



T.C.

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIMLARININ ARTTIRILMASINA  
YÖNELİK STRATEJİ ÖNERİLERİ**

BUSE KEVSER GÜNOĞLU

İŞLETME YÖNETİMİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DANIŞMAN

DOÇ. DR. SERHAT YÜKSEL

İSTANBUL - 2022



T.C.

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIMLARININ ARTTIRILMASINA  
YÖNELİK STRATEJİ ÖNERİLERİ**

BUSE KEVSER GÜNOĞLU

İŞLETME YÖNETİMİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DANIŞMAN

DOÇ. DR. SERHAT YÜKSEL

İSTANBUL - 2022

## BEYAN

“Yüksek Lisans tezi olarak hazırladığım “Güneş Enerjisi Yatırımlarının Artırılmasına Yönelik Strateji Önerileri” adlı çalışmamı, ilmi ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazdığımı ve faydalandığım eserlerin bibliyografyada gösterdiklerimden ibaret olduğunu, bunlara atıf yaparak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu şeref ve haysiyetimle doğrularım.”

Buse Kevser GÜNOĞLU

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca, yardımlarını ve görüşlerini benden hiç esirgemeyen değerli hocalarım Doç. Dr. Serhat Yüksel, Dr. Öğr. Üye. Serkan Eti ve Arş. Gör. Yaşar Gökalp'e teşekkürü borç bilirim. Yüksek lisans programına devam ederken bana her türlü desteği ve anlayışı sağlayan yöneticilerim Necdet Akyel, Onur Türkmen ve Ahmet Murad Bayram'a sonsuz teşekkür ederim. Çalışmalarım sürecinde bana hep destek olan kıymetli arkadaşlarım Şenay Karagöz, Zehra Akçe, Nurdan Sinan, Şeyma Ünal, Elif Özdemir, Nermin Bektaş ve Yeliz Bayram'a sonsuz teşekkür ederim. Hayatım boyunca benden desteklerini maddi ve manevi olarak hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli aileme teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|   |      |
|---|------|
| TEŞEKKÜR.....   | ii   |
| İÇİNDEKİLER .....   | iii  |
| KISALTMALAR.....  | v    |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....  | vii  |
| TABLolar LİSTESİ.....   | viii |
| ÖZET .....  | ix   |
| ABSTRACT.....   | x    |
| GİRİŞ .....   | 1    |
| 1. BÖLÜM.....   | 4    |
| KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....  | 4    |
| 1.1 Enerji Kavramına Yönelik Genel Bilgiler .....                         | 4    |
| 1.1.1 Enerjinin Tanımı, Kullanım Alanı ve Türleri .....                   | 4    |
| 1.1.1.1 Enerjinin Tanımı .....  | 4    |
| 1.1.1.2 Enerjinin Kullanım Alanları .....                                 | 5    |
| 1.1.1.3 Enerjinin Önemi.....  | 5    |
| 1.1.2 Enerjinin Türleri .....   | 5    |
| 1.1.2.1 Yenilenemez Enerjiler .....                                       | 6    |
| 1.1.2.1.1 Kömür .....   | 6    |
| 1.1.2.1.2 Petrol.....   | 8    |
| 1.1.2.1.3 Doğalgaz .....  | 9    |
| 1.1.2.1.4 Nükleer Enerji.....   | 9    |
| 1.1.2.1.5 Yenilenemez Enerji Kaynaklarının Avantaj ve Dezavantajları..... | 8    |
| 1.1.2.2 Yenilenebilir Enerjiler .....                                     | 11   |
| 1.1.2.2.1 Rüzgar Enerjisi .....   | 12   |
| 1.1.2.2.2 Güneş Enerjisi.....   | 12   |
| 1.1.2.2.3 Hidroelektrik Enerjisi .....                                    | 13   |
| 1.1.2.2.4 Jeotermal Enerji .....  | 14   |
| 1.1.2.2.5 Biyokütle Enerjisi .....  | 14   |

|   |    |
|---|----|
| 1.1.2.2.6 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Avantaj ve Dezavantajları..... | 15 |
| 1.2 Güneş Enerjisi Projelerine Yönelik Kapsamlı Bilgiler.....               | 16 |
| 1.2.1 Güneş Enerjisinin Tanımı ve İşleyişi.....                             | 18 |
| 1.2.1.1 Güneş Enerjisinin Tanımı.....                                       | 19 |
| 1.2.1.2 Güneş Panellerinden Elektrik Üretme Süreci.....                     | 20 |
| 1.2.2 Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Kıyasla Üstünlükleri.....    | 21 |
| 1.2.2.1 Düşük Karbon Emisyonu.....  | 21 |
| 1.2.2.2 Yeni İş Olanakları Yaratması.....                                   | 23 |
| 1.2.2.3 Daha Küçük Alan İşgal Etmesi.....                                   | 24 |
| 1.2.2.4 Enerji Bağımsızlığı Açısından Önemi.....                            | 25 |
| 1.2.3 Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Kıyasla Dezavantajları.....  | 26 |
| 1.2.3.1 Başlangıç Maliyetinin Yüksek Olması.....                            | 27 |
| 1.2.3.2 Bakım ve Onarım Zorluğu.....  | 28 |
| 1.2.3.3 Kalifiye Personel İhtiyacı.....                                     | 29 |
| 1.2.3.4 İleri Düzey Teknoloji İhtiyacı.....                                 | 30 |
| 1.2.3.5 İklim Koşullarından Olumsuz Etkilenmesi.....                        | 31 |
| 1.2.4 Güneş Enerjisi Yatırımlarında Karşılaşılan Riskler.....               | 31 |
| 1.2.4.1 Döviz Kuru Riski.....   | 32 |
| 1.2.4.2 Siyasi Risk.....  | 33 |
| 1.2.4.3 Operasyonel Risk.....   | 33 |
| 1.2.4.4 Makroekonomik Riskler.....  | 34 |
| 1.2.5 Güneş Enerjisi Yatırımlarına Yönelik Olası Stratejiler.....           | 34 |
| 1.2.5.1 Yüksek Teknoloji Stratejisi.....                                    | 35 |
| 1.2.5.2 Düşük Maliyet Stratejisi.....                                       | 35 |
| 1.2.5.3 Müşteri Memnuniyet Stratejisi.....                                  | 36 |
| 1.2.5.4 Pazar Payı Stratejisi.....  | 36 |
| 1.2.5.5 Kaliteli Ürün Stratejisi.....                                       | 37 |
| 2. BÖLÜM.....   | 38 |
| GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIMLARINA YÖNELİK BİR ANALİZ.....                        | 38 |
| 2.1 Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Veri Seti.....                             | 38 |
| 2.2 Konuya Yönelik Literatür Taraması.....                                  | 40 |
| 2.3 Yöntem ve Bulgular.....   | 43 |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| SONUÇLAR VE STRATEJİ ÖNERİLERİ ..... | 62 |
| KAYNAKÇA.....                        | 65 |



## KISALTMALAR

- CO2: Karbon Dioksit  
CSP: Konsantre Güneş Enerjisi  
EPA: Çevre Koruma Ajansı  
GSYH: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla  
HES: Hidroelektrik Santraller  
ILO: Uluslararası Çalışma Örgütü  
IRENA: Uluslararası Sıkıştırılmış Doğal Gaz  
İK: İnsan Kaynakları  
KNİME: Konstanz Information Miner  
KSS: Kurumsal Sosyal Sorumluluk  
PV: Güneş Fotovoltaik  
RIO: Yatırım Geri Dönüş Süresi  
SKH: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri  
vb.: Ve benzeri  
vd.: Ve diğerler



## ŞEKİLLER LİSTESİ

|   |    |
|---|----|
| Şekil 1. KNIME - Node Tanıtım Görseli.....        | 44 |
| Şekil 2. KNIME - Node Portları ve İşlevleri ..... | 44 |
| Şekil 3. KNIME – Node Durumları.....              | 45 |
| Şekil 4. Ağırlıklı Konular .....                  | 49 |
| Şekil 5. KNIME – İş Akışı.....                    | 49 |
| Şekil 6. En Çok Tekrar Eden Tekli Kelimeler.....  | 50 |
| Şekil 7. En Çok Tekrar Eden İkili Kelimeler.....  | 51 |
| Şekil 8. En Çok Tekrar Eden Üçlü Kelimeler .....  | 52 |

## TABLULAR LİSTESİ

|  |    |
|--|----|
| Tablo 1. KNIME - Terim Ağırlıkları Tablosu 1 ..... | 48 |
| Tablo 2. En Çok Tekrar Eden Tekli Kelimeler .....  | 53 |
| Tablo 3. En Çok Tekrar Eden İkili Kelimeler .....  | 56 |
| Tablo 4. En Çok Tekrar Eden Üçlü Kelimeler .....   | 59 |



# GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIMLARININ ARTTIRILMASINA YÖNELİK STRATEJİ ÖNERİLERİ

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı güneş enerjisi yatırımlarının arttırılmasına yönelik doğru stratejilerin belirlenmesidir. Bu çerçevede, Web of Science veri tabanındaki 2015 ve 2022 yıllarına ait başlığında “güneş enerjisi” geçen makaleler inceleme kapsamına alınmıştır. Bu bağlamda 2869 adet makale tespit edilmiştir. Bunun ardından, söz konusu makalelerin özet kısımları veri madenciliği yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu amaca ulaşabilmek için KNIME programı üzerinden N-gram uygulaması dikkate alınmıştır. Bu süreçte en fazla geçen tekli kelimeler ile ikili kelime ve üçlü kelime grupları belirlenmiştir. Öne çıkan bu kelime grupları sayesinde güneş enerjisi yatırımları için önem arz eden faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmanın literatüre en büyük katkısı güneş enerjisi yatırımcılarına doğru politika önerileri sunabilmek için çok geniş kapsamlı çalışmaların aynı anda dikkate alınmasıdır. Güneş enerjisi yatırımlarına yönelik tüm güncel çalışmalar incelenerek doğru strateji önerilerinin belirlenebilmesi mümkün olabilecektir. Bu kelime gruplarının içerikleri dikkate alınarak güneş enerjisi yatırımcıları için etkin stratejilerin belirlenmesi mümkündür. Tablolarda da görüldüğü üzere; son yedi yılda yayınlanmış makalelerde çoğunlukla enerji depolama ve enerji verimliliği üzerinde durulduğu gözlenmiştir. Analiz sonucuna dayanarak, yenilenebilir enerji yatırımlarının ve bilhassa güneş enerjisi yatırımlarının artmasının önündeki en büyük iki engelin yüksek maliyet ve teknolojik altyapı eksikliği olduğunu söyleyebiliriz. Güneş enerjisi yatırımlarının arttırılması için maliyetlerin azaltılması ve teknolojiye yatırım yapılması gerektiği görülmektedir. Enerjinin depolanabilmesi veya daha verimli yani daha az maliyetli bir şekilde üretilebilmesi için yatırımcıların teknolojik yatırımlara önem vermesi gerekmektedir. Teknolojik yatırımların arttırılması dolaylı olarak maliyetleri de azaltacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji Yatırımları, Güneş Enerjisi, Strateji Önerileri, Strateji, Veri Madenciliği

# STRATEGY GENERATIONS FOR THE EFFECTIVENESS OF THE SOLAR ENERGY INVESTMENTS

## ABSTRACT

The aim of this study is to determine the right strategies for increasing solar energy investments. In this framework, articles with "solar energy" in their titles for 2015 and 2022 in the Web of Science database were included in the review. In this context, 2869 articles were identified. After that, the abstracts of the mentioned articles were analyzed by data mining method. In order to achieve this aim, the N-gram application over the KNIME program has been taken into account. In this process, the most common single words, double words and triple words were determined. Thanks to these prominent word groups, the factors that are important for solar energy investments have been tried to be determined. The biggest contribution of this study to the literature is the simultaneous consideration of very comprehensive studies to present correct policy recommendations to solar energy investors. By examining all current studies on solar energy investments, it will be possible to determine the right strategy proposals. It is possible to determine effective strategies for solar energy investors by considering the contents of these word groups. As seen in the tables; It has been observed that the articles published in the last seven years mostly focus on energy storage and energy efficiency. Based on the results of the analysis, we can say that the two biggest obstacles to the increase of renewable energy investments and especially solar energy investments are high cost and lack of technological infrastructure. To increase solar energy investments, it is seen that costs should be reduced, and investments should be made in technology. Investors should attach importance to technological investments so that energy can be stored or produced more efficiently, that is, less costly. Increasing technological investments will indirectly reduce costs.

**Keywords:** Energy Investments, Solar Energy, Strategy Development, Data Mining

## GİRİŞ

Enerji hem sosyal hem ekonomik anlamda ülkelerin vazgeçemeyeceği bir ihtiyaçtır. Dolayısıyla fiyatına bakılmaksızın ülkelerin bu ihtiyacı karşılama zorunluluğu bulunmaktadır. Enerji ihtiyacı dünya genelinde en fazla kömür ve petrol gibi fosil yakıtlardan temin edilmektedir. Maliyetinin düşük olması bu enerji türlerinin en büyük avantajıdır. Buna karşın, enerji üretiminde fosil yakıtları kullanmanın birtakım dezavantajları da bulunmaktadır. Örnek olarak, fosil yakıtların kullanılması sonucunda atmosfere önemli ölçüde karbon gazı salınmaktadır. Bu durum çok ciddi anlamda çevre kirliliğine yol açmaktadır. Bu problemin ortadan kaldırılmaması durumunda birçok canlının hayatı tehlike altında olacaktır.

Yenilenebilir enerji kullanımı yukarıda bahsi geçen bu problemin çözümünde dikkate alınabilecek uygulamalardan biridir. Doğal kaynak kullanımının artması ve fosil yakıtların yaygın olarak kullanılmasından dolayı artan çevre kirliliği yenilenebilir enerji kullanımının önemini arttırmıştır (Z.B. Liang, 2020). Yenilenebilir enerji güneş ve rüzgâr gibi doğal kaynaklardan enerji üretilmesi anlamına gelmektedir. Bu enerji türlerinin birtakım avantajları bulunmaktadır. Öncelikle yenilenebilir enerji kullanımı sonucunda havaya salınan karbon gazı minimum seviyelere inmektedir. Yenilenebilir enerji teknolojisinin gelişmesi ile fosil yakıt kullanımı yüzünden atmosfere salınan karbon salınımı azalacaktır (A. Evans, 2011). Belirtilen bu husustan dolayı yenilenebilir enerjiler çevre dostu enerji türü olarak kabul edilmektedir. Yenilenebilir enerji türlerinin başka bir avantajı da ülkelerin kendi enerjilerini ürettiyor olmasıdır. Bahsi geçen bu durum ülkelerin enerji konusunda dışa bağımlılığını azaltmaktadır. Ülkelerin yenilebilir enerji kaynaklarının arttırmasına yönelik politikalar sayesinde enerjide dışa bağımlılığın azalmasına ve ülkelerin çevresel sürdürülebilirliğinin arttırılmasına yardımcı olur (O Jiankun, 2012). Bu sayede, ülkenin sürdürülebilir ekonomik kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi çok daha kolay olabilmektedir.

Güneş enerjisi de oldukça popüler olan yenilenebilir enerji türlerinden biridir. Güneş enerjisi, güneşten gelen ışınların değerlendirilerek elektrik üretilmesi anlamına gelmektedir. Bu enerji türünün ülkenin sosyal ve ekonomik gelişmesine birçok katkısı bulunmaktadır. Bu süreçte sadece güneş ışınları dikkate alındığından dolayı, atmosfere herhangi bir karbon gazı salınımı olmamaktadır. Bu sayede, üretilen enerji çevre dostu olmaktadır. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan fotovoltaik güneş enerjisi, geleneksel kaynaklardan üretilen enerji kıtlığının

zorluklarıyla başa çıkmak için bir alternatif olarak görülmektedir (Sampaio, 2017). Öte yandan, güneş enerjisi yatırımlarının bazı olumsuzluklarından da söz edebilmek mümkündür. Örneğin, güneş enerjisi yatırımlarında başlangıç maliyeti çok yüksektir. Bu durumda yatırımcılara ciddi anlamda finansal problemler doğurmaktadır. Ek olarak, güneş enerjisi yatırımları yapabilecek şirketin teknik yeterliliğinin yüksek olması gerekmektedir. Aksi takdirde, bu yatırımlarda başarıya ulaşabilmek oldukça zorlaşacaktır. Belirtilen bu olumsuzluklardan dolayı, güneş enerjisi yatırımlarının arttırılabilmesi güçleşmektedir.

Yukarıda bahsedilen hususlar dikkate alındığında, güneş enerjisi yatırımlarının hem olumlu hem de olumsuz yanlarının bulunduğu görülmektedir. Bu yüzden, adı geçen bu yatırımların arttırılabilmesi için doğru stratejilerin geliştirilebilmesi şarttır. Güneş enerjisi yatırımlarının başarılı olabilmesi için önem arz eden bir husus da çalışan personelin kalitesidir. Literatür taraması kalifiye eleman eksikliğinin bu sektördeki en büyük sorunlardan biri olduğunu desteklemektedir. (Meijer, 2019) Çalışmasında karmaşık teknolojilerin üstesinden gelebilecek nitelikli, yetkin ve bilgili personel eksikliğini vurgulamıştır. Bu yatırım türleri karmaşık yapıya sahip olan projeler olduğundan dolayı nitelikli personele önemli ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş enerjisi yatırımlarının arttırılabilmesine yönelik geliştirilebilecek başka bir strateji de teknik yeterliliklere yöneliktir. Bu projelerin başarılı olabilmesi için yatırım yapacak şirketin gerekli teknik donanıma sahip olması şarttır. Netice itibariyle, güneş enerjisi yatırımlarında başarıya ulaşabilmek için farklı strateji türleri mevcuttur. Burada önem arz eden husus ise bu strateji alternatiflerinden en doğru olanının belirlenebilmesidir.

