevre dostu ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır ve birçok toplumsal fayda sağlar. Güneş enerjisi kullanımının toplumsal faydaları şunlardır:

- Elektrik faturalarında tasarruf sağlama: Güneş enerjisi sistemleri, elektrik faturalarında önemli bir tasarruf sağlar. Bu da toplumun bireysel ve ticari maliyetlerini düşürür.
- Çevre dostu enerji kaynağı: Güneş enerjisi sistemleri, fosil yakıtların kullanımını azaltarak çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Bu da, toplumun yaşadığı çevreyi korur ve sürdürülebilir bir gelecek için önemlidir.
- Enerji güvenliği: Güneş enerjisi sistemleri, yerli bir enerji kaynağıdır ve enerji ithalatına bağımlılığı azaltır. Bu da toplumun enerji güvenliğini artırır.
- İstihdam: Güneş enerjisi projeleri, kurulumu, bakımı, üretimi ve satışı gibi birçok farklı iş alanında istihdam sağlar. Bu da toplumun istihdamını artırır.

4.7.3. Güneş enerjisi projelerinin topluma etkisi nedir?

Güneş enerjisi projeleri, topluma birçok farklı şekilde etki edebilir. Güneş enerjisi projelerinin topluma etkisi, projenin boyutuna, konumuna ve toplumun ihtiyaçlarına göre değişebilir.

Güneş enerjisi projeleri, doğrudan çevre kirliliği veya sera gazı emisyonlarına neden olmazlar ve bu da toplumun sağlığı ve çevresi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Ayrıca, güneş enerjisi projeleri, toplumun enerji ihtiyaçlarını karşılamaya yardımcı olur ve enerji güvenliğini artırır.

Ancak, güneş enerjisi projeleri, bazı durumlarda toplumda çatışmalara da neden olabilir. Özellikle, güneş enerjisi projelerinin kurulacağı alanlar, bazı topluluklar için kutsal veya önemli bir bölge olabilir. Bu durumda, güneş enerjisi projeleri, toplumda çatışmalara neden olabilir ve projelerin başarısı tehlikeye girebilir.

Güneş enerjisi projelerinin toplum üzerindeki etkisi, projenin planlaması ve uygulanması aşamalarında dikkate alınmalıdır. Güneş enerjisi projeleri, toplumun ihtiyaçlarına uygun olarak planlanmalı ve projelerin topluma fayda sağlaması için, toplumun desteği alınmalıdır. Ayrıca, güneş enerjisi projeleri, toplumda çatışmalara neden olabilecek durumlar önceden tespit edilerek, çözümlenmelidir.

Sonuç olarak, güneş enerjisi projeleri, topluma birçok farklı şekilde etki edebilir. Güneş enerjisi projelerinin topluma fayda sağlaması için, toplumun desteği alınmalı ve projeler, toplumun ihtiyaçlarına uygun olarak planlanmalıdır. Güneş enerjisi projelerinin toplum üzerindeki etkileri, projenin boyutuna, konumuna ve toplumun ihtiyaçlarına göre değişebilir ve bu nedenle, projelerin planlama aşamasında dikkate alınmalıdır.

4.8. Güneş Enerjisi ve Politikalar

4.8.1. Güneş enerjisi politikaları nelerdir?

Güneş enerjisi, dünya genelinde önemli bir enerji kaynağı haline gelmiştir. Birçok ülke, güneş enerjisi sistemlerinin kullanımını teşvik etmek için politikalar uygulamaktadır. Güneş enerjisi politikaları, güneş enerjisi sistemlerinin kurulumunu, üretimini, bakımını ve kullanımını desteklemek için tasarlanmıştır.

Güneş enerjisi politikaları arasında, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik politikaları, güneş enerjisi teşvikleri, güneş enerjisi üretimine yönelik tarifeler, vergi indirimleri ve sıfır emisyonlu araçlar için teşvikler yer alır. Güneş enerjisi politikaları, güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlaşması ve enerji dönüşümü sürecinin hızlandırılması için önemlidir (Kahraman, 2010).

4.8.2. Güneş enerjisi için teşvik programları nelerdir?

Güneş enerjisi teşvik programları, güneş enerjisi sistemlerinin kurulumunu teşvik etmek için tasarlanmıştır. Güneş enerjisi teşvik programları arasında, doğrudan maddi destekler, vergi indirimleri, kredi garanti programları ve düşük faizli kredi programları yer alır.

Güneş enerjisi teşvik programları, güneş enerjisi sistemlerinin kurulum maliyetlerini düşürerek, güneş enerjisi sistemlerinin daha yaygın bir şekilde kullanılmasını sağlar. Ayrıca, güneş enerjisi teşvik programları, güneş enerjisi sektöründeki iş imkanlarını artırır ve ekonomik büyümeye katkı sağlar.

4.8.3. Güneş enerjisi politikalarının uygulanması için zorluklar nelerdir?

Güneş enerjisi politikalarının uygulanması, birçok zorlukla karşı karşıya kalabilir. Güneş enerjisi politikalarının uygulanması için, politikaların karar alıcılar tarafından kabul edilmesi ve desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca, güneş enerjisi politikalarının uygulanması için, yeterli bütçe ayrılması ve politikaların etkin bir şekilde uygulanması gerekmektedir.

Güneş enerjisi politikalarının uygulanması için, altyapı ve teknolojik gelişmelerin de uygun olması gerekmektedir. Güneş enerjisi sistemleri, güneş ışığının yoğun olduğu bölgelerde daha verimli çalışır. Bu nedenle, güneş enerjisi politikalarının uygulanması için, ülkelerin coğrafi konumlarına göre uygun politikaların belirlenmesi gerekmektedir.

Güneş enerjisi politikalarının uygulanması ayrıca, mevcut enerji sektöründeki çıkarlar ve politik baskılar nedeniyle zor olabilir. Enerji sektöründe faaliyet gösteren şirketler,

güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlaşmasından olumsuz etkilenebilirler ve politik baskılarla güneş enerjisi politikalarının uygulanmasını engelleyebilirler (Foster ve ark., 2009).

Başlangıç için yüksek sermaye ihtiyacı

Altyapı eksikliği

Modüler enerji depolamasının maliyeti arttırması

Meteorolojik koşullara bağlı olarak değişken enerji üretimi

Bölgesel özelliklere göre teknik hizmetlere ulaşmada zorluklar

Tablo 2. Güneş enerjisi sistemlerinin dezavantajları (Foster ve ark., 2009).

Sonuç olarak, güneş enerjisi politikaları, güneş enerjisi sistemlerinin yaygınlaşması ve enerji dönüşümü sürecinin hızlandırılması için önemlidir. Güneş enerjisi politikaları arasında, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik politikaları, güneş enerjisi teşvikleri ve vergi indirimleri yer alır. Ancak, güneş enerjisi politikalarının uygulanması ayrıca birçok zorlukla karşı karşıya kalabilir. Güneş enerjisi politikalarının uygulanması için, politikaların yetkililer tarafından kabul edilmesi, yeterli bütçenin ayrılması ve teknolojik altyapının uygun olması gerekmektedir.

5. LİTERATÜR TARAMASI

5.1. Giriş

5.1.1. Literatür taramasının amacı

Literatür taraması, akademik ve bilimsel araştırmaların temel bileşenlerinden biri olup, belirli bir konuyla ilgili mevcut bilgilerin, çalışmaların ve verilerin sistematik ve kapsamlı bir şekilde toplanması, değerlendirilmesi ve analiz edilmesi sürecidir. Bu süreç, araştırmacılara, konuyla ilgili daha önce yapılan çalışmaları ve elde edilen sonuçları göz önünde bulundurarak, yeni ve güncel bilgilerle desteklenmiş sağlam temellere dayanan araştırmalar yapma imkanı sunar.

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen literatür taramasının amacı, yenilenebilir enerji kaynakları, özellikle güneş enerjisi ve enerji dönüşümü üzerine yapılmış olan çalışmaları, politikaları ve teknolojileri hakkındaki mevcut bilimsel çalışmaları ve verileri incelemek, analiz etmek ve bu konuların tezde ele alınan alt başlıklarına katkıda bulunacak şekilde özetlemektir. Bu sayede, tez daha güçlü temellere dayanacak ve yenilikçi, bilgi temelli öneriler sunabilecektir.

Literatür taraması sürecinde, ulusal ve uluslararası düzeyde gerçekleştirilmiş olan bilimsel makaleler, kitaplar, raporlar, tezler ve konferans bildirileri gibi birçok farklı kaynaktan yararlanılacaktır. Bu kapsamda, güneş enerjisi alanındaki temel kavramlar, enerji dönüşüm teknolojileri, enerji politikaları ve düzenlemeleri, güneş enerjisi sektöründeki mevcut durum ve gelecek beklentileri, güneş enerjisi teknolojilerinin avantajları ve dezavantajları, uyrulama alanları ve potansiyel uygulamalar gibi konular incelenecek ve değerlendirilecektir.

Ayrıca, literatür taraması sürecinde, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve güneş enerjisi teknolojilerinin küresel enerji sistemine ve çevreye etkileri, enerji güvenliği, enerji dönüşüm süreçlerinin ekonomik ve sosyal boyutları, yenilenebilir enerji politikalarının ve stratejilerinin etkinliği ve sürdürülebilirliği gibi konular üzerinde durulacaktır.

Literatür taramasının sonucunda, yenilenebilir enerji kaynakları ve güneş enerjisi alanındaki mevcut bilgiler, çalışmalar ve veriler sistematik bir şekilde derlenmiş ve analiz edilmiş olacaktır. Bu, tezin ilerleyen bölümlerinde ele alınacak olan konuların daha sağlam ve bilgi temelli bir zemine oturtulmasına yardımcı olacaktır. Ayrıca, literatür taraması sürecinde elde edilen bilgiler, tezde yer alan öneri ve çözüm önerilerinin daha gerçekçi, uygulanabilir ve inovatif olmasını sağlayacaktır.

Bunun yanı sıra, literatür taraması süreci, tezin yazarına, konuyla ilgili güncel ve önemli bilgileri öğrenme, mevcut çalışmaların eksikliklerini ve güçlü yönlerini tespit etme, güneş enerjisi ve enerji dönüşümü alanındaki yenilikçi teknolojiler ve uygulamalar hakkında bilgi sahibi olma ve bu alandaki öncü çalışmaları ve projeleri inceleme imkanı sunacaktır.

5.1.2. Kullanılan araştırma yöntemleri ve veri kaynakları

Bu literatür taramasında, konuyla ilgili güncel ve kaliteli bilgilere erişmek için çeşitli araştırma yöntemleri ve veri kaynakları kullanılmıştır. İlk olarak, önemli bilimsel veri tabanları (Web of Science, Scopus, Google Scholar) taranarak, yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi ve enerji dönüşümü ile ilgili anahtar kelimeler ve terimlerle yapılan araştırmalar incelenmiştir. Ayrıca, konuyla ilgili önde gelen dergiler, kütüphaneler, basılı arşivler ve konferans bildirileri de gözden geçirilmiştir.

İkincil olarak, yenilenebilir enerji politikaları ve teknolojileri ile ilgili resmi raporlar, ulusal ve uluslararası kuruluşların yayınladığı belgeler, düzenlemeler ve standartlar

incelenmiştir. Bu, tezin güneş enerjisi politikaları ve teknolojileri başlıklarının analiz ve değerlendirmelerinde güncel ve doğru bilgilere dayanmasını sağlamıştır.

Son olarak, özellikle yenilenebilir enerji kaynakları ve güneş enerjisi teknolojileri konusunda yapılan çalışmalar ve projeleri incelemek amacıyla, akademik ve endüstriyel araştırma grupları, üniversiteler ve enerji şirketlerinin yayınladığı raporlar ve makaleler taranmıştır.

5.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

5.2.1. Yenilenebilir enerji tanımı ve önemi

Yenilenebilir enerji, doğal süreçlerle sürekli olarak yeniden üretilen ve tükenmeyen enerji kaynaklarından elde edilen enerjidir. Yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi ve deniz enerjisi gibi doğal kaynaklardan türetilir (Jacobson, 2009). Yenilenebilir enerji kaynakları, doğayla uyumlu, temiz ve sürdürülebilir enerji üretimi sağlamaları açısından büyük öneme sahiptir.

Yenilenebilir enerjinin önemi, enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği, enerji güvenliği ve iklim değişikliği ile mücadele açısından büyüktür. Fosil yakıtların yakılması sonucu ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının azaltılması ve enerji talebinin artan düzeyde temiz ve sürdürülebilir kaynaklardan karşılanması hedeflenmektedir (Change, 2018). Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji üretiminin çevresel etkilerini ve doğal kaynakların tükenmesi riskini azaltmaya yönelik önemli bir adım olarak kabul edilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji üretiminin farklı yollarla gerçekleştirilmesine imkan tanır. Bu çeşitlilik, enerji güvenliğini artırır ve enerjiye erişimin sağlanmasında ülkelerin ve bölgelerin daha bağımsız hale gelmesine olanak sağlar. Aynı zamanda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, enerji sektöründeki yatırımların artmasına ve bu alanda istihdam fırsatlarının oluşmasına katkıda bulunmaktadır.

5.2.2. Yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki farklılıklar

Yenilenebilir enerji kaynakları arasında, enerji üretim yöntemleri, enerji yoğunluğu, maliyetler, coğrafi dağılım ve çevresel etkiler açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Güneş enerjisi, güneş ışınlarının fotovoltaik hücreler veya konsantre güneş enerjisi sistemleri tarafından elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilir (Parida ve ark., 2011). Rüzgar enerjisi, rüzgar türbinlerinin kinetik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmesi yoluyla üretilir (Manwell ve ark., 2010). Hidroelektrik enerji,

suyun kinetik veya potansiyel enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilirken, jeotermal enerji, yer kabuğunun derinliklerindeki sıcaklıktan yararlanarak ısı enerjisi ve elektrik enerjisi üretir (Rybach & Mongillo, 2006). Biyokütle enerjisi, organik madde ve atıkların enerji içeriğinden yararlanarak elektrik, ısı ve biyoyakıt üretir (Demirbas, 2009).

Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji yoğunluğu ve maliyetler açısından farklılıklar gösterir. Örneğin, güneş enerjisi yüksek enerji yoğunluğuna sahipken, biyokütle enerjisi daha düşük enerji yoğunluğuna sahiptir. Ayrıca, rüzgar ve hidroelektrik enerjisi, genellikle diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha düşük maliyetli elektrik üretimi sağlar (Lazard, 2019).

Coğrafi dağılım açısından, yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli bölgelere ve ülkelere göre değişir. Örneğin, güneş enerjisi potansiyeli, güneşlenme süresi ve güneş ışınımı yoğunluğu yüksek olan bölgelerde daha fazladır. Rüzgar enerjisi potansiyeli ise rüzgar hızı ve sürekliliği ile ilişkilidir. Jeotermal enerji potansiyeli, yer kabuğunun derinliklerindeki sıcaklık ve ısı kaynaklarına erişim ile belirlenir (IEA, 2020).

5.2.3. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik mevcut çalışmalar ve trendler

Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik çalışmalar ve trendler, teknoloji geliştirme, enerji üretim kapasitesinin artırılması, enerji politikaları ve düzenlemeler, enerji verimliliği ve enerji depolama gibi çeşitli alanları kapsar (Creutzig ve ark., 2018). Teknoloji geliştirme açısından, fotovoltaik hücre verimliliğinin artırılması, rüzgar türbinlerinin kapasitesinin ve performansının iyileştirilmesi ve biyokütle dönüşüm süreçlerinin optimize edilmesi gibi çalışmalar yapılmaktadır (Chu & Majumdar, 2012).

Enerji üretim kapasitesinin artırılması ve enerji politikaları bağlamında, yerel yönetimler ve uluslararası kuruluşlar, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunu teşvik eden politikalar ve düzenlemeler geliştirmektedirler. Örneğin, hükümetler yenilenebilir enerji hedefleri belirleyerek, teşvikler ve sübvansiyonlar sağlayarak, enerji piyasalarını yeniden yapılandırarak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik Ar-Ge yatırımlarını artırarak bu alanda büyümeyi teşvik etmektedirler (IEA, 2020).

Enerji verimliliği ve enerji depolama alanında ise, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretim ve tüketim süreçlerine entegrasyonu, enerji verimliliği artışı ve enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesi ile desteklenmektedir. Bu sayede,

yenilenebilir enerjinin toplam enerji tüketimindeki payı artırılabilir ve enerji kaynaklarının daha sürdürülebilir ve güvenli hale getirilmesi sağlanabilir (Connolly ve ark., 2010).

Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik mevcut çalışmalar ve trendlerin devamında, enerji altyapısının modernizasyonu, dağıtık enerji kaynaklarının kullanımı, elektrikli ulaşım sistemlerinin yaygınlaşması ve toplumun yenilenebilir enerjiye geçişine ilişkin farkındalık ve eğitim programları gibi konular ele alınmaktadır (Creutzig ve ark., 2018).

Enerji altyapısının modernizasyonu, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunu hızlandırmak ve enerji sisteminin esnekliğini artırmak amacıyla gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda, akıllı şebekeler ve enerji yönetim sistemleri gibi teknolojilerin geliştirilmesi ve uygulanması önemli bir çalışma alanıdır. Akıllı şebekeler, enerji üretim ve tüketiminde daha verimli, güvenilir ve sürdürülebilir bir sistem sağlayarak, enerji talebini karşılamak ve enerji kaynaklarının daha iyi yönetilmesine olanak tanır (Gungor ve ark., 2011).

Dağıtık enerji kaynaklarının kullanımı, enerji üretim ve tüketiminin daha yerel düzeyde gerçekleştirilmesini ve enerji sistemlerinin daha esnek ve dirençli hale gelmesini sağlar. Özellikle, güneş ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının küçük ölçekli ve modüler yapıları, enerji üretiminin merkezi olmayan bir yapıya geçişini desteklemektedir (Parag & Sovacool, 2016).

Elektrikli ulaşım sistemlerinin yaygınlaşması, yenilenebilir enerji kaynaklarının ulaşım sektöründe kullanılmasını teşvik eder ve fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonların azaltılmasına katkıda bulunur. Elektrikli araçlar, şarj altyapısı ve akıllı şebekelerin entegrasyonu, ulaşım sektörünün sürdürülebilirliğini artırmak için yapılan çalışmaların öne çıkan örneklerindendir (Chan, 2010).

Toplumun yenilenebilir enerjiye geçişine ilişkin farkındalık ve eğitim programları, insanların yenilenebilir enerji teknolojilerine ve uygulamalarına uyum sağlamalarına yardımcı olur ve bu alanlarda yapılan çalışmaların etkinliğini artırır.

5.3. Güneş Enerjisi

5.3.1. Güneş enerjisinin temel prensipleri

Güneş enerjisi, güneş ışınlarının termal enerji veya elektrik enerjisine dönüştürülmesi ile elde edilir ve fotovoltaik (PV) hücreler veya konsantre güneş enerjisi (CSP) sistemleri ile bu dönüşüm gerçekleştirilir (Kalogirou, 2004). Güneş enerjisi

uygulamaları, enerji üretiminden, ısınma ve soğutma sistemlerine, su arıtma ve tarımsal kullanımlara kadar geniş bir yelpazede kullanılır.

Güneş enerjisinin uygulanmasına ilişkin olarak, fotovoltaik sistemlerin önemli bir bileşeni olan güneş paneli teknolojilerinde sürekli gelişmeler yaşanmaktadır. Yeni nesil güneş panelleri, daha yüksek verimlilik, daha düşük maliyet ve esnek yapılar sunarak, güneş enerjisinin daha geniş ölçekte kullanımını sağlamaktadır (Zhao ve ark., 2016).

Güneş enerjisi ile çalışan ısınma ve soğutma sistemleri, binalarda enerji tasarrufu sağlamak ve enerji verimliliğini artırmak amacıyla kullanılır. Güneş enerjisi ile ısıtma, güneş su ısıtıcıları ve güneş hava ısıtıcıları gibi sistemlerle gerçekleştirilirken, güneş enerjisi ile soğutma, güneş enerjisi ile çalışan soğutma sistemleri ve soğutucularla sağlanır (Kalogirou, 2013).

Su arıtma sistemlerinde güneş enerjisinin kullanılması, enerji tüketimini azaltarak ve temiz su kaynaklarının sürdürülebilirliğini artırarak önemli bir çevresel katkı sağlar. Güneş enerjisi ile çalışan su arıtma sistemleri, fotovoltaik paneller ve güneş enerjisi ile çalışan pompa sistemleri ile su arıtma süreçlerini destekler (Gude, 2016).

Tarımsal kullanımlarda ise, güneş enerjisi, su pompalama, sulama sistemleri, sera ısıtma ve soğutma ve enerji ihtiyacı olan diğer tarımsal süreçlerde kullanılır. Bu sayede, tarımsal üretim süreçlerinin enerji verimliliği artırılır ve enerji maliyetlerinde önemli tasarruflar sağlanır (Ozgoren ve ark., 2012).

5.3.2. Güneş enerjisi sistemleri ve bileşenleri

Güneş enerjisi sistemleri, fotovoltaik (PV) sistemler ve konsantre güneş enerjisi (CSP) sistemleri olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. PV sistemler, PV hücreler, invertörler, montaj yapıları ve enerji depolama sistemleri gibi temel bileşenlerden oluşur (Parida ve ark., 2011). CSP sistemleri ise, parabolik truva, doğrusal Fresnel reflektör, güneş enerjisi kulesi ve paraboloidal çanak gibi farklı teknolojilere dayalı dört ana kategoriye ayrılır. Bu sistemler, ışınları toplayıcılar, ısı transfer akışkanı, enerji depolama ve enerji dönüşüm sistemleri gibi bileşenler içerir (Zhang ve ark., 2013).

5.3.3. Güneş enerjisi alanında yapılan çalışmalar ve gelişmeler

Güneş enerjisi alanında yapılan çalışmalar ve gelişmeler, fotovoltaik hücre verimliliğinin artırılması, enerji depolama teknolojilerinin geliştirilmesi ve maliyetlerin düşürülmesi gibi konuları kapsar (Wu ve ark., 2017). Son yıllarda, yeni

nesil fotovoltaik hücre teknolojileri, daha yüksek verim ve düşük maliyet sağlayan perovskit güneş hücreleri ve organik fotovoltaikler gibi yenilikçi malzemeler üzerinde yoğunlaşmıştır (Kant & Singh, 2022).

Enerji depolama teknolojileri, güneş enerjisinin sürekliliğini ve güvenilirliğini artırmak için önemlidir. Lityum-ion bataryalar, kırmızı-oksit bataryalar ve akış bataryaları gibi enerji depolama teknolojileri, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini ve kullanılabilirliğini artırmada büyük potansiyele sahiptir (Alva ve ark., 2017).

Güneş enerjisi alanındaki maliyet azalışı, büyük ölçüde ölçek ekonomileri ve teknoloji gelişmelerine bağlıdır. Kamu ve özel sektör, Ar-Ge yatırımlarını artırarak ve yenilenebilir enerji politikalarını destekleyerek, güneş enerjisi teknolojilerinin yaygınlaşmasına ve maliyetlerinin düşmesine katkıda bulunmaktadır (IEA, 2020).

5.4. Enerji Dönüşümü ve Yenilenebilir Enerjinin Rolü

5.4.1. Enerji dönüşümü kavramı ve önemi

Enerji dönüşümü, enerji üretimi, dağıtımı ve tüketimi süreçlerinde yapılan değişikliklerle, enerji sistemlerinin daha sürdürülebilir, düşük karbonlu ve verimli hale getirilmesi sürecidir (Verbong & Geels, 2010). Bu süreç, enerji güvenliğinin sağlanması, iklim değişikliğiyle mücadele, ekonomik büyüme ve enerji erişiminin genişletilmesi gibi amaçlarla büyük öneme sahiptir (Cherp ve ark., 2017). Enerji dönüşümü, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, enerji verimliliği uygulamaları ve enerji politikaları ile desteklenir (Jacobsson & Karltorp, 2013). Enerji dönüşümü stratejileri, enerji sektörünün farklı alanlarında uygulanabilir ve bu alanlar arasında enerji üretimi, enerji altyapısı, enerji tüketimi ve enerji politikaları bulunmaktadır. Bu stratejiler, enerji dönüşümünün hızlandırılması ve enerji sistemlerinin sürdürülebilirliğinin artırılması açısından kritik öneme sahiptir. Enerji üretimi alanında enerji dönüşümü stratejileri, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmeye yöneliktir. Bu bağlamda, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi gibi sürdürülebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar artırılır ve teknolojik gelişmeler desteklenir (Jacobson, 2009). Ayrıca, nükleer enerji ve doğalgaz gibi düşük karbonlu enerji kaynakları da enerji dönüşümü sürecine katkı sağlayabilir.

Enerji altyapısı alanında enerji dönüşümü stratejileri, enerji şebekelerinin modernizasyonu ve enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesini içerir. Akıllı şebekeler ve enerji yönetim sistemleri, enerji tüketiminin optimize edilmesi ve enerji

kaynaklarının daha verimli kullanılması açısından büyük öneme sahiptir (Farhangi, 2010). Enerji depolama sistemleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonunu kolaylaştırarak enerji güvenliğini artırır ve enerji sistemlerinin esnekliğini sağlar (Dunn ve ark., 2011).

5.4.2. Yenilenebilir enerjinin enerji dönüşümünde etkisi

Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji dönüşümünde önemli bir rol oynar. Güneş, rüzgar, hidroelektrik, biyokütle ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları, enerji üretiminin çevresel etkisini azaltarak ve enerji güvenliğini artırarak enerji dönüşümünü destekler. Yenilenebilir enerji, enerji maliyetlerini düşürerek ve enerji erişimini genişleterek ekonomik büyüme ve sosyal kalkınmaya da katkıda bulunur (Bhattacharyya & Palit, 2016). Yenilenebilir enerji, enerji dönüşümünün hızlandırılması için, enerji politikaları, teknolojik inovasyon ve kamu-özel sektör işbirliği ile desteklenmelidir (Creutzig ve ark., 2017).

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin enerji dönüşümündeki etkisi ve potansiyeli, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve enerji üretiminin yerleştirilmesi ile daha da güçlendirilir. Yenilenebilir enerji projeleri, enerji üretiminin merkezi olmayan bir yapıya dönüşmesine olanak sağlar ve enerji tedarik süreçlerinin daha esnek hale gelmesini destekler (Lund ve ark., 2015). Ayrıca, yerel ve bölgesel enerji sistemleri, enerji dönüşümü sürecinde küresel enerji sistemlerinin daha sürdürülebilir ve dirençli hale getirilmesine katkıda bulunur. Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji dönüşümü sürecinde sektörel entegrasyon ve enerji verimliliği artışına da katkı sağlar. Elektrik, ısıtma ve soğutma, ulaşım ve endüstri gibi enerji tüketimi yoğun sektörlerde, yenilenebilir enerjinin entegrasyonu sayesinde enerji verimliliği artırılabilir ve enerji tüketimi azaltılabilir (Rogelj ve ark., 2018). Bu durum, enerji dönüşümünün hızlandırılmasında ve enerji sistemlerinin daha düşük karbonlu ve sürdürülebilir hale getirilmesinde önemli bir rol oynar.