Türkiye'deki duruma bakıldığında ülkede enerji kaynaklarının toplumun enerji ihtiyacını karşılamaya yetersiz kaldığı için enerji ihtiyacının yarısından fazlasını ithal ederek karşılamaktadır. Türkiye'nin enerji kaynaklarını çeşitlendirmesi ve yerli yenilenebilir enerji üretiminin gerekliliğini ülkenin kalkınması için de gereklidir. (Bulut & Muratoglu, 2018) Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarından en fazla "Rüzgâr Enerjisi"nin tercih edildiği; bunu "Güneş Enerjisi", "Hidrolik Enerji", "Biyokütle Enerjisi", "Jeotermal Enerji" ve "Dalga Enerjisi"nin takip ettiği görülmüştür. (Çolak & Kaya, 2017) Türkiye'nin 2023 hedeflerinde yer alan yenilenebilir enerji kaynak artırımı hedefinin maliyetler nedeniyle belirsiz olduğu, ancak özel sektöre yapılacak teşviklerle bu hedefe varılacağı ve maliyetlerin düşürüleceği düşünülmektedir. (Deveci & Güler, 2020)

Bu çalışma güneş enerjisi yatırımlarının artırılması sonucunda; fosil yakıtlara olan talebin düşmesiyle çevre kirliliğinin azalacağı, enerjide ithalatının azalması ile dışa bağımlılığın azalacağı ve ülkelerde ekonomik istikrarları ve kalkınmayı sağlayacağı hipotezinden yola çıkmıştır. Makalelerde yer alan güneş enerjisi ve yatırım sorunları üzerine inceleme yapıp, güneş enerjisi yatırımlarının arttırılabilmesi için en etkin stratejiler belirlenmesi hedeflenmektedir. Güneş enerjisi yatırımlarının arttırılmasında en fazla rol oynayan unsurlar incelenip, bu unsurlarla ilgili çözüm önerileri sunulması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak, başlığında “Güneş Enerjisi” ifadesi geçen ve Web of Science arama motorunda yer alan son yedi yıla ait tüm makaleler inceleme kapsamına alınmıştır. Elde edilen bu makalelerin özet bölümleri kullanılarak veri madenciliği analizi yapılmıştır. Bu süreçte, KNIME programından faydalanılmıştır. Bu makalelerde en fazla geçen tek, ikili ve üçlü kelime grupları N-gram yaklaşımıyla belirlenmiştir. Bu kelime gruplarının içerikleri dikkate alınarak güneş enerjisi yatırımcıları için etkin stratejilerin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Bu çalışmanın literatüre en büyük katkısı ülkelerin sosyal ve ekonomik gelişimine önemli ölçüde katkı sağlayan güneş enerjisi yatırımlarının arttırılabilmesi için doğru stratejilerin orijinal bir yöntemle belirlenmesidir. Elde edilecek analiz sonuçları yatırımcıların doğru karar verebilmelerine yardımcı olacaktır.

# 1. BÖLÜM

## KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Tezin ilk bölümünde kavramsal çerçeve hakkında bilgi verilecektir. Bu bağlamda, ilk olarak, enerji kavramına yönelik bazı tanımlar paylaşılmıştır. Bunun ardından, farklı enerji türleri açıklanacaktır. Daha sonra hem yenilenebilir hem de yenilenemez enerji alternatiflerinin avantajları ve dezavantajları tartışılacaktır. Öte yandan, enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki önemi vurgulanacaktır. Bu çerçevede, öncelikle ekonomik büyümenin tanımı ve önemi belirtilecektir. Bunların ardından, ekonomik büyümeyi etkileyen faktörler özetlenecektir. Son olarak, enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki önemi hakkında kapsamlı bilgiler paylaşılacaktır.

### 1.1 Enerji Kavramına Yönelik Genel Bilgiler

Bu başlık altında, enerjinin tanımı, kullanım alanı ve önemi hakkında detaylı bilgi verilecektir. Daha sonra, enerjinin türleri açıklanacaktır.

#### 1.1.1 Enerjinin Tanımı, Kullanım Alanları ve Türleri

Bu bağlamda, enerjinin tanımı, kullanım alanı ve türleri aşağıda alt başlıklar şeklinde paylaşılacaktır.

##### 1.1.1.1 Enerjinin Tanımı

Enerji maddesel enerji ve ışık enerjisi olmak üzere iki ana başlıkta toplanır. Maddesel enerji ise potansiyel enerji ve kinetik enerji olmak üzere iki temel başlıkta incelenir. Kinetik enerji hareket eden her şeyin sahip olduğu enerjidir. Potansiyel enerji ise bir maddenin fiziksel durumundan ötürü topladığı kabul edilen enerji miktarıdır.

Enerji, tüm ekonomik faaliyetlerin ve uluslararası politikanın merkezi bir bileşenidir. Enerjinin sonludur ve genellikle dışsal olması sürdürülebilirliği hakkında endişeler mevcuttur. Enerjinin tüm ekonomiler için kilit bir faktör olması nedeniyle, enerji sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi önemlidir. Ancak enerji üretimi çevre üzerinde büyük baskılar oluşturmakta ve çoğunlukla sınırlı kaynaklara dayanmaktadır. Enerji sürdürülebilirliği, sosyal ve çevresel



gerekliliklere uygun, yeterli, güvenilir ve karşılanabilir enerjinin sağlanması ile ilgilidir (Grigoroudis vd., 2021).

### **1.1.1.2 Enerjinin Kullanım Alanları**

Enerji, üretimden elektriğe kadar birçok noktada kullanılan hayati bir unsurdur. Dünya nüfusunun hızla artması, sanayileşme faaliyetleri, teknolojik yenilikler, yaşam standartları ve tüketim harcamaları yoğun enerji talebine yol açmaktadır (Okumus vd., 2021). Enerjinin çok farklı yerlerde kullanılan birden fazla çeşidi mevcuttur.

### **1.1.1.3 Enerjinin Önemi**

Enerji, dünyadaki birçok ülkenin sürdürülebilir ve ekonomik kalkınması için temel bir faktördür. Endüstriyel ve tarımsal büyüme, sürdürülebilir ekonomi ve ulusların sosyal gelişimi, güvenilir enerji kaynaklarına erişimlerine bağlıdır (Mostafaiepour vd., 2021). Dünya çapında artan enerji talebi ve geleneksel enerji kaynaklarının çevresel etkilerinin bilinmesi, hükümetleri sağlıklı enerji politikaları oluşturmaya yöneltmektedir. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda yenilenemeyen enerji kaynaklarının korunması bu açıdan kritik öneme sahiptir.

Devletlerin enerji politikaları incelendiğinde, enerji kaynaklarına erişim imkânlarına göre değişen hedefler görülmektedir ve bu açıdan bakıldığında dünya ülkeleri üç ana kategoride incelenebilir. Dışa bağımlı ülkeler, kendi kaynakları yetersiz olduğu için enerji tedarikinde güvenliği sağlamaya ve tedarik kaynaklarını çeşitlendirmeye odaklanırlar. Enerji zengini ülkeler, halihazırda sahip oldukları enerji kaynaklarını ve kapasitelerini geliştirmeye odaklanırlar.

### **1.1.2 Enerjinin Türleri**

Enerjiyi kaynak türü bakımından yenilenebilir ve yenilenemez olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Sürdürülebilir kalkınma için enerjinin rolü göz ardı edilemez. Hem yenilenebilir hem de yenilenemez enerjilerin politika konularında zıt etkileri vardır. Bununla birlikte, iş döngüsü aşamalarındaki değişiklikler ekonomik büyümeyi ve enerji talebini etkilediğinden, farklı iş döngüsü aşamalarında yenilenebilir ve yenilenemez enerjiler arasında bir seçim önem kazanmaktadır (Yasmeen vd., 2022).

### **1.1.2.1 Yenilenemez Enerjiler**

Yenilenemez enerji, sonunda tükenecek bir enerji kaynağıdır. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının çoğu, kömür, gaz ve petrol gibi fosil yakıtlardır. Üretildiğinden çok daha hızlı tüketilen ve üretilmesi, oluşması çok uzun yıllar alan doğal (sürdürülebilir olmayan) kaynaklardır. Tüketim oranını koruyabilecek bir ölçekte üretilmeyen bu kaynaklar genellikle sabit miktardadır ve doğanın yeniden oluşturabileceğinden çok daha hızlı tüketilir. Bu doğal kaynaklar, çok sayıda endüstri için önemli bir güç kaynağıdır. Fosil yakıtlar daha az maliyetli olduğundan, artan talebi karşılamak için enerji üretiminde ağırlıklı olarak geleneksel fosil yakıtlar (yenilenemeyen enerji kaynakları) tercih edilmektedir (Okumus vd., 2021). Ancak, yenilenemeyen enerjinin olumsuz çevresel etkileri ve sınırlı tedarikleri de dahil olmak üzere sayısız dezavantajı vardır.