5.4.3. Enerji dönüşümü ile ilgili yapılan çalışmalar ve politikalar

Enerji dönüşümü ile ilgili yapılan çalışmalar ve politikalar, enerji sistemlerinin sürdürülebilirliğini artırmak, enerji verimliliğini iyileştirmek ve yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmek için tasarlanmıştır (Foxon, 2013). Enerji dönüşümü politikaları, enerji arzının güvenliği, enerji sektöründeki teknolojik inovasyon ve enerji tüketiminin azaltılması gibi hedeflere yöneliktir (Patt ve ark., 2011).

Enerji dönüşümü politikalarının başarılı uygulanması için, kamunun ve özel sektörün işbirliği içinde çalışması gerekmektedir. Enerji dönüşümü politikaları, yatırım teşvikleri, düzenlemeler, eğitim ve bilinçlendirme kampanyaları gibi çeşitli yöntemlerle desteklenebilir (Schmidt ve ark., 2017). Bu politikaların etkinliği, sürekli izleme ve değerlendirme ile ölçülebilir ve iyileştirilebilir (Kuzemko ve ark., 2016).

5.5. Güneş Enerjisi Politikaları

5.5.1. Güneş enerjisi politikalarının önemi ve amaçları

Güneş enerjisi politikaları, güneş enerjisinin yaygınlaştırılması, maliyetlerin düşürülmesi ve teknolojik gelişmelerin hızlandırılması gibi amaçlara hizmet eder (Jacobs & Sovacool, 2012). Güneş enerjisi politikaları, enerji güvenliğinin artırılması, iklim değişikliğiyle mücadele ve sürdürülebilir ekonomik büyüme için önemlidir (İEA, 2020). Bu politikalar, güneş enerjisi sektöründeki yatırımları teşvik etmek ve yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmak için kullanılır (Haas ve ark., 2011).

Güneş enerjisi politikalarının başarılı bir şekilde uygulanması, çeşitli stratejilere dayanır. İlk olarak, hükümetler ve düzenleyici kurumlar, güneş enerjisi sektörüne yönelik teşvikler ve sübvansiyonlar sağlayarak yatırım maliyetlerini düşürebilir ve yenilenebilir enerji teknolojilerinin benimsenmesini hızlandırabilirler. Örnek olarak, vergi indirimleri, düşük faizli krediler ve güneş enerjisi projelerine yönelik doğrudan hibe programları sunulabilir (Sovacool, 2013).

İkinci olarak, düzenleyici politikalar ve standartlar, güneş enerjisi teknolojilerinin piyasada rekabetçi olmasına ve enerji sistemlerine entegre edilmesine yardımcı olur. Özellikle, yenilenebilir enerji portföy standartları ve güneş enerjisi payının artırılması hedefleri, enerji üreticilerine ve dağıtıcılarına yenilenebilir enerji kaynaklarını benimsemeleri ve kullanmaları için düzenleyici teşvikler sunar (Menanteau ve ark., 2003).

Üçüncü olarak, araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) yatırımları, güneş enerjisi teknolojilerinin verimliliğini ve uygunluğunu artırmak için önemlidir. Kamu ve özel sektör, temel ve uygulamalı Ar-Ge projelerine yatırım yaparak, güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesi ve ticarileştirilmesi süreçlerini destekleyebilir (Nemet, 2009).

5.5.2. Uygulanması gereken adımlar ve politika önerileri

Güneş enerjisi politikalarının başarılı uygulanması için şu adımlar önerilmektedir:

- a) Yatırım teşvikleri: Güneş enerjisi projelerine yönelik finansal destek sağlayarak, sektöre olan yatırımları teşvik etmek.
- b) Fiyatlandırma mekanizmaları: Net ölçüm ve feed-in tarifeleri gibi fiyatlandırma mekanizmalarıyla güneş enerjisi üretiminin değerini artırmak (Mendonça ve ark., 2009).
- c) Düzenleyici reformlar: Güneş enerjisi teknolojilerinin kurulum ve işletme süreçlerini kolaylaştıran düzenlemeler yapmak (Bridge ve ark, 2013).
- d) Eğitim ve bilinçlendirme: Güneş enerjisinin avantajları ve uygulamaları hakkında toplumun farkındalığını artırmak (Solangi ve ark., 2011).
- e) Ar-Ge destekleri: Güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesi ve maliyetlerin düşürülmesi için Ar-Ge çalışmalarını desteklemek (Popp ve ark., 2011).

5.5.3. Başarılı güneş enerjisi politikaları örnekleri ve etkileri

Almanya, güneş enerjisi politikalarının başarılı uygulandığı örnek ülkelerden biridir. Almanya, feed-in tarifeleri ve yenilenebilir enerji hedefleri ile güneş enerjisi sektörünün büyümesini teşvik etmiştir (Jacobsson & Lauber, 2006). Sonuç olarak, Almanya 2020 yılında dünyanın en büyük güneş enerjisi kapasitesine sahip ülkelerinden biri haline gelmiştir (Philipps & Warmuth, 2019).

İspanya, güneş enerjisi politikalarıyla da başarıya ulaşan bir diğer ülkedir. İspanya, güneş enerjisi sektörünü teşvik etmek amacıyla, vergi indirimleri ve yatırım teşvikleri sunmuştur (Del Río, 2010). Bu politikalar sayesinde, İspanya Avrupa'da önemli bir güneş enerjisi üreticisi konumuna yükselmiştir (Newell ve ark., 2021).

5.6. Güneş Enerjisi Teknolojilerinin Geleceği

5.6.1. Güneş enerjisi teknolojilerinde beklenen gelişmeler ve trendler

Güneş enerjisi teknolojilerinde beklenen gelişmeler arasında, daha yüksek verimlilik oranlarına sahip fotovoltaiik (PV) hücreler, daha düşük maliyetli ve enerji yoğunluğu yüksek enerji depolama sistemleri ve akıllı şebekelerin entegrasyonu bulunmaktadır (IEA, 2022; Lewis, 2016). Bu gelişmeler, güneş enerjisinin enerji üretimindeki payını önemli ölçüde artırarak, enerji dönüşümünü hızlandırmaya yardımcı olacaktır (Creutzig ve ark., 2017).

Daha yüksek verimlilik oranlarına sahip PV hücrelerin geliştirilmesi, güneş enerjisi teknolojisinin maliyet etkinliğini artıracak ve enerji üretimi için daha az alan gerektirecektir. Perovskit güneş hücreleri ve tandem PV hücreleri gibi yeni

teknolojiler, daha yüksek verimlilik potansiyeline sahip olup, güneş enerjisinin enerji üretimindeki payını artırmak için büyük fırsatlar sunmaktadır (Green ve ark., 2019). Enerji depolama sistemlerindeki yenilikler, güneş enerjisinin günlük ve mevsimsel dalgalanmalara rağmen daha güvenilir bir enerji kaynağı olarak kullanılmasına olanak tanıyacaktır. Lityum-iyon batarya teknolojisindeki gelişmeler ve yeni enerji depolama teknolojileri, güneş enerjisinin istikrarlı ve uygun maliyetli bir şekilde şebekeye entegre edilmesine yardımcı olacaktır (Aneke & Wang, 2016).

Akıllı şebekelerin entegrasyonu, güneş enerjisi teknolojilerinin enerji sistemi içinde daha verimli ve esnek bir şekilde kullanılmasını sağlayacaktır. Akıllı şebekeler, güneş enerjisi üretiminin ve tüketiminin sürekli izlenmesine ve yönetilmesine olanak tanıyarak, enerji talebine uyum sağlamak için enerji kaynaklarının daha iyi optimize edilmesine yardımcı olur (Lund ve ark., 2015).

5.6.2. Güneş enerjisi sistemlerinin geliştirilmesi için yapılan araştırmalar

Güneş enerjisi sistemlerinin geliştirilmesine yönelik yapılan araştırmalar, daha verimli PV hücreler, yeni malzemeler ve üretim süreçleri üzerine yoğunlaşmaktadır (Polman ve ark., 2016). Örneğin, perovskit güneş hücreleri, geleneksel silikon hücrelere göre daha yüksek verimlilik ve düşük maliyet potansiyeli sunarak, güneş enerjisi teknolojilerinin geleceğine yön verebileceği düşünülmektedir (Green ve ark., 2014).

5.6.3. Güneş enerjisi teknolojilerindeki son gelişmeler ve yenilikler

Son dönemde güneş enerjisi teknolojilerinde yaşanan önemli gelişmeler arasında, tandem güneş hücreleri, ışık yönlendirme teknolojileri ve enerji depolama sistemlerindeki ilerlemeler sayılabilir (Chen ve ark., 2021; De Wolf ve ark., 2014). Bu yenilikler, güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini ve güvenilirliğini artırmakta, aynı zamanda maliyetlerini düşürerek, güneş enerjisinin enerji dönüşümünde daha büyük bir rol üstlenmesini sağlamaktadır (Zhu ve ark., 2017).

Tandem güneş hücreleri, farklı spektral bölgelerde enerjiyi absorbe edebilen iki veya daha fazla güneş hücresi katmanının birleştirilmesi ile elde edilir. Bu sayede, tek tip güneş hücrelerine göre daha yüksek verimlilik değerleri elde edilmesi mümkün olmaktadır (De Wolf ve ark., 2014).

Işık yönlendirme teknolojileri, güneş ışığını fotovoltaik hücrelere daha etkin bir şekilde yönlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu teknolojiler sayesinde, güneş enerjisi sistemlerinin enerji üretim kapasitesi artırılabilir ve enerji depolama ihtiyacı azaltılabilir (Chen ve ark., 2021).

Enerji depolama sistemlerinde yaşanan ilerlemeler, özellikle güneş enerjisi üretiminin sürekliliğini ve güvenilirliğini artırmak için büyük önem taşımaktadır. Lityum-iyon pillerin verimliliğinin ve enerji yoğunluğunun artması, güneş enerjisinin şebekeye daha düzgün bir şekilde entegre edilmesine yardımcı olmaktadır (Zhu ve ark., 2017).

5.7. Sonuç

5.7.1. Literatür taramasının önemli bulguları

Bu literatür taraması, yenilenebilir enerji kaynakları, güneş enerjisi sistemleri ve çalışma prensipleri, enerji dönüşümü ve yenilenebilir enerjinin rolü, güneş enerjisi politikaları ve güneş enerjisi teknolojilerinin geleceği ile ilgili mevcut bilgileri derlemiştir. Tarama sonucunda, güneş enerjisi teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmelerin enerji dönüşümünü hızlandığı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha büyük bir öneme sahip olduğu görülmüştür.

5.7.2. Tezin ana konularına katkı sağlayan noktalar

Literatür taraması, tezin ana konularına şu şekilde katkı sağlamaktadır:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi ve enerji dönüşümündeki rolü hakkında derinlemesine bilgi sunarak, tezin temel konularını destekler nitelikte olması.
- Güneş enerjisi sistemleri, enerji dönüşümü ve güneş enerjisi politikaları konularında yapılan mevcut çalışmaların ve trendlerin analiz edilerek, tezin bu alanlardaki konularına sağlam bir temel oluşturması.
- Güneş enerjisi teknolojilerinin geleceği ile ilgili yapılan araştırmalar ve beklenen gelişmelerin incelenmesi, tezin bu konudaki tartışmalarını güçlendirmesi.

5.7.3. İleri araştırmalar için öneriler

Literatür taraması sonucunda elde edilen bilgiler ışığında, ileri araştırmalar için şu öneriler sunulmaktadır:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji dönüşümündeki rolünü daha iyi anlamak ve bu doğrultuda politikalar geliştirmek için, enerji dönüşümü ve güneş enerjisi politikaları konularında daha kapsamlı çalışmalar yapılması.
- Güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini ve güvenilirliğini artırmak için, daha yüksek verimli fotovoltaiik hücreler, enerji depolama sistemleri ve ışık yönlendirme teknolojilerine yönelik araştırmaların genişletilmesi.

- Güneş enerjisi teknolojilerinin sosyal ve ekonomik etkilerini değerlendiren ve bu teknolojilerin enerji dönüşümüne katkısını ölçen çalışmaların yapılması.



6. UYGULAMA

6.1. Fotovoltaik Güneş Enerji Santralleri

6.1.1. Fotovoltaik güneş enerji santrallerinin bileşenleri ve çalışma prensipleri

Fotovoltaik (PV) güneş enerji santralleri, güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren sistemlerdir. Bu santraller, temel olarak fotovoltaik paneller, invertörler, montaj yapıları ve elektrik bağlantıları gibi bileşenlerden oluşur. Fotovoltaik paneller, güneş hücrelerinden yapılmıştır ve bu hücreler genellikle silikon bazlı yarı iletken malzemelerden üretilir. Güneş ışığı, fotovoltaik hücrelere düştüğünde elektronların hareket etmesini sağlayarak elektrik akımı üretir. Bu akım, doğru akım (DC) olarak üretilir ve daha sonra invertörler sayesinde alternatif akım (AC) şekline dönüştürülür. Alternatif akım, elektrik şebekesine veya tüketiciye dağıtılır.

6.1.2. Fotovoltaik güneş enerji santrallerinin uygulama alanları ve örnek projeler

Fotovoltaik güneş enerji santralleri, enerji üretimi ve tüketiminin olduğu her yerde kullanılabilir. Uygulama alanları çeşitlidir ve şunları içerir:

1. Konutlar: Evlerin çatılarına veya bahçelerine monte edilen fotovoltaik panellerle, evin enerji ihtiyacını karşılamak mümkündür. Özellikle enerji maliyetlerinin yüksek olduğu ve güneş ışığından bolca yararlanılabilen bölgelerde, bu sistemler daha popülerdir.
2. Ticari ve endüstriyel tesisler: Fabrikalar, ofis binaları ve alışveriş merkezleri gibi büyük enerji tüketen yapılar, fotovoltaik sistemlerle önemli miktarda enerji tasarrufu sağlayabilir. Bu tür yapılar, çatı veya arazi monteli PV sistemlerini kullanarak enerji maliyetlerini azaltabilir ve sürdürülebilir enerji kullanımını destekleyebilir.
3. Tarım alanları: Güneş enerjisi, sulama sistemleri, hayvan barınakları ve diğer tarımsal faaliyetler için enerji sağlamak amacıyla kullanılabilir. Ayrıca, güneş panelleri, toprak üzerine monte edilerek tarım arazilerinde enerji üretimi ve tarım faaliyetlerinin bir arada yürütülmesini sağlayan agrovoltaik sistemlerde de kullanılabilir.
4. Uzak bölgeler ve enerjiye erişimi olmayan alanlar: Fotovoltaik sistemler, enerji altyapısı eksik olan veya enerjiye erişimin zor olduğu bölgelerde, enerji üretimi ve dağıtımında önemli bir rol oynar. Bu sistemler, bu tür bölgelerde yaşayan insanların yaşam kalitesini artırabilir ve ekonomik kalkınmalarına katkıda bulunabilir.