Yenilenemez enerji kaynakları her türlü şey için kullanılabilir. Endüstriyel süreçlerde kullanılan enerjinin %70'inden fazlası yenilenemeyen kaynaklardan gelirken, fosil yakıtlar da birçok evsel amaç için kullanılmaktadır. Yenilenemeyen kaynaklardan elde edilen enerji; elektrik, ısınma, üretim ve ulaşım gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Bulunmasının kolay olması, az miktarda yakıttan bile çok fazla enerji elde edilebilmesi, kolay taşınabilmesi gibi sebepler yenilenemez enerji kaynaklarının avantajları arasında sayılabilir. Tükenebilir olması, çevreye ve halk sağlığına olan zararları, artan maliyetleri yenilenemez enerjinin dezavantajlarından bazılarıdır.

#### **1.1.2.1.1 Kömür**

Yüzey madenciliği; şerit madenciliği, açık ocak madenciliği ve dağ tepesi çıkarma madenciliği dahil olmak üzere, maden yatağının üstündeki toprak ve kayaların çıkarıldığı geniş bir madencilik kategorisidir. Bu yöntemde kömürün üzerini örten toprak ve kaya (örtü adı verilen) kaldırılır ve kömür damarını ortaya çıkarmak için özel ekipman kullanılır. Çıkarma işlemi tamamlandıktan sonra, örtü geri alınır, üst toprak ve gübre ile kaplanır ve tohumlar ekilir. Bu, biyolojik dengeyi geri kazanmaya ve erozyonu önlemeye yardımcı olur. Yüzey madenciliğinin bir avantajı, yeraltı madenciliğinden daha ucuz olmasıdır. Yüzey madenciliğinin bir dezavantajı, arazide kalıcı izler bırakabilmesidir.

Yeraltı madenciliği, kömür yüzeyin yüzlerce kilometre altına gömüldüğünde kullanılır. Altı temel yeraltı madenciliği yöntemi vardır:

Uzun ayak madenciliği, uzun bir kömür duvarının tek bir dilimde (tipik olarak 0,6–1,0 m kalınlığında) çıkarıldığı bir yeraltı kömür madenciliği şeklindedir. Uzun ayak paneli (çıkan kömür bloğu) tipik olarak 3-4 km uzunluğunda ve 250-400 m genişliğindedir.

Oda ve sütun madenciliği, kömürün yatay bir düzlem boyunca çıkarıldığı ve yatay oda ve sütun dizileri oluşturduğu bir madencilik sistemidir. Bu madencilik tekniği diğer yeraltı madenciliği tekniklerine kıyasla yüzey çökmesi riskini azalttığı için avantajlı olabilir. Ayrıca mekanize edilebilmesi ve nispeten basit olması nedeniyle avantajlıdır. Ancak, cevherin önemli kısımlarının geride bırakılması gerekebileceğinden, geri kazanım ve karlar düşük olabilir. Oda ve sütun madenciliği, önemli ölçüde daha fazla insan gücüne sahip olmasına rağmen, kullanılan en eski yöntemlerden biriydi.

Geleneksel madencilik yani delme ve patlatma madenciliği, kazı için kayayı kırmak için patlayıcıların ve gaz basınçlı patlatma piroteknikleri gibi diğer yöntemlerin kontrollü kullanımınıdır. En sık geleneksel madencilik, taş ocakçılığı, baraj, tünel veya yol inşaatları gibi inşaat mühendisliğinde uygulanmaktadır. Delme ve patlatma tekniğinde farklı bileşimlere ve performans özelliklerine sahip birçok farklı patlayıcı türü kullanılmaktadır. Daha yüksek hızlı patlayıcılar, kayayı parçalamak ve kırmak için nispeten sert kayalar için kullanılırken, yumuşak kayalarda daha fazla gaz basıncı ve daha büyük bir kaldırma etkisi oluşturmak için düşük hızlı patlayıcılar kullanılır. Tünel açma makinelerinin (TBM'ler) ortaya çıkmasından önce, kazmanın mümkün olmadığı sert kayalarda uzun tünelleri kazmanın tek ekonomik yolu delme ve patlatmaydı. Bugün bile yöntem tünellerin yapımında hala kullanılmaktadır.

Kısa duvar madenciliği, sürekli bir madencinin dikdörtgen bir kömür sütununun kısa ucundan kesip yüklediği ve hidrolik olarak güçlendirilmiş kendinden ilerleyen çatı desteklerinin koruyucu bir örtü sağladığı bir madencilik yöntemidir.

Geri çekilme madenciliği, oda ve sütun madenciliği olarak bilinen yeraltı madenciliği tekniğinde sütunların kaldırılmasıdır.

Kömür, yenilenemeyen enerjiler kümesinde ortalama olarak en yüksek olanı oluşturur ve onu gaz ve petrol yağı izler. Yenilenemez enerji göstergeleri grubundaki kömürün büyük

değeri, literatürde aşağıdakileri içeren üç ana faktörle ilişkilendirilmiştir; doğal gaz ve akaryakıtta göre kolay erişilebilirlik, düşük fiyat açısından satın alınabilirlik ve kullanım çeşitliliği (İbrahim vd., 2021). Kömür, aynı zamanda birçok ürünün ana maddesidir. Koklaştırma yöntemi ile kok kömürü, şehir gazı, katran, benzen ve amonyak elde edilir; elde edilen bu ürünler demir-çelik sanayisinde, ısınmada ve kimya sektöründe kullanılır. Yakma yöntemi ile elektrik ve ısı elde edilir; bu ürünler termik santrallerde ve ısınmada kullanılır. Gazlaştırma yöntemi ile sentez gazı elde edilir. Bu gaz demir çelik sanayisinde, ısınmada, kimyada ve termik santrallerde kullanılır. Son olarak sıvılaştırma yöntemi ile katı yağlar ve sentetik benzin elde edilir. Bu ürünler termik santrallerde, ulaşımda ve kimyada kullanılır.

Kömür, elektrik üretmek için yakılan ve kullanılan fosil yakıt ve yenilenemez bir enerji kaynağıdır. Kömürle çalışan bir elektrik santrali, atmosfere aerosol olarak büyük miktarlarda partikül salan, olağanüstü bir çevre kirliliği üreticisidir (Gasparotto ve Martinello, 2021). Kömür, tüm fosil yakıtlar arasında en yüksek karbon seviyesine sahip olanıdır. Bu, gezegenimiz için kötü haber olan yüksek miktarda sera gazı emisyonu ürettiği anlamına gelir.

#### **1.1.2.1.2 Petrol**

Petrolde elde edilen en önemli ürün, arabalara yakıt sağlamak için kullanılan benzindir. Diğer petrol ürünleri arasında uçaklar için dizel, ısıtma yağı ve jet yakıtı bulunur. Bu ürünler ağırlıklı olarak ulaşım ve sanayi sektörlerinde enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır ancak petrol ürünleri ticari ve konut amaçlı da kullanılmaktadır. Petrol çoğu sektörü için ana enerji kaynağıdır. Önemli ölçüde yenilenemeyen enerji bağımlılığına rağmen, petrol yakıtlarının tüketiminden kaynaklanan enerji kaynaklı karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonlarını azaltmak için bu sektörlerde yenilenebilir enerji bağımlılığının artması çok önemlidir (Emirmahmutoglu vd., 2021).

Petrol yüz milyonlarca yıl önce ölen deniz bitkilerinin ve hayvanların çürümesiyle oluşmuştur. Ham petrol (petrolün topraktan ilk çıkarıldığı zamanki şeklidir) rafine edilmeden ham petrolü enerji kaynağı olarak kullanamayız. Petrol rafinerileri, ham petrolü temizler ve çeşitli yakıtlara ve yan ürünlere ayırır. Benzin, petrolden elde edilen ana üründür. Ham petrolün işlenmesi süreci, petrolün bir kuyudan pompalanarak elde edilmesi ve daha sonra bir araçla (gemi, botu hattı, tren vb.) petrol rafinerisine taşınması ile başlar.

### **1.1.2.1.3 Doğalgaz**

Doğal gaz, topraktan alındıktan sonra, safsızlıklardan arındırılması ve farklı bileşenlerine ayrılması için bir işleme tesisine gönderilir (bu bileşenler metan ve ayrıca propan ve bütan gibi diğer gazlardır.) Doğal gazın bulunması zor olabilir, çünkü genellikle yerin derinliklerinde bulunan kayalarda sıkışıp kalır. (Bu kuyuların ortalama derinliği yaklaşık 9000 fit olduğundan ve sondajı ayak başına yüzlerce dolara mal olabileceğinden, doğal gaz sahalarını dikkatli bir şekilde seçmek önemlidir.). Doğal gaz ayrıca, kömür yatağı metan adı verilen kömür damarlarında ve ayrıca çöplüklerde üretilen metanda da bulunabilir. Doğal gaz yenilenemez bir enerji kaynağı olarak kabul edilirken, çöp gazı çürüten çöplerden geldiği için yenilenebilir bir metan kaynağıdır. Propan ise doğal gaz ve petrolden (petrol) gelen bir gazdır. İmalat ve yakıt ikmali endüstrisi, ahırların ısıtılması ve çiftlik ekipmanlarının işletilmesi, sıcak hava balonlarına yakıt ikmali ve evleri ısıtmak da dahil olmak üzere birçok farklı kullanım alanına sahip temiz yanan bir yakıttır.

### **1.1.2.1.4 Nükleer Enerji**

Atomlar (evrendeki her nesneyi oluşturan parçacıklar) nötronlardan, protonlardan ve elektronlardan oluşur. Nükleer enerjinin geldiği bir çekirdek içerirler. Bir atomda bulun nükleer enerji, iki yolla elde edilir. Birincisi güneşin çalışma prensibi olan ve nükleer füzyon adı verilen atom çekirdeklerinin birleşmesi veya kaynaşması yolu ile. Diğeri ise atom çekirdeklerinin birbirinden ayrıldığı nükleer fisyon adı verilen yöntemle. Bu da nükleer santrallerin elektrik üretmek için kullandığı yöntemdir.

Uranyum-235 olarak adlandırılan belirli bir uranyum formu, bir nötron tarafından bombardıman edildiğinde çekirdeği kolayca bölündüğü için en yaygın olarak enerji üretimi için kullanılır. Bir nükleer füzyon reaksiyonu sırasında; bir uranyum atomunun çekirdeği, bir nötron tarafından bombalanır. Uranyum, dünya ilk yaratıldığında oluşan radyoaktif bir elementtir. Bazı kaya türlerinde doğal olarak oluşur. Uranyum, kolayca parçalanabilen birkaç elementten biridir ve bu nedenle nükleer santrallerde yakıt olarak kullanılır. Uranyum dünyanın her yerinde bulunmasına rağmen hala yenilenemez bir enerji kaynağıdır.

Çevre koruma ve güvenli enerji kullanımı konuları ülkeleri fosil kaynaklardan ziyade alternatif ve daha temiz enerji kaynakları aramaya yöneltmiştir. Son zamanlarda temiz enerjiye

geçiş ile nükleer enerji, birçok gelişmiş veya gelişmekte olan ülke tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır (Christoforidis vd., 2021). Nükleer enerjinin sürdürülebilir kalkınma çerçevesindeki yeri tartışmalı bir konu olmaya devam etmektedir. Nükleer santrallerin güvenliği, halk sağlığı ve toplumsal kabul ile ilgili kullanımına karşı tartışmalar bulunmaktadır. Ancak nükleer enerji, artan enerji ihtiyacı ve tükenen fosil yakıt rezervlerine sahip ülkeler için alternatif bir enerji çözümü oluşturan gelişmiş bir enerji teknolojisi olarak kabul edilmektedir (Fiore, 2006; Toth ve Rogner, 2006). Güvenli ve çevre dostu bir enerji arzı sağlayan temiz bir enerji kaynağı olarak da kullanılmaktadır. Ülkelerin sürdürülebilir enerji stratejilerinin çoğunda nükleer enerji, yenilikçi ve çevre dostu teknolojileri teşvik ederek insan sermayesini artıran alternatif bir elektrik üretim kaynağı olarak kullanılmıştır.

#### **1.1.2.1.5 Yenilenemez Enerji Kaynaklarının Avantaj ve Dezavantajları**

Fosil yakıtların yakılmasının çevre üzerinde zararlı bir etkiye sahip olduğu ve ayrıca küresel ısınma ve iklim değişikliklerinden sorumlu olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, nükleer maddeler de radyoaktif yapıları onları toksik hale getirdiği için risklerle ilişkilidir. Fosil yakıtların çevreye verdikleri zararların yanı sıra ekonomiye de zarar vermektedir. Bu nedenle bu kaynakların arz ve talebi sürekli sorgulanmaktadır. Bu enerjileri elde etmenin maliyeti sürekli artıyor olması tedarikçileri ve tüketicileri zor durumda bırakmaktadır.

Yenilenemez enerji kaynaklarının avantajları şu şekilde özetlenebilir. Yenilenemeyen kaynaklar enerji bakımından yüksektir. Kömür ve petrol gibi kaynaklar, güneş veya rüzgâr enerjisi gibi yenilenebilir enerjilere kıyasla bize daha fazla enerji sağlama eğilimindedir. Kömür madenciliğinde, petrol satışında veya doğal gaz boru hatlarının yapımında büyük karlar elde edilebilir. Bu kaynakların evde veya başka bir yerde kullanımı kolaydır. Tüketiciler, yenilenemeyen kaynakları çok uygun maliyetli bir fiyata bulabilirler. Bazı insanlar için yeni makineler ve diğer enerji kaynakları, kömür ve petrol gibi geleneksel minerallerinin yerini alamaz. Bu nedenle, geleneksel enerji olarak da adlandırılır. Yenilenemez enerji her yerde ve her yerde kolaylıkla bulunur. Bu, dünyanın her yerine rahatça taşınabilecekleri anlamına gelir. En önemlisi, yenilenemeyen kaynaklar istihdam yaratmaktadır. Çıkarma, taşıma ve rafine etme, yenilenemeyen kaynakların istihdam sağlayan kısımlarıdır. Yenilenemeyen kaynakların çoğunun depolanması da çok kolaydır.

Yenilenemeyen enerji türlerinin en önemli dezavantajı ise enerji bağımlılığına yol açmasıdır. Küresel petrol rezervlerinin üçte ikisinden fazlası Orta Doğu bölgesinde yer alırken, enerji ithalatçısı ülkeler kendi ekonomik büyüme performanslarını sürdürmek için yeterli enerji arzını sağlamayı hedefliyor (Murshed vd., 2022). Yenilenebilir enerjilerin yerine fosil yakıtların kullanılmasının yol açacağı olumsuz çevresel etkiler, Paris Anlaşması gibi uluslararası çevre anlaşmaları kapsamında ülkelerin güvenilirliklerini zedelemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi kirli fosil yakıt kullanımlarından kaynaklanan emisyonları sınırlamayı amaçlamaktadır.

Ayrıca, Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) bildirelerinin yedinci hedefi, Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonlarını azaltmak ve dünya çapında sürdürülebilir ekonomik büyümeyi sağlamak için uygun fiyatlı, güvenilir ve temiz enerji kaynaklarına erişimi artırmayı da hedefliyor. Sonuç olarak, dünya ekonomileri, küresel enerji sistemleri içinde temiz enerji geçişlerine yol açan ilgili yolları keşfetmeye çalışıyor.

### **1.1.2.2 Yenilenebilir Enerjiler**

Yenilenebilir enerji hızlı bir şekilde kendini yenileyebilen enerjilerdir. Yenilenebilir enerji kaynakları bol, sürdürülebilir ve çevre dostudur. Yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtlardan farklı olarak, ne kadar kullanılırsa kullanılsın sürekli yenilendikleri için asla tükenmeyecektir. Kömür ve petrol gibi fosil yakıt kaynakları eninde sonunda tükenecek olsa da yenilenebilir enerji kaynakları dünya dönmeye devam ettiği sürece tükenmeyecektir.

Cousse (2021) çalışmasında hem en etkili hem de sürdürülebilir politikalar arasında, özellikle yenilenebilir enerjiler, enerji depolama ve elektrik şebekesinin modernizasyonu olmak üzere daha yeşil altyapıya yatırımı teşvik eden politikaların yer aldığını belirtmiştir. Tüm yenilenebilir enerji kaynakları arasında en hızlı büyüyen enerji kaynaklarından birinin güneş enerjisi olduğundan bahsetmiş ve bu tür teşviklerin fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılmasına ve küresel CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunabileceğinden bahsetmiştir.