Örnek projeler:

1. Tengger Çölü Güneş Parkı (Çin): 1.547 MW kapasiteye sahip olan Tengger Çölü Güneş Parkı, dünyanın en büyük fotovoltaik güneş enerji santrallerinden biridir. Bu devasa

proje, enerji ihtiyacını karşılamak ve ülkenin enerji portföyünü çeşitlendirmek amacıyla inşa edilmiştir.

2. Kamuthi Güneş Enerji Santrali (Hindistan): Tamil Nadu eyaletinde bulunan Kamuthi Güneş Enerji Santrali, 648 MW kapasiteye sahiptir ve Hindistan'ın en büyük fotovoltaik güneş enerji santralidir. Bu proje, Hindistan'ın yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmasına ve enerji güvenliğini artırmasına yardımcı olmaktadır.
3. Noor Abu Dhabi Güneş Enerji Santrali (Birleşik Arap Emirlikleri): 1.177 MW kapasiteye sahip olan Noor Abu Dhabi Güneş Enerji Santrali, Birleşik Arap Emirlikleri'nin en büyük fotovoltaik güneş enerji santralidir. Bu proje, ülkenin enerji portföyünü çeşitlendirmeye ve fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmaya yönelik olarak inşa edilmiştir.
4. Topaz Güneş Çiftliği (ABD): Kaliforniya'da bulunan Topaz Güneş Çiftliği, 550 MW kapasiteye sahiptir ve Amerika Birleşik Devletleri'nin en büyük fotovoltaik güneş enerji santrallerinden biridir. Bu proje, yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasına katkıda bulunarak enerji dönüşümü sürecinde önemli bir rol oynamaktadır.
5. Cestas Güneş Enerji Santrali (Fransa): 300 MW kapasiteye sahip olan Cestas Güneş Enerji Santrali, Fransa'nın en büyük fotovoltaik güneş enerji santralidir. Bu proje, Fransa'nın enerji dönüşümü ve karbon emisyonlarının azaltılması hedeflerine ulaşmasına destek olmaktadır.

6.2. Konsantre Güneş Enerji Santralleri

6.2.1. Konsantre güneş enerji santrallerinin teknolojisi ve çalışma prensipleri

Konsantre güneş enerji (KGE) santralleri, güneş ışığını toplayan ve odaklayan aynalar veya parabolik yüzeyler kullanarak enerji üretir. KGE teknolojisi, güneş enerjisinin yüksek sıcaklıkta toplanmasını sağlar ve bu enerjiyi elektrik üretimi için kullanır. KGE santralleri, parabolik kanat, Fresnel reflektör ve heliostat alan sistemleri gibi çeşitli teknolojilere sahiptir.

Parabolik kanat sistemi, güneş ışığını bir odak noktasında toplamak için parabolik şekilli aynalar kullanır. Bu noktada yer alan ısıtıcı boru (ısı transfer akışkanı içeren), ısının buhar üretimi için kullanılacağı buhar jeneratörüne iletilmesini sağlar.

Fresnel reflektör sistemi, düz aynaları kullanarak güneş ışığını bir doğrusal odak noktasında toplar. Isı transfer akışkanı, bu noktada ısıyı toplayarak buhar üretimi için kullanılır.

Heliostat alan sistemleri, güneş ışığını kontrol edilebilir aynalarla bir merkezi kulede toplar. Bu kulede, sıcaklık yüksek derecelere ulaşır ve buhar üretimi için kullanılır.

6.2.2. Konsantre güneş enerji santrallerinin uygulama alanları ve örnek projeler

Konsantre güneş enerji santralleri, genellikle büyük ölçekli elektrik üretimi için kullanılır ve çöl gibi güneş ışığının bol olduğu bölgelerde yaygındır. KGE santralleri, enerji depolama sistemleri ile entegre edilerek enerji üretiminin sürekliliği sağlanabilir.

Örnek projeler:

1. Ivanpah Güneş Enerji Santrali (ABD): Kaliforniya'da bulunan Ivanpah, 392 MW kapasiteye sahip ve dünyanın en büyük konsantre güneş enerji santralidir. Heliostat alan sistemine dayanan bu proje, enerji ihtiyacını karşılamak ve ülkenin enerji portföyünü çeşitlendirmek amacıyla inşa edilmiştir.
2. Noor Ouarzazate Güneş Kompleksi (Fas): Noor Ouarzazate, 580 MW kapasiteye sahip ve dünyanın en büyük parabolik kanat KGE santrallerinden biridir. Bu proje, Fas'ın yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmasına ve enerji güvenliğini artırmasına yardımcı olmaktadır.
3. Solana Güneş Enerji Santrali (ABD): Arizona'da bulunan Solana Güneş Enerji Santrali, 280 MW kapasiteye sahip ve parabolik kanat KGE teknolojisine dayanmaktadır. Solana, enerji depolama kapasitesi sayesinde güneşin batmasından sonra da enerji üretmeye devam edebilmekte ve böylece enerji güvenliği ve sürekliliği sağlamaktadır.
4. Andasol Güneş Enerji Santrali (İspanya): Andasol, İspanya'nın Granada ilinde bulunan ve 150 MW kapasiteye sahip parabolik kanat KGE santralidir. Andasol, enerji depolama teknolojisi ile entegre edilmiş olup, enerji üretimini gece saatlerinde de sürdürebilmektedir.
5. Puerto Errado 2 Termosolar Güneş Enerji Santrali (İspanya): Puerto Errado 2, 30 MW kapasiteye sahip ve lineer Fresnel reflektör teknolojisine dayanan bir KGE santralidir. Bu proje, enerji üretiminde enerji verimliliğini ve güvenilirliğini artırmayı amaçlamaktadır.

Konsantre güneş enerji santralleri, enerji dönüşümünün önemli bir parçası olarak görülmekte ve gelecekte daha fazla uygulama alanı bulması beklenmektedir. Bu santrallerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, enerji üretiminde sürdürülebilirlik ve çevre dostu seçeneklerin artmasına katkı sağlayacaktır.

6.3. Hibrit Güneş Enerji Santralleri

6.3.1. Hibrit güneş enerji santrallerinin bileşenleri ve çalışma prensipleri

Hibrit güneş enerji santralleri, birden fazla enerji üretim teknolojisinin bir arada kullanıldığı sistemlerdir. Genellikle güneş enerjisi ile birlikte rüzgar, biyokütle, hidroelektrik veya fosil

yakıtlar gibi diğer enerji kaynaklarını birleştirerek enerji üretirler. Hibrit sistemlerin temel amacı, enerji üretiminde süreklilik sağlamak ve enerji verimliliğini artırmaktır. Bu sistemler, enerji üretiminin dalgalı olduğu durumlarda enerji güvenliğini sağlamak için kullanılır.

Hibrit güneş enerji santrallerinin bileşenleri, kullanılan enerji kaynaklarına göre değişir. Tipik olarak, fotovoltaik paneller, rüzgar türbinleri, enerji depolama sistemleri ve enerji yönetim sistemleri gibi bileşenlerden oluşur. Hibrit sistemlerde, enerji yönetim sistemi, enerji üretiminin ve tüketiminin optimum şekilde dengelenmesini sağlamaktadır.

6.3.2. Hibrit güneş enerji santrallerinin uygulama alanları ve örnek projeler

Hibrit güneş enerji santralleri, enerji üretiminin sürekli olarak sağlanması gereken çeşitli uygulama alanlarında kullanılır. Özellikle kırsal bölgelerde ve enerji şebekesine erişimi olmayan bölgelerde, enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılan off-grid sistemlerde hibrit güneş enerji santralleri yaygın olarak tercih edilir. Ayrıca, enerji üretiminin yüksek talep olduğu endüstriyel alanlarda, enerji maliyetlerini düşürmek ve enerji güvenliğini sağlamak amacıyla hibrit sistemlere yönelmektedir.

Örnek projeler:

1. Morocco Noor-Ouarzazate: Fas'ta yer alan bu hibrit güneş enerji santrali, 580 MW fotovoltaik ve 510 MW konsantre güneş enerjisi kapasitesiyle dünyanın en büyük hibrit güneş enerji santrallerinden biridir. Santral ayrıca enerji depolama sistemine sahip olup, enerji üretiminde süreklilik sağlamaktadır.
2. Stillwater Solar-Geothermal Hybrid Plant: ABD'de bulunan Stillwater hibrit güneş enerji santrali, güneş enerjisi ve jeotermal enerjiyi birleştirerek enerji üretir. 26 MW'lık fotovoltaik sistem ve 33 MW'lık jeotermal enerji sistemine sahiptir. Bu proje, enerji üretiminde sürekliliği sağlamak ve enerji verimliliğini artırmak için güneş enerjisi ve jeotermal enerjiyi entegre etmektedir.

6.4. Bina Entegre Fotovoltaik (BIPV) Sistemleri

6.4.1. BIPV sistemlerinin teknolojisi ve çalışma prensipleri

Bina entegre fotovoltaik (BIPV) sistemleri, güneş enerjisini elektriğe dönüştürmek için yapı elemanlarının bir parçası olarak tasarlanan ve monte edilen fotovoltaik panellerdir. BIPV sistemlerinin temel amacı, enerji verimliliğini artırırken yapıların estetik ve mimari değerini korumaktır. Bu sistemler, çatı, cephe, pencereler ve diğer yapı elemanlarına entegre edilebilir. BIPV sistemleri, geleneksel fotovoltaik sistemlere benzer şekilde çalışır. Güneş ışığını absorbe eden fotovoltaik hücreler, yarı iletken malzemelerde elektronların hareketini tetikler ve bu da elektrik akımının oluşmasına neden olur. Oluşan elektrik, bir inverter aracılığıyla alternatif

akıma (AC) dönüştürülür ve yapıdaki elektrik yüklerini karşılamak veya şebekeye geri vermek için kullanılır.

6.4.2. BIPV sistemlerinin uygulama alanları ve örnek projeler

BIPV sistemlerinin uygulama alanları, konutlar, ofis binaları, ticari ve endüstriyel yapılar gibi çeşitli yapı türlerini kapsar. Bu sistemler, enerji verimliliğini artırmak ve enerji maliyetlerini azaltmak için yeni yapıların tasarımına entegre edilebilir veya mevcut binalara ek olarak monte edilebilir.

BIPV sistemlerinin başarılı uygulamalarına örnek olarak şunlar gösterilebilir:

1. Solar Impulse Foundation, İsviçre: Bu binada, güneş enerjisi panelleri hem çatıda hem de cephe kaplamasında kullanılmıştır. Bu sayede, binanın enerji tüketimi büyük ölçüde azaltılmıştır.
2. Pearl River Tower, Çin: Bu gökdelenin cephesine entegre edilmiş fotovoltaik paneller, binanın enerji ihtiyacının önemli bir kısmını karşılar ve enerji verimliliğini artırır.
3. Zero Energy Building, Singapur: Bu yapı, güneş enerjisi panelleri ile kaplı bir çatıya sahiptir ve enerji ihtiyacının tamamını karşılamak için güneş enerjisi kullanır.
4. CIS Tower, İngiltere: Bu ofis binasının cephesine monte edilmiş fotovoltaik paneller, binanın enerji ihtiyacının yaklaşık yüzde 10'unu karşılar.

6.5. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri

6.5.1. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin bileşenleri ve çalışma prensipleri

Güneş enerjili su ısıtma sistemleri, güneş enerjisini kullanarak suyu ısıtan çevre dostu ve enerji verimli sistemlerdir. Bu sistemlerin temel bileşenleri şunlardır: güneş kolektörleri, ısı değiştirici, su depolama tankı, sirkülasyon pompası ve kontrol ünitesi.

Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin çalışma prensipleri, güneş kolektörlerindeki absorber plakalar aracılığıyla güneş enerjisinin absorbe edilmesi ve bu enerjinin ısı enerjisine dönüştürülerek suyun ısınmasını sağlamaktır. Bu enerji transferi, sıvı dolgulu borular (genellikle su veya antifriz karışımı) aracılığıyla gerçekleşir. Isıtılan su, depolama tankına aktarılır ve gerektiğinde kullanılabilir.

Sistemler genellikle iki türdür: aktif ve pasif. Aktif sistemler, sirkülasyon pompaları ve kontrol üniteleri kullanarak suyun hareketini sağlarlar, pasif sistemler ise doğal termosifon prensibine dayanarak suyun sıcaklık farklarından kaynaklanan doğal hareketini kullanır.

6.5.2. Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin uygulama alanları ve örnek projeler

Güneş enerjili su ısıtma sistemleri, konutlar, oteller, hastaneler, okullar, spor tesisleri ve endüstriyel tesisler gibi çeşitli alanlarda kullanılabilir. Bu sistemlerin avantajları, enerji tasarrufu, çevresel sürdürülebilirlik ve enerji maliyetlerinde azalma olarak öne çıkmaktadır.