### 1.1.2.2.1 Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr basitçe tanımlamak gerekirse hareket eden havadır. Rüzgâr, rüzgâr türbinleri kullanılarak elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Güneş, Dünya'nın yüzeyini ısıtırken, enerjisi, yüzeyin türüne bağlı olarak farklı oranlarda emilir. Örneğin, kara alanları Güneş'in enerjisini su kütlelerinden farklı bir oranda emecektir. Dünya yüzeyinin bu dengesiz ısınması, rüzgâr dediğimiz havanın hareket etmesine neden olur. Rüzgâr, atmosferimizdeki birçok gazdan oluşan basit bir hava akımı olarak düşünülebilir. Kinetik enerjisini, atmosferde eşit olmayan şekilde dağılmış ısınma nedeniyle dünyanın dönüşü ve sıcaklık farkı gibi nispeten büyük ölçekli olaylardan elde eder. Dalgalı arazi gibi birçok faktör de yoğunluk dağılımını etkileyebilir. Bu nedenle rüzgâr yenilenebilir, yaygın olarak dağıtılan ve doğada bol olduğu için sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak kabul edilir. Rüzgâr enerjisi kullanımının artırılması, fosil yakıtlara olan bağımlılığın azalmasına yol açabilir ve küresel sera gazı emisyonunu kademeli olarak azaltacaktır (Škvorec ve Kozmar, 2021).

Rüzgâr türbinleri adı verilen insan yapımı yapılar kullanılarak rüzgârdan yararlanılarak elektriğe dönüştürülebilir. Bu elektrik konutlarda ve ticari amaçlarla kullanılabilir. Rüzgâr türbinleri, rüzgârdaki kinetik enerjiyi elektrik üreten hareket enerjisine dönüştürür. Rüzgâr türbinlerinin çalışma prensipleri şu şekilde özetlenebilir. Hareket eden hava, rüzgâr türbininin kanatlarını döndürür. Bu kanatlar düşük hızlı bir mile bağlıdır – kanatlar döndüğünde şaftı döndürürler. Düşük hız mili bir dişli kutusuna bağlıdır. İçeride, yavaş hareket eden büyük bir dişli küçük bir dişliyi hızla döndürür ve küçük dişli daha sonra başka bir mili yüksek hızda döndürür. Yüksek hızlı şaft bir jeneratöre bağlıdır. Şaft jeneratörü döndürdükçe elektrik üretilir. Elektrik akımı, türbin kulesinin aşağısındaki kablolardan geçer. İletim hatlarına gönderilebilmesi için akımın voltajını değiştiren bir transformatöre ulaşır.

### 1.1.2.2.2 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, güneş ışınlarından gelen ısı ve ışıktan üretilen enerjidir. Bu ışıma enerjisi olarak bilinir, çünkü güneş her gün bu enerjinin büyük bir miktarını yayar. Yenilenebilir bir enerjidir, yani asla tükenmeyecektir. Güneş enerjisi elektriğe dönüştürülebilir veya hava, su veya diğer sıvıları ısıtmak için kullanılabilir. Güneş enerjisi hava, su veya diğer sıvıları ısıtmak için kullanılır. Güneş enerjisinden elde edilen elektrik insanların evlerinde, okullarda ve telekomünikasyon ve su pompaları gibi ekipmanlara güç sağlamak için kullanılır. İki ana güneş



enerjisi teknolojisi türü vardır. Birincisi solar termal adı verilen ve güneş ışığının termal enerjiye veya ısıya dönüştüğü teknoloji türüdür. Çoğu güneş enerjisi sistemi, alanı veya suyu ısıtmak için güneş enerjisi kullanır. Buna enerji türüne örnek olarak güneş enerjisi ile sıcak su sağlayan gün ısı sistemleri verilebilir. Diğeri ise güneş fotovoltaik (PV) adı verilen, güneş ışığının fotovoltaik hücreler kullanılarak doğrudan elektriğe dönüştürüldüğü teknoloji türüdür.

Küresel enerji tüketimindeki yıllık artışlar, çevresel sorunları ve endişeleri ile birlikte, büyük sürdürülebilir ve yenilenebilir küresel enerji iletiminde önemli roller oynamaktadır. Güneş enerjisi sistemleri, son on yılda diğer tüm yenilenebilir enerji sistemleri arasında en fazla ilgiyi çekmiştir (Rabaia vd., 2021). Yenilenebilir, yani asla tükenmeyecek olması, kolay üretilebilir olması, sessiz olması ve temiz olması güneş enerjisinin en önemli faydaları arasında sayılmaktadır.

### **1.1.2.2.3 Hidroelektrik Enerjisi**

Hidroelektrik, Yunanca "su" anlamına gelen "hidro" kelimesinden gelir. Hidroelektrik, hareket eden suyun kuvvetinden üretilen enerjidir. Bu kuvvet son derece güçlü olabilir ve yerçekimi tarafından yönlendirilir. Suyun yüksek zeminden alçak zemine hareket etmesinin nedeni, suyun hareketini sağlayan yerçekiminden kaynaklanmaktadır. Hareket eden suyun gücü son derece güçlü olabilir. Hidroelektrik santraller bu enerjiyi elektrik üretmek için kullanır. Su döngüsü ise suyun düşmesini ve hareketini içeren sürekli bir doğal döngüdür.

Hidroelektrik santrallerde elektrik üretmek için hidroelektrik kullanılmaktadır. Tipik bir hidroelektrik santral sistemi elektriğin üretildiği bir elektrik santrali, su akışını kontrol etmek için açılıp kapatılabilen bir baraj ve suyun depolandığı bir rezervuar olmak üzere üç kısımdan oluşur. Bir hidroelektrik santralinde üretilebilecek elektrik miktarını etkileyen iki faktör tarafından vardır. Bunlar basınç ve akıştır. Basınç, suyun ne kadar yüksekten düştüğüdür. Akış, ise sistemde ne kadar suyun hareket ettiği. Genel olarak, yüksek düşülü bir hidroelektrik santrali, aynı miktarda elektrik üretmek için düşük düşülü bir santralden daha az su akışına ihtiyaç duymaktadır. (Su ne kadar fazlaysa akış o kadar yüksek olur.)

Hidroelektrik santraller su kaynaklarından elektrik üretmek için birleştirilmiş bir teknolojidir ve yenilenebilir ve temiz oldukları kabul edilir. Hidroelektrik projelerine yapılan yatırımlar, çevresel açıdan sürdürülebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılmasında stratejik

olarak görülse de HES'lerin uygulanması, küresel elektrik sektöründe hala çok tartışmalı bir konudur. Son yıllarda, enerji geçiş süreci, dünyayı temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının arayışına yönlendirmiştir (Catolico vd., 2021)

#### **1.1.2.2.4 Jeotermal Enerji**

Jeotermal enerji Dünya'nın içindeki ısıdan gelir. Elektrik üretmek, evleri ve binaları ısıtmak ve sıcak su sağlamak için kullanılabilir. Jeotermal kelimesi iki Yunanca kelimeden gelir: Geo, dünya anlamına gelir ve Therme, ısı anlamına gelir ve termal enerjinin tek yenilenebilir şeklidir. Dünya'nın çekirdeği katı bir demir merkezi çevreleyen çok sıcak erimiş demirden oluşur. Yer kabuğunu oluşturan plakalar birbirinden uzaklaşıp birbirine doğru itildiğinde, kabuğun çatlamasına veya incelmesine neden olarak, sıcak magma tüylerinin kabuğa yükselmesine neden olabilir.

Dünya yüzeyine yakın jeotermal rezervleri bulmak için keşif kuyuları açılır. Bir rezerv bulunduğunda, sıcak su ve buharı yüzeye çıkarmak için üretim kuyuları açılır. Sıcak su ve buhar, üretim kuyularına yakın enerji santrallerinde elektrik üretmek için kullanılmaktadır. Enjeksiyon kuyuları, kullanılmış jeotermal akışkanları rezerve geri döndürür. Jeotermal enerjinin ısıtma, endüstri, kaplıcalar, tarım ve su ürünleri gibi geniş bir kullanım alanı vardır. Jeotermal enerji, iklim değişikliği tehdidini azaltmak için kullanılmayan potansiyele sahip, karbon içermeyen yenilenebilir bir sürdürülebilir enerji kaynağıdır. Sürdürülebilir bir kalkınma yolu elde etmek için, teknik ve ekonomik kısıtlamaların değerlendirilmesi, jeotermal projelerin uygulanması sırasında ortaya çıkan çevresel yönetim ve sosyal ve yasal zorluklar çerçevesinde ele alınmalıdır. Jeotermal kaynakların geniş bir ölçekte konuşlandırılmasının önündeki kilit engeller arasında yüksek sermaye maliyetleri, farklı derinliklerde kaynağın konumu ve kalitesi ve yerel toplulukların muhalefeti yer almaktadır (Soltani vd., 2021).

#### **1.1.2.2.5 Biyokütle Enerjisi**

Biyokütle, enerji kaynağı olarak kullanılabilen, canlı veya kısa bir süre önce var olan herhangi bir organik maddedir. Biyokütle örnekleri arasında odun, mahsul, deniz yosunu ve hayvan atıkları bulunur. Biyokütle, enerjisini Güneş'ten alır ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Basitçe söylemek gerekirse, biyokütle, bir zamanlar canlı olan herhangi bir şeydir ("organik madde" olarak da bilinir). Bu nedenle biyokütle, ağaçlardan, ekin ve deniz yosunu

gibi bitkilerden veya hayvan atıklarından elde edilen odun olabilir. Tüm organik maddeler güneşten depolanan enerjiyi içerir. Bitkiler güneşten aldıkları enerjiyi yaprak, gövde, meyve ve köklerinde depolarlar. İnsanlar bitkilerden gelen yiyecekleri yediğinde, içtikleri enerjiyi hareket etmek ve büyümek için kullanırız.

Odun ve çöp gibi yanan biyokütle, evlerde, yemek pişirmek ve endüstriyel amaçlar için kullanılabilir. Yanan biyokütle de elektrik üretebilir. 'Atıktan enerji' tesislerinde, elektrik sağlamak için organik atıklar yakılır (atık ürünleri ortadan kaldırarak, bu aynı zamanda depolama alanından da tasarruf sağlar.) Biyokütle, sobalarda ve fırınlarda kullanılan metan adı verilen bir gaz üretmek için kullanılabilir. Biyogaz, evleri aydınlatmak ve yemek pişirmek için kullanılabilen atık ürünlerin yakılmasından üretilen bir gazdır. Biyokütle, birçok araç türünde kullanılabilen etanol ve biyodizel adı verilen yakıtlara da dönüştürülebilir. Biyokütle ile ilgili en iyi şeylerden biri, yenilenebilir bir enerji olmasıdır. Bu, daha fazla bitki ve ağaç yetiştirerek her zaman daha fazlasını üretebileceğimiz anlamına gelir.

Geleneksel yenilenemeyen enerji tüketimine ilişkin artan endişe, politika yapıcılarını ekonomik yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini keşfetmeye yöneltmiştir. Bu bağlamda, biyokütle enerjisi büyük ilgi görmüştür çünkü önceki çalışmalar biyokütle enerjisinin çevresel kalite üzerindeki etkisine ilişkin karışık sonuçlar bulmuştur. Modern teknoloji ile birlikte biyokütle enerjisi çevresel kaliteyi önemli ölçüde etkileyebilir (Zafar vd., 2021). Araştırmalar biyokütle enerji kullanımının ve teknolojik yeniliğin çevresel kaliteyi azalttığını göstermektedir. Benzer şekilde, ekonomik büyüme de çevredeki karbon emisyonlarını artırmaktadır. Eğitim ve finansal gelişme, karbon emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunur.

#### **1.1.2.2.6 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Avantaj ve Dezavantajları**

Güneş enerjisi tahmini, güneş enerjisi santrallerinin enerji piyasasındaki rekabet gücünü artırmada ve ekonomik ve sosyal kalkınmada fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmada kilit bir unsur temsil etmektedir. Enerji karışımına daha yüksek oranda yenilenebilir elektriği dahil edebilmek, ekolojik ve dayanıklı bir elektrik sistemi oluşturmak için gerçekten çok önemlidir.

Biyokütle ve biyoyakıtların karbondioksit emisyonlarında azalmaya katkıda bulunma yeteneği hayli sınırlıdır. Çünkü hem biyokütle hem de biyoyakıtların yandıklarında atmosfere büyük miktarda karbondioksit yaymaktadır. Ayrıca, biyokütle ve biyoyakıtlardan enerji elde edilmesi sürecinde büyük miktarlarda su kullanılır. Rüzgâr enerjisi, fotovoltaik ve hidroelektrik gibi diğer yenilenebilir kaynaklar, suyu koruma, kirliliği azaltma ve karbondioksit emisyonlarını azaltmada daha etkilidir.

Yenilenebilir enerjinin fosil yakıtlara göre birçok avantajları güvenilirlik, süreklilik, düşük maliyetli işletim ve düşük küresel ısınma emisyonları olarak sıralanabilir. Yenilenebilir Enerjinin Dezavantajları ise hava koşullarına ve diğer iklim olaylarına karşı hassas olması, Sınırlı enerji kaynağına sahip olması, yüksek geliştirme maliyetine sahip olması, geniş kurulum alanlarına ihtiyaç duyması ve her yerde bulunmamasıdır.

Alternatif temiz enerji kaynakları, artan enerji talebini karşılamanın yanı sıra küresel olarak çevresel kaliteyi de iyileştirmektedirler (Azam vd., 2021). Yenilenebilir enerji kullanımının artırılması ülkelerin uygun fiyatlı ve temiz enerji kaynaklarına erişimini sağlayarak uzun vadede sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olmaktadır.

## **1.2 Güneş Enerjisi Projelerine Yönelik Kapsamlı Bilgiler**

Güneş, çekirdeğinde meydana gelen ve hidrojenin helyuma dönüşmesine sebep olan füzyon süreci sonucunda çok büyük miktarda enerji üretmektedir. Günümüzde güneş enerjisinden ısı ve elektrik enerjisi elde edilebilmektedir. Güneş'ten elektrik üretmede kullanılan teknolojiler fotovoltaik (photovoltaic-PV), Konsantre güneş enerjisi sistemleri (concentrated solar power-CSP), Güneş mimarisi (pasif güneş enerjisi) olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Fotovoltaik, Alexandre-Edmond Becquerel tarafından keşfedilen bir aktif güneş teknolojisi biçimidir. Becquerel, gümüş klorürü asidik bir çözeltiye yerleştirip güneş ışığına maruz bıraktığında, ona bağlı platin elektrotların bir elektrik akımı ürettiğini keşfetmiştir. Doğrudan güneş radyasyonundan elektrik üretme işlemine fotovoltaik etki veya fotovoltaik denir. Günümüzde fotovoltaik, muhtemelen güneş enerjisinden yararlanmanın en bilinen yoludur. Fotovoltaik diziler genellikle güneş panellerini, düzinelerce hatta yüzlerce güneş pili koleksiyonunu içerir. Her güneş pili, genellikle silikondan yapılmış bir yarı iletken içerir. Yarı

iletken güneş ışığını emdiğinde elektronları serbest bırakır. Bir elektrik alanı, bu gevşek elektronları bir yönde akan bir elektrik akımına yönlendirir. Bir güneş pilinin üstündeki ve altındaki metal kontaklar, bu akımı harici bir nesneye yönlendirir.

Fotovoltaik ilk olarak uzay gemilerinde kullanılmıştır. Uluslararası Uzay İstasyonu (UUI) da dahil olmak üzere birçok uydu güneş panellerinin geniş, yansıtıcı "kanatlarına" sahiptir. UUI, her biri yaklaşık 33.000 güneş pili kullanan iki güneş dizisi kanadına (Solar Array Wings - SAW) sahiptir. Bu fotovoltaik hücreler, UUI'ye tüm elektriği sağlayarak, astronotların istasyonu işletmesine, bir seferde aylarca uzayda güvenle yaşamasına ve bilimsel ve mühendislik deneyleri yapmasına imkân vermektedir. Fotovoltaik enerji santralleri dünyanın her yerinde inşa edilmektedir. En büyük istasyonlar Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan ve Çin'dedir. Bu elektrik santralleri, evlere, işyerlerine, okullara ve hastanelere tedarik etmek için kullanılan yüzlerce megawatt elektrik yaymaktadırlar.

Aktif güneş enerjisi teknolojisinin başka bir türü, konsantre güneş enerjisi veya konsantre güneş enerjisidir (CSP). CSP teknolojisi, güneş ışığını geniş bir alandan çok daha küçük bir alana odaklamak (konsantre etmek) için lensler ve aynalar kullanılmaktadır. Bu yoğun radyasyon alanı bir sıvıyı ısıtır ve bu da elektrik üretir veya başka bir işlemi besler. Güneş fırınları, konsantre güneş enerjisine örnek olarak verilebilir. Güneş enerjisi kuleleri, parabolik oluklar ve Fresnel reflektörleri dahil olmak üzere birçok farklı güneş fırını türü vardır. Enerjiyi yakalamak ve dönüştürmek için aynı genel yöntemi kullanırlar. Güneş enerjisi kuleleri, güneşin arkını gökyüzünde takip etmek için dönen düz aynalar olan heliostatları kullanır. Aynalar, merkezi bir "toplayıcı kule" etrafında düzenlenir ve güneş ışığını kulenin odak noktasında parlayan konsantre bir ışık huzmesine yansıtmaktadır.