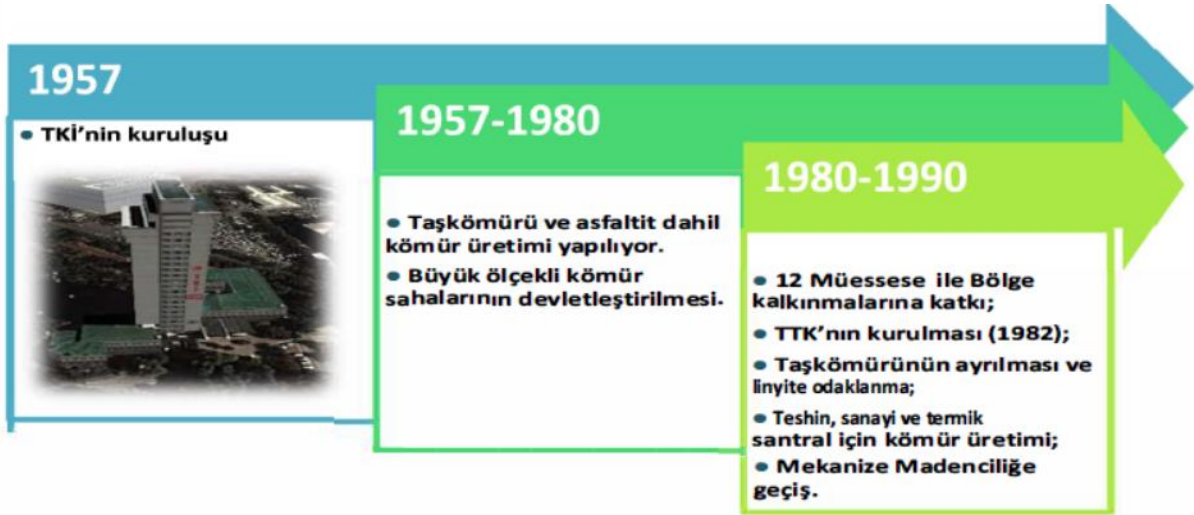
Güneş enerjili su ısıtma sistemlerinin başarılı uygulamalarına örnek olarak şunlar gösterilebilir:

1. The Drake Landing Solar Community, Kanada: Bu toplulukta yer alan evlerin her biri, güneş enerjisi ile çalışan su ısıtma sistemlerine sahiptir. Sistem, evlerin enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamaktadır.
2. Balaruc-les-Bains Thalassotherapy Center, Fransa: Bu sağlık ve wellness merkezi, güneş enerjisi ile çalışan su ısıtma sistemleri kullanarak termal suyun ısınmasını sağlamaktadır.
3. Konya Solar Village, Türkiye: Bu köyde yer alan evler, güneş enerjili su ısıtma sistemleri ile donatılmıştır ve enerji maliyetlerinde önemli ölçüde tasarruf sağlamaktadır.

6.6. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Soma GES Projesi Kurulumu

Zonguldak Havzası'ndaki geçmişi de dikkate alındığında neredeyse 165 yıllık bir deneyime sahip olan Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlı olarak 22 Mayıs 1957 tarih ve 6974 sayılı TKİ Kurumu Teşkilat Kanunu'nun 31 Mayıs 1957 tarih ve 9621 sayılı Resmi Gazete'de ilanı ile kurulmuştur.

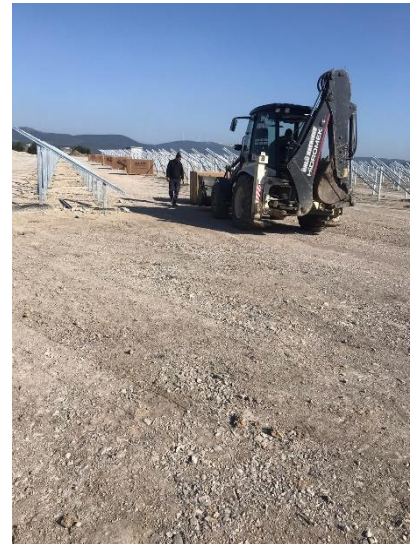
Soma havzasındaki maden kömür sahalarının işletilmeye başlanması 1913 yıllarına kadar uzanmaktadır. 1939 yılına kadar özel sektör tarafından işletilen sahalar, 1939 yılında Etibank'a, 1957 yılında da ise TKİ'ye devredilmiştir. 1957-1978 yılları arasında Garp Linyitleri İşletmesi Müessesesi'ne (GLİ) bağlı olarak faaliyetlerini sürdürmüş, Ege Linyitleri İşletmesi (ELİ) adıyla teşkilatlandırılması 27.07.1978 tarihinde olmuştur.

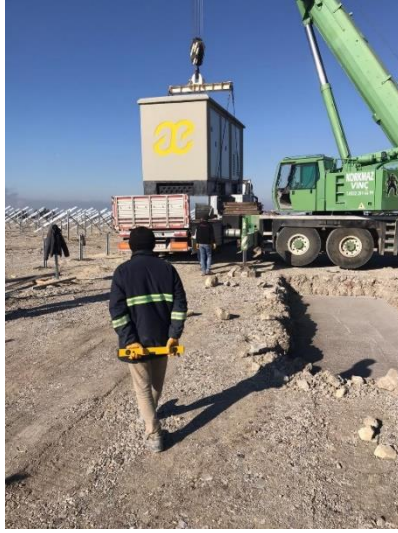


Şekil 7. TKİ'nin kuruluş aşamaları

TKİ Kurumunun 2020 yılı hedefleri arasında yer alan, Paris İklim Anlaşmasına katkı sağlamak amacıyla ELİ Müdürlüğü'nde (Soma/MANİSA) elektrik tüketiminin bir kısmının karşılanması ve verimliliğin artırılması amacıyla örnek teşkil edecek 999 kWeAC (1199 kWp DC) kapasiteli GES (Güneş Enerji Santrali) alınması, kurulması ve faaliyete alınması projesi, 6.696.000 TL bütçeyle 16.10.2020 tarihinde 999 kWeAC (1199 kWp DC) Güneş Enerji Santrali Kurulumu adıyla gerçekleştirilen açık ihale ile yüklenici sıfatı kazanan firmaya bir bütün olarak tamamlanması esasına göre anahtar teslimi olacak şekilde ihale edilmiştir.

29.12.2020 tarihinde imzalanan sözleşmeyle 3 ay süre verilen projede, idare tarafından yapılan 15.01.2021 tarihinde yer teslimi sonrasında işe başlanmıştır.





Resim 1. Lisanssız GES Kurulum Aşamaları



Resim 2. TKİ ELİ 1 MW Lisansız GES Kurulum Sonrası Hali

Hazırlanan teknik şartnameye göre;

GES'in toplam sistem kapasitesi standart koşullarda (Standart Test Koşulları: 1.000W/m² ışınlam, 25°C modül sıcaklığı ve AM=1,5 spektrum şartlarında) minimum 1199kWp gücünde, fotovoltaik paneller mono kristal perc (normal mono kristale göre verim daha yüksek) hücre yapısına sahip, her biri en az 400 W kapasitesindedir.

Fotovoltaik panelleri kaplayan cam, güneş ışığını yansıtmayacak özellikte, EN 12150 standardına göre temperlenmiş ve en az % 94 geçirgenlikte, kalınlığı en az 3,2 mm, EN 12150 standardına göre hesaplanan dayanımı ise 90 N/mm²'dir.

Garanti süresi paneller için 10 yıl olup lineer enerji için ise 25 yıldır. Panel gücü kapasitesinin 10 yıl sonra en az % 90'ı ve 25 yıl sonunda ise en az % 80'inini sağlayan kalitede seçilmiştir. Paneller 2.400 Pascal rüzgar yüküne ve minimum 5.400 Pascal kar yüküne dayanabilecek yapıda seçilmiştir.

Projede gölgelenmenin neden olduğu güç düşüşlerine karşı, 3 adet by-pass diyotlu olan, A sınıfı fotovoltaik paneller kullanılmıştır.

Maksimum verimi en az % 98 olan invertör ise en az 100 kW en çok 200 kW gücünde, dizi tip (String) en az 6 MPPT'li olarak seçilmiştir. Entegre web sunucusuna sahip olan invertörler aşağıdaki verilere internet üzerinden ücretsiz olarak erişilebilmektedir.

- Anlık güç üretimi,
- Günlük enerji üretimi, (saatlik ortalama)
- Kurulumdan itibaren üretilen enerji,
- DC bara gerilimi, AC bara gerilimi,

Projede kullanılan FV enerji kabloları yüksek sıcaklık ve ısıya dayanıklı, UV dirençli, çift izoleli, halojensiz, kurşunsuz, nominal kablo kesiti TÜV veya ilgilisi akredite kuruluşlarca onaylanmış, IEC 60228 ve IEC 60287 standartlarına uygun olarak 1800V anma gerilimine göre üretilmiştir.

Projede kullanılan trafo gücü seçimi PVsyst simülasyonundan elde edilen veriler neticesinde alüminyum sargılı, 1250 kVA gücündedir. TEDAŞ Genel Müdürlüğünün güncel ve yürürlükteki MYD Şartnamesine uygun niteliklerdedir.

Kompanzasyon ve SCADA sistemi bulunan tesiste güneş enerji santralinden elde edilen enerjinin şebeke senkronizasyonu, koruma ve topraklaması yapılmıştır.

Projede kullanılan bütün panolar IP65 koruma sınıfında olup, panoların yalıtım anma gerilimleri 1000 V AC ve/veya 1500 V DC olarak seçilmiştir.

Veri kayıt ve uzaktan izleme sistemi olan projede, aşağıda belirtilen parametreleri sürekli olarak ölçme, aktarma, kaydetme,

- Güneş Işınımı - kWh/m² (Işınım ölçüm sonuçları GES'in yıllık üretim ve standart performans oranını hesaplamada kullanılacağı için güneş ışını ölçmede kullanılan piranometre A Class olacaktır).
- Modül Sıcaklığı (°C)
- Ortam Sıcaklığı (°C)
- GES'deki bütün invertörler için ise;
- Her bir güneş paneli dizisinin DC giriş akımı, gerilimi ve anlık gücü.
- Her bir İnvertörün çıkış akımı, gerilimi, anlık gücü, frekansı ve güç faktörü.

imkanı bulunmaktadır.

Uzaktan izleme sistemi sayesinde ise, aşağıdaki veriler sayısal ve grafiksel olarak,

- Her bir güneş paneli dizisinde üretilen toplam güç,
- Şebekeye verilen toplam güç,
- Güneş FV sistem verimi,
- GES'te gün içinde, son bir ayda, son bir yılda ve kurulumdan itibaren üretilen enerji miktarı,
- Önlenebilir CO₂ salınım miktarı,
- GES tarafından sağlanan finansal getiri.
- Sistem Logbook'u (GES'te gerçekleşen olağan dışı olaylar, hata ve arıza mesajları, uyarılar),
- İnvertör performanslarının karşılaştırılması,

İzlenebilmektedir.

Koruma alanı ve kontrol odası dahil toplam proje alanı yaklaşık olarak 15 ha'dır.

GES santralinden elde edilen elektriğin ELİ tesislerinde kullanılabilmesi için bölge dağıtım şirketi olan GEDAŞ ile bağlantı anlaşması imzalanmıştır.

6.6.1. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Soma GES Projesi ekonomik olarak değerlendirilmesi

2022 YILI ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMLERİ												
	AELİ TÜKETİM		GLİ TÜKETİM		ELİ TÜKETİM		ÇLİ TÜKETİM		GENEL MÜDÜRLÜK		GENEL TOPLAM	
	kWh	TL	kWh	TL	kWh	TL	kWh	TL	kWh	TL	kWh	TL
Oca.22	0,00	0,00	3.871.579,02	7.496.100,00	689.375,49	1.366.855,94	666.898,81	1.319.191,91	181.951,96	393.580,14	5.409.805,28	10.575.727,99
Şub.22	0,00	0,00	3.520.803,54	6.839.639,41	775.590,26	1.649.453,12	845.260,28	1.658.629,56	155.612,66	336.614,92	5.297.266,73	10.484.337,01
Mar.22	337.190,00	613.494,64	4.048.131,54	7.862.307,72	730.931,44	1.453.487,17	775.728,26	1.544.107,21	178.316,33	384.751,44	6.070.297,57	11.858.148,17
Nis.22	296.980,00	670.041,25	3.751.258,56	8.864.156,19	512.118,47	1.253.300,14	644.470,94	1.549.026,90	140.370,08	364.647,48	5.345.198,04	12.701.171,96
May.22	395.700,00	892.771,64	3.593.150,46	8.502.173,47	487.089,09	1.201.230,14	597.929,23	1.435.548,05	135.637,41	352.708,48	5.209.506,19	12.384.431,78
Haz.22	425.370,00	959.712,59	3.597.070,02	8.508.761,38	198.619,55	520.735,63	475.963,16	1.145.184,66	164.038,54	426.661,52	4.861.061,27	11.561.055,78
Tem.22	655.160,00	2.067.355,80	3.440.306,28	11.100.235,88	718.588,70	2.379.335,42	423.527,28	1.387.984,77	196.526,87	687.330,86	5.434.109,13	17.622.242,73
Ağu.22	495.570,00	1.563.769,94	3.630.791,22	11.728.706,68	581.458,07	1.934.359,04	480.174,88	1.576.046,67	241.958,25	846.505,22	5.429.952,42	17.649.387,55
Eyl.22	607.990,00	1.918.510,98	3.829.025,04	12.368.398,82	451.778,36	1.504.897,44	407.700,00	1.344.423,12	181.248,75	634.087,60	5.477.742,15	17.770.317,96
Eki.22	547.820,00	2.511.422,81	4.042.059,66	18.588.080,80	552.189,94	2.586.986,27	515.122,20	2.408.333,85	150.457,07	740.624,17	5.807.648,87	26.835.447,90
Kas.22	591.650,00	2.712.356,81	3.742.364,28	17.238.259,96	723.263,62	3.365.123,92	494.152,10	2.306.787,06	110.812,41	545.341,55	5.662.242,40	26.167.869,30
Ara.22	848.140,00	3.888.208,07	3.770.682,66	17.369.533,23	680.308,64	3.163.544,32	517.341,08	2.421.469,91	175.807,03	865.066,66	5.992.279,40	27.707.822,19
									GENEL TOPLAM		65.997.109,44	203.317.960,34
2022 YILI ELEKTRİK ENERJİSİ TÜKETİMLERİ												
	AELİ TÜKETİM		GLİ TÜKETİM		ELİ TÜKETİM		ÇLİ TÜKETİM		GENEL MÜDÜRLÜK			
	kWh	TL	kWh	TL	kWh	TL	kWh	TL	kWh	TL		
	5.201.570,00	17.797.644,53	44.837.222,28	136.466.353,54	7.101.311,60	22.379.308,56	6.844.268,21	20.096.733,66	2.012.737,36	6.577.920,05		

Tablo 3. 2022 Yılı TKİ Kurumu ve ELİ Elektrik Tüketimleri

2022 YILI SOMA 1 MW GES TOPLAM ÜRETİM	
AYLAR	kWh ÜRETİM
2022 OCAK	90.407,6
2022 ŞUBAT	101.197,1
2022 MART	122.897,6
2022 NİSAN	166.405,6
2022 MAYIS	199.501,4
2022 HAZİRAN	194.586,9
2022 TEMMUZ	225.793,9
2022 AĞUSTOS	198.218,0
2022 EYLÜL	162.746,9
2022 EKİM	153.564,7
2022 KASIM	105.169,8
2022 ARALIK	84.242,1
TOPLAM	1.804.731,6

Tablo 4. 2022 Yılı Soma'da Kurulan 1MW GES Elektrik Üretim

Soma bölgesinde ELİ'de kurulan GES'ten 2022 yılında 1.804.731,6 kWh elektrik üretilmiştir.

GES KAYNAKLI FATURA FAYDASI (TL)					
Sıra	Açıklama	Birim	Değer	Birim Fiyat (TL)	Değer (TL)
1	Üretilen Elektrik	kWh	1.804.731,60	3,15 TL	5.687.431,16 TL

Tablo 5. GES Kaynaklı Fatura Faydası

Bu üretim ELİ'nin toplam tüketimi olan 7.101.311,60 kWh'nin yaklaşık %25,4'üne denk gelmektedir. Tablodan da görüleceği üzere 2022 yılı elektrik faturaları toplamı 22.379.308,56 TL'dir. Yani 2022 yılında bölgede kurulmuş GES toplam elektrik giderinin 5.687.490,87 TL'sini karşılamıştır.

GES YATIRIM ve İŞLETME MALİYETİ (ARSA HARİÇ) (TL)			
Sıra	Açıklama	Birim	Değer
1	Toplam Proje Bedeli	TL	6.696.000,00 TL
2	Tamir Bakım ve İşletme Gideri (%5)	TL	334.800,00 TL
3	Beklenmeyen Giderler (%2)	TL	133.920,00 TL
4	Toplam Maliyeti	TL	7.164.720,00 TL
5	Sermaye Maliyeti	%	30,00
6	2022 Yıl Ortalama Dolar Kuru	TL	16,22 TL
7	Amortisman Süresi	yıl	10,00

Tablo 6. GES Yatırım ve İşletme Maliyeti

AMORTİSMAN		
Birim	Yıla	
Düşen		
	Tesis * (10 yıl)	602.640,00 TL

Tablo 7. GİB Amortisman Süresi

* GİB'nın Amortismanına Tabi İktisadi Kıymetler tablosuna göre GES tesisinin amortisman süresi sonrasında %10 hurda veriminin olması beklenmektedir.

1 MW KAPASİTELİ GES TESİSİ NET NAKİT AKIM TABLOSU (BASİT FAİZ) TL									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Gelirler	İlk Yatırım Giderleri	Giderler İşletme	Sermaye (Faiz)	Amortisman	Brüt Kar (1-3+4+5))	**Vergi (6xVO)	Net Kar (6-7)	Net Nakit Akımı (8+5)
1. YIL	0,00	6.696.000,00	0,00	2.008.800,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-8.704.800,00
2. YIL	5.687.431,16	0,00	468.720,00	2.008.800,00	602.640,00	2.607.271,16	0,00	2.607.271,16	3.209.911,16
3. YIL	5.687.431,16	0,00	468.720,00	2.008.800,00	602.640,00	2.607.271,16	0,00	2.607.271,16	3.209.911,16
4. YIL	5.687.431,16	0,00	468.720,00	2.008.800,00	602.640,00	2.607.271,16	0,00	2.607.271,16	3.209.911,16
5. YIL	5.687.431,16	0,00	468.720,00	2.008.800,00	602.640,00	2.607.271,16	0,00	2.607.271,16	3.209.911,16
6. YIL	5.687.431,16	0,00	468.720,00	2.008.800,00	602.640,00	2.607.271,16	0,00	2.607.271,16	3.209.911,16
7. YIL	5.687.431,16	0,00	468.720,00	2.008.800,00	602.640,00	2.607.271,16	0,00	2.607.271,16	3.209.911,16
8. YIL	5.687.431,16	0,00	468.720,00	2.008.800,00	602.640,00	2.607.271,16	0,00	2.607.271,16	3.209.911,16
9. YIL	5.687.431,16	0,00	468.720,00	2.008.800,00	602.640,00	2.607.271,16	0,00	2.607.271,16	3.209.911,16
10. YIL	5.687.431,16	0,00	468.720,00	2.008.800,00	602.640,00	2.607.271,16	0,00	2.607.271,16	3.209.911,16
								İVO	34%
								GÖS	3,34

Tablo 8. GES Tesisi Net Nakit Akım Tablosu

**Bölge elektrik dağıtım şirketi ile elektrik mahsuplaşma olduğundan vergi oranı 0'dir.

Net nakit akım tablosunda yer alan sermaye maliyetindeki faiz oranı %30 olarak alınmıştır. 2019 – 2020 yıllarında ortalama ticari kredi faizleri dikkate alınarak belirlenmiştir. Amortisman hesap edilirken tesisin kullanım ömrü sonunda %10 hurda verimi sağlayacağı öngörülmektedir.

Tüm bunlar dikkate alındığında güneş enerji santrali için basit faiz dikkate alınarak geri ödemesi süresi, $8.704.800,00/2.607.271,16 = 3,34$ yıl bulunmuştur.

3,34 yıl bir yatırımın geri ödeme süresi olarak değerlendirildiğinde iyi bir geri ödeme süresidir.

6.6.2. Türkiye Kömür İşletmeleri GES uygulamaları

2022 yılında ihalesi yapılan Çan Linyitleri İşletmesi (ÇLİ) Müdürlüğünde kurulacak 5 MW gücündeki GES'in kurulum çalışmaları halen devam etmektedir.

Ayrıca Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) ve Ege Linyitleri İşletmesi (ELİ) müdürlüklerinde kurulacak 5'er MW gücündeki tesislerin de yıllara sari yatırım programına dahil edilmesi planlanmaktadır.

7. ANALİZ

7.1. Güneş Enerjisi Sistemlerinin Performans Analizi

7.1.1. Fotovoltaik sistemlerin enerji verimliliği ve performans analizi

Güneş enerjisi sistemlerinin performansını ve enerji verimliliğini değerlendirmek, bu sistemlerin başarısı ve kullanılabilirliği için kritik öneme sahiptir. Fotovoltaik (PV) sistemlerin enerji verimliliği, toplam üretilen elektriğin, gelen güneş ışınımına oranı olarak tanımlanır. PV sistemlerinin enerji verimliliği, bir dizi faktöre bağlıdır, bu faktörler arasında hücre tipi, modül konfigürasyonu, hava koşulları, toz birikimi ve sistem bakımı sayılabilir (Green ve ark., 2014).

Performans analizi, bir PV sisteminin enerji üretiminin ve genel etkinliğinin değerlendirilmesi sürecidir. Bu süreçte, enerji üretimindeki düşüşlerin ve performans kayıplarının belirlenmesi önemlidir. Performans analizinde kullanılan önemli bir metrik, performans oranıdır (PR). PR, gerçek enerji üretiminin, teorik maksimum enerji üretimine bölünmesiyle elde edilir. İdeal koşullarda, bir PV sisteminin PR değeri 1'e yakın olmalıdır (Jordan & Kurtz, 2013).

7.1.2. Güneş enerjili ısıtma ve soğutma sistemlerinin enerji verimliliği ve performans analizi

Güneş enerjili ısıtma ve soğutma sistemleri, enerji verimliliği ve performans açısından dikkate değer potansiyele sahiptir. Bu sistemler, güneş enerjisini kullanarak su ve hava sıcaklığını düzenler ve enerji tüketimini azaltmaya yardımcı olur. Enerji verimliliği, bu sistemlerin enerji tüketiminde sağladığı tasarruflarla doğrudan ilişkilidir (Bongs ve ark., 2009).

Güneş enerjili ısıtma ve soğutma sistemlerinin performans analizi, enerji verimliliği ve sistem optimizasyonu için önemlidir. Performans değerlendirmesinde kullanılan metrikler arasında, toplam enerji tüketimi, enerji tasarrufu oranı, enerji geri ödeme süresi ve ekserji verimliliği bulunmaktadır (Alahmer & Ajib, 2020).

Enerji tasarrufu oranı (ESR), güneş enerjili ısıtma ve soğutma sistemlerinin enerji verimliliğini değerlendirmek için kullanılır. ESR, sistem tarafından üretilen enerjinin, sistem tarafından tüketilen enerjiye oranı olarak tanımlanır. Yüksek bir ESR değeri, sistemin enerji verimliliğinin daha yüksek olduğunu gösterir (Alahmer & Ajib, 2020). Enerji geri ödeme süresi (EPBT), bir güneş enerjili ısıtma ve soğutma sisteminin maliyetini ve enerji verimliliğini değerlendirmek için kullanılır. EPBT, sistemin toplam enerji üretiminin, enerji tüketimine bölünmesiyle elde edilir. Kısa bir EPBT,

sistemin daha hızlı enerji tasarrufu sağlayacağını ve daha verimli olduğunu gösterir (Razykov ve ark., 2011).

Enerji verimliliği, güneş enerjili ısıtma ve soğutma sistemlerinin termodinamik performansını değerlendirmek için kullanılır. Ekserji, enerjinin kullanılabilir kısmını temsil eder ve ekserji verimliliği, sistemin kullanılabilir enerjiyi ne kadar etkili kullandığını gösterir. Yüksek ekserji verimliliği, sistemin enerji kaynaklarını daha etkin kullandığını ve daha sürdürülebilir olduğunu gösterir (Bejan ve ark., 1995).

7.2. Güneş Enerjisi Projelerinin Ekonomik ve Çevresel Analizi

7.2.1. Güneş enerjisi projelerinin maliyet analizi ve geri dönüş süreleri

Güneş enerjisi projelerinin ekonomik değerlendirmesi, maliyet analizi ve geri dönüş sürelerinin belirlenmesini içerir. Maliyet analizi, projenin başlangıç yatırım maliyetleri, işletme ve bakım maliyetleri ile enerji üretim maliyetlerini değerlendirmeyi içerir. Başlangıç yatırım maliyetleri, güneş panelleri, invertörler, montaj ekipmanları ve bağlantı elemanları gibi bileşenlerin maliyetlerini içerir (Branker ve ark., 2011).

Geri dönüş süresi, bir projenin enerji tasarrufları ve üretimi sayesinde başlangıç yatırım maliyetlerinin ne kadar sürede telafi edileceğini gösterir. Geri dönüş süresi, başlangıç yatırım maliyetlerinin, yıllık enerji tasarruflarına veya gelirlerine bölünmesiyle hesaplanır. Kısa geri dönüş süreleri, projenin ekonomik açıdan daha cazip olduğunu gösterir (Lazard, 2019).

7.2.2. Güneş enerjisi projelerinin çevresel etki değerlendirmesi ve sürdürülebilirlik analizi

Güneş enerjisi projelerinin çevresel etki değerlendirmesi, projelerin doğal kaynaklar, ekosistemler ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini incelemeyi içerir. Sürdürülebilirlik analizi, projelerin enerji kaynaklarını ve çevresel etkilerini değerlendirerek, projelerin uzun vadeli çevresel etkilerini ve sürdürülebilirliğini belirlemeyi amaçlar (Fthenakis & Kim, 2009).

Güneş enerjisi projeleri, sera gazı emisyonlarını azaltarak, enerji dönüşüm sürecine katkıda bulunur ve enerji üretiminin çevresel etkilerini azaltır. Bununla birlikte, güneş enerjisi projelerinin çevresel etkileri, enerji üretiminin yanı sıra, panellerin üretimi, dağıtımı ve geri dönüşümü ile ilgili süreçleri de içerir (Fthenakis & Kim, 2009).

Güneş enerjisi projelerinin sürdürülebilirliği, enerji üretiminin verimliliği, projelerin çevresel etkileri ve ekonomik değeri ile yakından ilişkilidir. Sürdürülebilir güneş

enerjisi projeleri, enerji verimliliğini ve çevresel performansı artırırken, ekonomik değeri ve geri dönüş sürelerini optimize eder. Bu nedenle, güneş enerjisi projelerinin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için, projelerin enerji verimliliği, çevresel etkileri ve ekonomik değerini kapsayan kapsamlı bir analiz yapılması gerekmektedir (Fthenakis ve ark., 2008).

Özetle, güneş enerjisi projelerinin ekonomik ve çevresel analizi, projelerin enerji verimliliği, maliyet etkinliği ve sürdürülebilirliğini değerlendirmek için önemlidir. Maliyet analizi ve geri dönüş süreleri, projelerin ekonomik değerini belirlerken, çevresel etki değerlendirmesi ve sürdürülebilirlik analizi, projelerin çevresel etkilerini ve uzun vadeli sürdürülebilirliğini değerlendirmeye yardımcı olur. Bu analizler, güneş enerjisi projelerinin geliştirilmesi ve optimize edilmesi için önemli bilgiler sağlar.

7.2.3. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu Soma GES projesinin analiz sonuçları

3,34 yıl geri ödeme süresi fizibilite raporlarından çıkan pilot tesisin işletmesinden sonra TKİ Kurumu diğer işletme müdürlüklerine 5'er MW gücünde 3 adet tesis için çalışmalara başlamıştır. 2022 yılında ihalesi yapılan Çan Linyitleri İşletmesi (ÇLİ) Müdürlüğünde kurulacak 5 MW gücündeki GES'in kurulum çalışmaları halen devam etmektedir.

Ayrıca Garp Linyitleri İşletmesi (GLİ) ve Ege Linyitleri İşletmesi (ELİ) Müdürlüklerinde kurulacak 5'er MW gücündeki tesislerin de yıllara sari yatırım programına dahil edilmesi planlanmaktadır.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Fotovoltaik sistemlerin enerji verimliliği ve performansı, günümüzde güneş enerjisinin yaygınlaşmasında önemli bir rol oynamaktadır. Literatür taraması sonuçlarına göre, fotovoltaik sistemlerin verimliliği, hücre teknolojisi, modül yapıları ve sistemin doğru şekilde tasarlanması gibi faktörlere bağlıdır (Razykov ve ark., 2011). Yapılan çalışmalar, fotovoltaik sistemlerin enerji verimliliğinin sürekli arttığını ve bu süreçte düşen maliyetlerin güneş enerjisinin yaygınlaşmasını hızlandırdığını göstermektedir (Chu & Majumdar, 2012).

Ayrıca, fotovoltaik sistemlerin performansının takibi ve analizi, sistemin çalışma süresi boyunca enerji üretiminin optimize edilmesinde önemli bir rol oynar (Hansen ve ark., 2013). Bu nedenle, fotovoltaik sistemlerin enerji verimliliği ve performans değerlendirmesi, güneş enerjisi teknolojilerinin sürdürülebilirliği ve ekonomik değerinin artırılması için kritik bir öneme sahiptir.

Güneş enerjili ısıtma ve soğutma sistemleri, enerji tüketiminin azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması için önemli bir potansiyele sahiptir (Kalogirou, 2004). Literatür taraması sonuçlarına göre, bu sistemlerin enerji verimliliği ve performansı, enerji depolama teknolojileri, ısı değiştiriciler ve kontrol sistemleri gibi bileşenlere bağlıdır (Dinçer & Meral, 2010). Bu sistemlerin enerji verimliliği ve performansı, düşük enerji tüketimi ve düşük emisyonlar sağlayarak enerji dönüşümü ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkıda bulunmaktadır.

Özetle, güneş enerjisi sistemlerinin performans analizi sonuçları, fotovoltaik sistemlerin enerji verimliliği ve performansının sürekli geliştirildiğini, güneş enerjili ısıtma ve soğutma sistemlerinin enerji tüketiminin azaltılmasında önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Bu sonuçlar, güneş enerjisi sistemlerinin sürdürülebilirliği ve ekonomik değerinin artırılmasında önemli bilgiler sunmaktadır.

Güneş enerjisi projelerinin ekonomik analizi, maliyet ve geri dönüş sürelerinin değerlendirmesini içerir. Literatür taraması sonuçlarına göre, güneş enerjisi projelerinin başlangıç maliyetleri geçmiş yıllarda önemli ölçüde düşmüştür, bu da bu teknolojinin rekabet gücünü artırmıştır (Branker ve ark., 2011). Güneş enerjisi projelerinin geri dönüş süreleri, enerji fiyatları, ülke politikaları ve teşvikler gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterir (Hernández-Moro & Martinez-Duart, 2013). Genel olarak, güneş enerjisi projelerinin maliyet analizi ve geri dönüş

sürelerinin değerlendirmesi, bu projelerin yatırım cazibesini ve ekonomik değerini belirlemede önemlidir.

Güneş enerjisi projelerinin çevresel etki değerlendirmesi ve sürdürülebilirlik analizi, bu projelerin ekolojik etkileri ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine uyumu açısından değerlendirilir. Literatür taraması sonuçlarına göre, güneş enerjisi projeleri genellikle düşük karbon emisyonları ve azaltılmış hava kirliliği sağlar (Fthenakis ve ark., 2008). Bu projelerin çevresel etkileri, enerji üretiminin yerel ekosistemlere etkileri ve malzeme kullanımı ile ilgilidir (Turney & Fthenakis, 2011). Güneş enerjisi projelerinin sürdürülebilirlik analizi, bu projelerin enerji dönüşümü ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine uyumunu değerlendirmekte faydalı olacaktır.

Sonuç olarak, güneş enerjisi projelerinin ekonomik ve çevresel analizi sonuçları, bu projelerin hem ekonomik değerinin hem de sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sağladığını göstermektedir. Bu sonuçlar, güneş enerjisi projelerinin planlanması ve uygulanması sırasında dikkate alınmalıdır.

Güneş enerjisi teknolojilerinde beklenen gelişmeler ve trendler, fotovoltaik hücrelerin verimliliğinin artması, maliyetlerin düşmesi ve enerji depolama sistemlerinin iyileştirilmesini içerir (Zhao ve ark., 2021). Literatür taraması sonuçlarına göre, gelecekte güneş enerjisi teknolojilerinde önemli gelişmeler beklenmektedir, özellikle yeni malzemeler ve nanoteknolojinin kullanımı sayesinde (Green ve ark., 2018). Bu gelişmeler, güneş enerjisi sistemlerinin genel performansını ve uygulanabilirliğini önemli ölçüde artırabilir.

Güneş enerjisi sistemlerinin geliştirilmesi için yapılan araştırmalar, yeni fotovoltaik hücre teknolojileri, enerji depolama sistemleri ve enerji yönetimi sistemleri üzerine odaklanmaktadır (Chen ve ark., 2020). Literatür taraması sonuçlarına göre, bu araştırmaların sonuçları, güneş enerjisi sistemlerinin daha yüksek verimlilik ve daha düşük maliyet ile enerji üretmesine olanak tanımaktadır (Kazmerski, 2016). Ayrıca, enerji depolama ve yönetimi alanındaki gelişmeler, güneş enerjisi sistemlerinin enerji şebekeleriyle daha iyi entegrasyonunu sağlamaktadır (Zhang ve ark., 2019).

Sonuç olarak, teknolojik gelişmeler ve yeniliklerin güneş enerjisi sistemlerine etkisi, bu sistemlerin performansını ve uygulanabilirliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu gelişmeler, güneş enerjisinin enerji dönüşümü sürecinde daha büyük bir rol oynamasına ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkıda bulunmasına olanak tanımaktadır.

Enerji dönüşümü, enerji sistemlerinin fosil yakıtlardan sürdürülebilir ve düşük karbonlu enerji kaynaklarına doğru evrimleşmesini ifade eder (Creutzig ve ark., 2017). Bu dönüşümün önemi, iklim değişikliği ile mücadele, enerji güvenliği ve ekonomik sürdürülebilirlik gibi global hedeflere katkı sağlamak için artmaktadır (Rogelj ve ark., 2018). Yenilenebilir enerjinin enerji dönüşümündeki etkisi ise giderek artan bir öneme sahiptir.

Yenilenebilir enerji, enerji dönüşümünde önemli bir rol oynamaktadır çünkü düşük karbonlu enerji kaynaklarından elde edilen enerji, fosil yakıtların kullanımını azaltarak sera gazı emisyonlarını ve hava kirliliğini düşürmektedir (Jacobson ve ark., 2017). Ayrıca, yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanması, enerji sektöründe yeni istihdam olanakları yaratmakta ve ekonomik büyümeye katkıda bulunmaktadır (IRENA, 2021).

Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji dönüşümünde güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji, biyokütle enerjisi ve jeotermal enerji gibi çeşitli şekillerde kullanılmaktadır (Krewitt ve ark., 2011). Güneş enerjisi, özellikle fotovoltaik ve termal sistemler sayesinde, enerji dönüşümü sürecinde önemli bir potansiyele sahiptir (Haegel ve ark., 2017). Bu nedenle, güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, enerji dönüşümü hedeflerine ulaşmada önemli bir faktördür.

Sonuç olarak, enerji dönüşümü, küresel enerji sistemlerinin sürdürülebilirliğini artırmak için büyük öneme sahiptir ve yenilenebilir enerji kaynakları, bu dönüşüm sürecinde kritik bir rol oynamaktadır. Güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanması, enerji dönüşümünün başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesine ve küresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına katkıda bulunacaktır.

Güneş enerjisi politikaları, güneş enerjisinin kullanımını ve yaygınlaştırılmasını destekleyen, hükümetler ve düzenleyici kurumlar tarafından oluşturulan stratejiler ve eylem planlarıdır. Bu politikaların önemi, güneş enerjisi sektörünün gelişmesine, enerji dönüşümü hedeflerine ulaşılmasına ve küresel iklim değişikliği ile mücadeleye katkıda bulunmaktadır (Couture ve ark., 2010). Güneş enerjisi politikalarının temel amaçları arasında, güneş enerjisi sistemlerinin maliyetlerini düşürmek, teknolojik inovasyonu teşvik etmek ve yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmayı sağlamak bulunmaktadır.

Dünya genelinde, başarılı güneş enerjisi politikaları sayesinde güneş enerjisi sektörü büyük ölçüde gelişmiştir. Almanya, güneş enerjisi politikalarında öncü bir ülke olarak bilinir ve Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) adlı yenilenebilir enerji yasası sayesinde, güneş enerjisi kapasitesini önemli ölçüde artırmıştır (Hoppmann ve ark., 2014). Almanya'nın başarılı politikaları, diğer ülkeler için güneş enerjisi politikaları oluştururken örnek teşkil etmektedir.

Çin, güneş enerjisi alanında yapılan yatırımlar ve hükümet politikaları sayesinde dünyanın en büyük fotovoltaik enerji üreticisi haline gelmiştir (Zhang ve ark., 2016). Çin'in güneş enerjisi politikaları, güneş enerjisi endüstrisine sağlanan sübvansiyonlar, vergi indirimleri ve uygun kredilerle desteklenmektedir. Bu politikaların etkisi, güneş enerjisi kapasitesinin artması ve enerji dönüşümü sürecine katkı sağlamasıdır.

ABD'de de güneş enerjisi politikaları, federal ve eyalet düzeyinde oluşturulan teşvikler, sübvansiyonlar ve yenilenebilir enerji portföy standartları (RPS) gibi düzenlemelerle desteklenmektedir (Bolinger ve ark., 2015). Bu politikaların etkisi, güneş enerjisi sektöründeki yatırımların artması ve üretim kapasitesinin büyümesidir. Özellikle Kaliforniya eyaleti, güneş enerjisi politikaları ve hedefleriyle ön plana çıkmakta ve yenilenebilir enerji alanında liderlik etmektedir.

Hindistan, güneş enerjisi politikaları kapsamında "Ulusal Güneş Enerjisi Misyonu" adlı bir program başlatmıştır (Tripathi ve ark., 2015). Bu program, güneş enerjisi kapasitesinin 2022 yılına kadar 100 GW'a çıkarılması hedefini benimsemiştir. Hindistan'ın güneş enerjisi politikaları, enerji erişilebilirliği, enerji güvenliği ve ekonomik büyüme açısından önemli etkiler yaratmaktadır.

İspanya, güneş enerjisi politikaları sayesinde Avrupa'nın önde gelen güneş enerjisi üreticileri arasında yer almaktadır (Del Rio ve ark., 2012). İspanya'nın politikaları, güneş enerjisi endüstrisine verilen teşvikler ve yenilenebilir enerji hedefleri ile öne çıkmaktadır. Bu politikaların etkisi, güneş enerjisi sektöründe istihdamın artması ve enerji dönüşümü sürecine katkı sağlamasıdır.

Pilot tesisten elde edilen veriler sonucunda TKİ Kurumu, İşletme Müdürlüklerine GES kurmak için çalışmalara başlamıştır. Çan Linyitleri İşletmesi (ÇLİ) Müdürlüğünde 5 MW gücündeki GES'in kurulum çalışmaları halen devam etmektedir.

TKİ Kurumu söz konusu yatırımlarla, elektrik öz tüketimini GES'lerden elde ederek hem çevreye duyarlı hem de ülke ekonomisinin dışa bağımlılığını azaltmaya katkı sağlamış olacaktır.

Sonuç olarak, güneş enerjisi politikaları, sektörün gelişmesi ve enerji dönüşümü hedeflerine ulaşılması için kritik öneme sahiptir. Başarılı güneş enerjisi politikaları örnekleri, diğer ülkeler için dikkate alınması gereken stratejiler sunmaktadır. Bu politikaların etkileri, güneş enerjisi kapasitesinin artması, enerji erişilebilirliği ve enerji güvenliğinin sağlanması, istihdamın artması ve küresel iklim değişikliği ile mücadelede önemli rol oynamaktadır.



KAYNAKÇA

- International Energy Agency (IEA), (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2019 (IEA, Issue)*.
- Alahmer, A., & Ajib, S. (2020). Solar cooling technologies: State of art and perspectives. *Energy Conversion and Management*, 214, 112896.
- Alva, G., Liu, L., Huang, X., & Fang, G. (2017). Thermal energy storage materials and systems for solar energy applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 693-706.
- Enerji Atlası, E. (2023). *Türkiye Elektrik Üretimi*. <https://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) (2023). Elektrik. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), T. D. (2020). Türkiye'nin Uluslararası Enerji Stratejisi. In.
- Bayraç, H. N., & Çemrek, F. (2022). Avrupa Birliği Ve Türkiye'nin Enerji Bağımlılığı Ve Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2), 742-762.
- Bejan, A., Tsatsaronis, G., & Moran, M. J. (1995). *Thermal design and optimization*. John Wiley & Sons.
- Bhattacharyya, S. C., & Palit, D. (2016). Mini-grid based off-grid electrification to enhance electricity access in developing countries: What policies may be required? *Energy Policy*, 94, 166-178.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2022).
- Boden, D.R., (2017). *Geologic Fundamentals of Geothermal Energy*. CRC Press.
- Bongs, C., Dalibard, A., Kohlenbach, P., Marc, O., Gurruchaga, I., Zetzsche, M., Tsekouras, P., Wiemken, E., Bourdoukan, P., & Klein10, F. (2009). Task 38 Solar Air-Conditioning and Refrigeration.
- Boxwell, M. (2012). *Solar Electric Handbook*. Greenstream Publishing.
- British Petroleum (BP). (2021). *Statistical Review of World Energy 2021* (BP, Issue. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf>
- Branker, K., Pathak, M., & Pearce, J. M. (2011). A review of solar photovoltaic levelized cost of electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4470-4482.
- Bridge, G., Bouzarovski, S., Bradshaw, M., & Eyre, N. (2013). Geographies of energy transition: Space, place and the low-carbon economy. *Energy Policy*, 53, 331-340.
- Change, I. P. o. C. (2018). *Global warming of 1.5° C: An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5° C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the*

global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Intergovernmental Panel on Climate Change.

- Chen, S., Li, Z., & Li, W. (2021). Integrating high share of renewable energy into power system using customer-sited energy storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110893.
- Cherp, A., Vinichenko, V., Jewell, J., Suzuki, M., & Antal, M. (2017). Comparing electricity transitions: A historical analysis of nuclear, wind and solar power in Germany and Japan. *Energy Policy*, 101, 612-628.
- Chu, S., & Majumdar, A. (2012). Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *nature*, 488(7411), 294-303.
- Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B. V., & Leahy, M. (2010). A review of computer tools for analysing the integration of renewable energy into various energy systems. *Applied energy*, 87(4), 1059-1082.
- Creutzig, F., Agoston, P., Goldschmidt, J. C., Luderer, G., Nemet, G., & Pietzcker, R. C. (2017). The underestimated potential of solar energy to mitigate climate change. *Nature Energy*, 2(9), 1-9.
- Creutzig, F., Roy, J., Lamb, W. F., Azevedo, I. M., Bruine de Bruin, W., Dalkmann, H., Edelenbosch, O. Y., Geels, F. W., Grubler, A., & Hepburn, C. (2018). Towards demand-side solutions for mitigating climate change. *Nature Climate Change*, 8(4), 260-263.
- Çalışkan, Ş. (2009). Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılık Ve Enerji Arz Güvenliği Sorunu. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25, 297-310.
- De Wolf, S., Holovsky, J., Moon, S.-J., Loper, P., Niesen, B., Ledinsky, M., Haug, F.-J., Yum, J.-H., & Ballif, C. (2014). Organometallic halide perovskites: sharp optical absorption edge and its relation to photovoltaic performance. *The journal of physical chemistry letters*, 5(6), 1035-1039.
- Del Río, P. (2010). Analysing the interactions between renewable energy promotion and energy efficiency support schemes: The impact of different instruments and design elements. *Energy Policy*, 38(9), 4978-4989.
- Demirbas, A. (2009). Political, economic and environmental impacts of biofuels: A review. *Applied energy*, 86, S108-S117.
- Durmuş, Z., Aslan, S. N., & Esen, V. (2022). Türkiye'de Rüzgâr Enerjisinin Mevcut Durumu ve Geleceği.
- Enerji Atlası. (2023). Enerji Atlası.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). *Enerji İstatistikleri*. (2023).
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2017).
- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK). *Elektrik Piyasası 2021 Yılı Piyasa Gelişim Raporu* (2021) Issue. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-167/resmi-istatistikleri>
- Foster, R., Ghassemi, M., Cota, A. (2009) Solar Energy: Renewable Energy and the Environment. Taylor & Francis Group.
- Foxon, T. J. (2013). Transition pathways for a UK low carbon electricity future. *Energy Policy*, 52, 10-24.

- Freris, L. & Infield, D. (2008). *Renewable Energy in Power Systems*, Wiley
- Fthenakis, V., & Kim, H. C. (2009). Land use and electricity generation: A life-cycle analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6-7), 1465-1474.
- Fthenakis, V. M., Kim, H. C., & Alsema, E. (2008). Emissions from photovoltaic life cycles. *Environmental science & technology*, 42(6), 2168-2174.
- Dinçer, F., & Meral, M. E. (2010). Critical factors that affecting efficiency of solar cells. *smart grid and renewable energy*, 2010.
- Green, M. A. (2006). Third generation photovoltaics.
- Green, M. A., Ho-Baillie, A., & Snaith, H. J. (2014). The emergence of perovskite solar cells. *Nature photonics*, 8(7), 506-514.
- Güner, S., & Albostan, A. (2007). *YEKSEM*. Türkiye'nin Enerji Politikası.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB).(2023) <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-gunes>
- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ). Güneş Enerjisi Kaynak Teknik Şartnamesi. (2021).
- Haas, R., Resch, G., Panzer, C., Busch, S., Ragwitz, M., & Held, A. (2011). Efficiency and effectiveness of promotion systems for electricity generation from renewable energy sources—Lessons from EU countries. *Energy*, 36(4), 2186-2193.
- Hansen, L., Lacy, V., & Glick, D. (2013). A review of solar PV benefit & cost studies. *Rocky Mountain Institute*.
- Hernández-Moro, J., & Martinez-Duart, J. M. (2013). Analytical model for solar PV and CSP electricity costs: Present LCOE values and their future evolution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 119-132.
- International Energy Agency (IEA), (2022). *Turkey 2021 Energy Policy Review* Issue. https://iea.blob.core.windows.net/assets/cc499a7b-b72a-466c-88de-d792a9daff44/Turkey_2021_Energy_Policy_Review.pdf
- Jacobs, D., & Sovacool, B. (2012). Feed-in tariffs and other support mechanisms for solar PV promotion, Comprehensive Renewable Energy, Sayigh, A., ed. In: Elsevier.
- Jacobson, M. Z. (2009). Review of solutions to global warming, air pollution, and energy security. *Energy & Environmental Science*, 2(2), 148-173.
- Jacobsson, S., & Karltorp, K. (2013). Mechanisms blocking the dynamics of the European offshore wind energy innovation system—Challenges for policy intervention. *Energy Policy*, 63, 1182-1195.
- Jacobsson, S., & Lauber, V. (2006). The politics and policy of energy system transformation—explaining the German diffusion of renewable energy technology. *Energy Policy*, 34(3), 256-276.
- Jordan, D. C., & Kurtz, S. R. (2013). Photovoltaic degradation rates—an analytical review. *Progress in photovoltaics: Research and Applications*, 21(1), 12-29.
- Kahraman D., (2010), Güneş Enerjisi Kaynaklı Elektrik Üretiminin Teknik - Ekonomik Analizi ve Yöresel Uygulaması, Yayımlanmamış Yüksek Lisans

Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

- Kalogirou, S. A. (2004). Solar thermal collectors and applications. *Progress in energy and combustion science*, 30(3), 231-295.
- Kant, N., & Singh, P. (2022). Review of next generation photovoltaic solar cell technology and comparative materialistic development. *Materials Today: Proceedings*, 56, 3460-3470.
- Kebede, A. A., Kalogiannis, T., Van Mierlo, J., & Berecibar, M. (2022). A comprehensive review of stationary energy storage devices for large scale renewable energy sources grid integration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 159, 112213.
- Kılıç, U., & Kekezoğlu, B. (2022). A review of solar photovoltaic incentives and Policy: Selected countries and Turkey. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(5), 101669.
- Koç, A. (2019). Güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi ve Türkiye'de uygulanabilirliği. *Elektrik Mühendisliği ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi*, 18(1), 15-22.
- Kuzemko, C., Lockwood, M., Mitchell, C., & Hoggett, R. (2016). Governing for sustainable energy system change: Politics, contexts and contingency. *Energy Research & Social Science*, 12, 96-105.
- Lazard, N. (2019). Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis—Version 13.0. In: Lazard Zurich, Switzerland.
- Lewis, N. S. (2016). Research opportunities to advance solar energy utilization. *Science*, 351(6271), aad1920.
- Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. (2010). *Wind energy explained: theory, design and application*. John Wiley & Sons.
- Mendonça, M., Lacey, S., & Hvelplund, F. (2009). Stability, participation and transparency in renewable energy policy: Lessons from Denmark and the United States. *Policy and Society*, 27(4), 379-398.
- Mertoglu, O., Simsek, S., Basarir, N., & Paksoy, H. (2019). Geothermal energy use, country update for Turkey. Proceedings of the European Geothermal Congress,
- Newell, R., Raimi, D., Villanueva, S., & Prest, B. (2021). Global energy outlook 2021: pathways from Paris. *Resources for the Future*, 8.
- Pandey, B., Karki, A. (2017). *Hydroelectric Energy: Renewable Energy and the Environment*. CRC Press.
- Parida, B., Iniyan, S., & Goic, R. (2011). A review of solar photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1625-1636.
- Patt, A., Komendantova, N., Battaglini, A., & Lilliestam, J. (2011). Regional integration to support full renewable power deployment for Europe by 2050. *Environmental Politics*, 20(5), 727-742.
- Aydem Enerji (2022). *Elektrik Nasıl Üretilir? Elektrik Üretimini Çeşitleri*. <https://www.aydemperakende.com.tr/blog/elektrik-nasil-uretilir-elektrik-uretiminin-cesitleri>

- Philipps, S., & Warmuth, W. (2019). Photovoltaics report fraunhofer institute for solar energy systems. *ISE with Support of PSE GmbH November 14th; Fraunhofer ISE: Freiburg, Germany.*
- Polman, A., Knight, M., Garnett, E. C., Ehrler, B., & Sinke, W. C. (2016). Photovoltaic materials: Present efficiencies and future challenges. *Science*, 352(6283), aad4424.
- Popp, D., Hascic, I., & Medhi, N. (2011). Technology and the diffusion of renewable energy. *Energy Economics*, 33(4), 648-662.
- Razykov, T. M., Ferekides, C. S., Morel, D., Stefanakos, E., Ullal, H. S., & Upadhyaya, H. M. (2011). Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects. *Solar energy*, 85(8), 1580-1608.
- International Energy Agency (IEA). (2020). Analysis and Forecast to 2025. *IEA: New York, NY, USA.*
- International Energy Agency (IEA). (2020). Global Status Report. Retrieved October 1, 2020. In.
- Rybach, L., & Mongillo, M. (2006). Geothermal sustainability-a review with identified research needs. *GRC Transactions*, 30, 1083-1090.
- Schmidt, O., Hawkes, A., Gambhir, A., & Staffell, I. (2017). The future cost of electrical energy storage based on experience rates. *Nature Energy*, 2(8), 1-8.
- Sinop Nükleer Güç Santrali. (2022). Nükleer Düzenleme Kurulu
- Smets, A., Jager, K., Isabella, O., Swaaij, R.V., Zeman, M. (2016). Solar Energy: The Physics and engineering of photovoltaic conversion, technologies and systems. UIT, Cambridge.
- Solangi, K., Islam, M., Saidur, R., Rahim, N., & Fayaz, H. (2011). A review on global solar energy policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(4), 2149-2163.
- Sönmez, M., & Yıldız, D. (2019). Türkiye’de havzalar bazında hidroelektrik üretiminin istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi. *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.*
- Steibler, M. (2008). Wind Energy Systems for Electric Power Generation, Wiley
- Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ). (2023).
- Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TSKB). (2021). *Energy Outlook Issue.*
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TUREB). (2023). <https://www.tureb.com.tr/>
- Turney, D., & Fthenakis, V. (2011). Environmental impacts from the installation and operation of large-scale solar power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(6), 3261-3270.
- Tutak, M., & Brodny, J. (2022). Renewable energy consumption in economic sectors in the EU-27. The impact on economics, environment and conventional energy sources. A 20-year perspective. *Journal of Cleaner Production*, 345, 131076.

- Tüysüz, Ş., & Öncel, A. (2022). Türkiye’de Yeşil Ekonomi Açısından Sürdürülebilir Enerji Kaynaklarının SWOT Analizi. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 7(19), 644-661.
- Verbong, G. P., & Geels, F. W. (2010). Exploring sustainability transitions in the electricity sector with socio-technical pathways. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(8), 1214-1221.
- Wu, W.-Q., Chen, D., Caruso, R. A., & Cheng, Y.-B. (2017). Recent progress in hybrid perovskite solar cells based on n-type materials. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(21), 10092-10109.
- Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması Yönetmeliği. (2016). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB).
- Yolcan, O., & Ramazan, K. (2020). Türkiye’nin güneş enerjisi durumu ve güneş enerjisi santrali kurulumunda önemli parametreler. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 196-215.
- Yüksel, F. (2023). Türkiye, yarım asırlık nükleer enerji serüveninde 2023 hedefini gerçekleştirmeye hazırlanıyor. *Anadolu Ajansı*. <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/turkiye-yarim-asirlik-nukleer-enerji-seruveninde-2023-hedefini-gerceklestirmeye-hazirlaniyor/2861436>
- Zekry, A., Shaker, A., Salem, M., (2018). Solar Cells and Arrays: Principles, Analysis and Design. In Yahyaoui (Ed.) *Advances in Renewable Energies and Power Technologies* (3-56).
- Zhang, H., Baeyens, J., Degreè, J., & Cacères, G. (2013). Concentrated solar power plants: Review and design methodology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, 466-481.
- Zhu, L., Wang, L., Pan, C., Chen, L., Xue, F., Chen, B., Yang, L., Su, L., & Wang, Z. L. (2017). Enhancing the efficiency of silicon-based solar cells by the piezophototronic effect. *ACS nano*, 11(2), 1894-1900.