Güneş enerjisi kulelerinin önceki tasarımlarında, konsantre güneş ışığı, bir türbini çalıştıran buhar üreten bir su kabını ısıtmaktaydı. Daha yakın zamanlarda, bazı güneş enerjisi kuleleri, daha yüksek bir ısı kapasitesine sahip olan ve ısıyı daha uzun süre koruyan sıvı sodyum kullanmaya başlamışlardır. Bu, sıvının yalnızca 773 ila 1.273 K (500 ila 1.000°C veya 932 ila 1.832°F) sıcaklıklara ulaşmakla kalmayıp, güneş parlamadığında bile suyu kaynatmaya ve güç üretmeye devam edebileceği anlamına gelmektedir. Parabolik oluklar ve Fresnel reflektörler de CSP kullanır, ancak aynaları farklı şekillerdedir. Parabolik aynalar, eyere benzer bir şekle sahip kavilidir. Fresnel reflektörler, güneş ışığını yakalamak ve bir sıvı tüpüne yönlendirmek için

düz, ince ayna şeritleri kullanır. Fresnel yansıtıcılar, parabolik oluklardan daha fazla yüzey alanına sahiptir ve güneş enerjisini normal yoğunluğunun yaklaşık 30 katına kadar yoğunlaştırabilmektedir.

Evler ve diğer binalar, ısıyı verimli ve ucuz bir şekilde dağıtmak için pasif güneş enerjisi kullanılmaktadır. Gün boyunca, güneş enerjisi, termal konveksiyon sürecinin veya ısının daha sıcak bir alandan daha soğuk bir alana hareketinin bir parçasıdır. Pasif güneş teknolojisi genellikle bir binanın tasarımında yer alır. İnşaatin planlama aşamasında mühendis veya mimar, istenen miktarda güneş ışığını almak için binayı güneşin günlük yoluna göre hizalayabilir. Ek olarak, binalar ısı yalıtımı, termal kütle veya ekstra gölgeleme olacak şekilde inşa edilebilir veya güçlendirilebilir. Güneş doğduğunda, Dünya'daki nesnelere ve malzemelere ısıtmaya başlar. Gün boyunca, bu malzemeler güneş radyasyonundan ısıyı emer. Geceleri, güneş battığında ve atmosfer soğuduğunda, malzemeler ısılarını atmosfere geri verir. Pasif güneş enerjisi teknikleri, bu doğal ısıtma ve soğutma işleminden yararlanır. Bir binanın “termal kütle” hesaplamak buna bir örnektir. Bir binanın termal kütlesi, gün boyunca ısıtılan malzemenin kütlesidir. Bir binanın termal kütlelerine örnek olarak ahşap, metal, beton, kil, taş veya çamur verilebilir. Geceleri, termal kütle ısınıp odaya geri verir. Etkili havalandırma sistemleri (koridorlar, pencereler ve hava kanalları) ısınan havayı dağıtır ve orta düzeyde, tutarlı bir iç ortam sıcaklığı sağlar.

Araştırmalar, özellikle ülkelerin enerji güvenliğini artırmak ve yenilenebilir enerji kullanımının çevre ve iklim üzerindeki etkilerini azaltmak için yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimini aktif olarak teşvik etmesi nedeniyle, ülkelerdeki güneş enerjisi yatırımlarının motive edilmesinin önemli olduğunu göstermektedir (Chiemelu vd., 2021).

### **1.2.1 Güneş Enerjisinin Tanımı ve İşleyişi**

Güneş sistemimizin tek yıldızı ve en büyük nesnesi güneşin çapı ise yaklaşık 865.000 mildir (1,4 milyon kilometre). Işığı ve enerjisi ile dünyayı yaşanılır kılan güneş yaklaşık 4,6 milyar yıl önce güneş bulutsusu (solar nebula) adı verilen dev, dönen bir gaz ve toz bulutundan oluşmuştur. Ancak son derece güçlü enerji kaynaklarından biri olan güneşin dünya yüzeyindeki yoğunluğu aslında oldukça düşüktür. Bu, güneş ışınlarının radyal (ışınsal) yayılımından kaynaklanmaktadır. Dünya'nın atmosferi ve bulutlar gelen güneş ışığının büyük bir kısmını emer veya dağıtır.

Güneş enerjisi ısı üretme, kimyasal reaksiyonlara neden olma ve elektrik üretme yeteneğine sahiptir. Uygun bir şekilde kullanıldığında bu kaynak dünyanın enerji ihtiyacını büyük oranda karşılama potansiyeli barındırır. Dünya'dan bakıldığında, Güneş değişmeyen bir ışık ve ısı kaynağı gibi görünmektedir. Ancak Güneş, sürekli değişen dinamik bir yıldızdır. Güneş'in en sıcak kısmı, sıcaklığın 27 milyon °F'yi (15 milyon °C) aştığı çekirdeğidir. Güneş'in yüzeyi olarak adlandırılan kısmı (fotosfer) çekirdeğe göre nispeten daha serindir ve 10.000 °F'dır (5.500 °C). Güneş'in dış atmosferi olan korona ise yüzeyden uzaklaştıkça daha da ısınır. Korona, 3,5 milyon °F'ye (2 milyon °C) ulaşabilmektedir.

Güneş enerjisi, güneşin ısı ve ışığından elektrik veya termal enerji üretilebilmesini sağlayan yenilenebilir bir enerji türüdür. Yenilenebilir enerji teknolojileri sonsuz kaynaklardan elektrik üretir. Güneş var olduğu ve güneş ışığı elektriğe dönüştürülebildiği sürece gelecekte sonsuz miktarda güneş ışığının elektriğe dönüştürülebilmesi mümkün olacaktır. Artan çevre kirliliği nedeniyle güneş enerjisi kullanımına dikkat çekilmektedir. Güneş ısı tuzdan arındırma, ısıtma, soğutma, pişirme ve enerji üretimi gibi çeşitli uygulamalar için kullanılmaktadır. Fotonları girdi olarak kullanan farklı tipteki teknolojiler aracılığıyla güneş enerjisi kullanımı, dünya genelinde fosil yakıtların geleneksel kullanımının yerini almak için gereklidir (Sakthivadivel vd., 2021).

### **1.2.1.1 Güneş Enerjisinin Tanımı**

Güneşten gelen ışık ve ısının teknoloji yardımı ile enerjiye dönüşmesi sonucu ortaya çıkan enerji güneş enerjisidir. En temel yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi; teknolojilerine göre ikiye ayrılır. Bunlar pasif güneş enerjisi ve aktif güneş enerjisidir. Pasif güneş enerjisi sistemleri, mekanik ve elektrikli ekipman kullanmadan doğrudan güneşten gelen ısıyı emer. Enerji toplama ve depolama pasif güneş enerjisi sistemlerinde mümkün değildir.

Aktif güneş enerjisi sistemleri mekanik ve elektrikli ekipman yardımı ile güneş enerjisini suyu ısıtmak, güneşten gelen enerjiyi toplamak ve depolamak için kullanılır. Güneş panelleri, konsantre (yoğunlaştırılmış) güneş enerjisi sistemleri ve fotovoltaik piller (güneş pilleri) aktif güneş enerjisi sistemlerinde kullanılan araçlardır. Dünyanın yüzeyi 1366W/m<sup>2</sup> doğrudan güneş radyasyonu alır. Bu, güneşi konvansiyonel kaynaklara göre büyük bir çevresel avantaja ve ilgi alanına bağlı olarak diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre bazı teknik

avantajlara sahip devasa, güvenilir bir enerji üretim kaynağı olarak ortaya koymaktadır (Rabaia vd., 2021).

### **1.2.1.2 Güneş Panellerinden Elektrik Üretme Süreci**

Dünya büyük miktarda güneş enerjisine maruz kalmaktadır. Yaklaşık 173 bin terawattlık (TW) bu enerjinin dünya nüfusunun kullandığından yaklaşık on bin kat daha fazla olduğu düşünülmektedir. Güneş ışığı foton adı verilen küçük enerji kümelerinden oluşur. Güneş panelleri güneşten gelen ışık enerjisini yakalayarak doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik araçlardır.

Konsantre güneş-termal güç (CSP) sistemleri, güneş ışığını güneş enerjisini toplayan ve ısıya dönüştüren alicılara yansıtma ve yoğunlaştırmak için aynalar kullanır, bu daha sonra elektrik üretmek için kullanılabilir veya daha sonra kullanılmak üzere depolanabilir. Öncelikle çok büyük enerji santrallerinde kullanılır. Maksimum etki için, paneller "diziler" (sıralı bir dizi) halinde gruplandırılır ve çatılara veya geniş dış mekanlara yerleştirilir. Fotovoltaik hücreler olarak da adlandırılan güneş pilleri, gündüz saatlerinde güneş ışığını emer. Her bir güneş pili içinde iki kat silikondan yapılmış ince bir yarı iletken levha bulunur. Bir katman pozitif yüklü, diğeri negatif yüklü, bir elektrik alanı oluşturuyor. Güneşten gelen ışık enerjisi bir fotovoltaik güneş piline çarptığında, hücreye enerji verir ve elektronların yarı iletken levha içindeki atomlardan 'gevşemesine' neden olur. Bu gevşek elektronlar, levhayı çevreleyen elektrik alanı tarafından harekete geçirilir ve bu hareket bir elektrik akımı oluşturur.

Günümüzde artan nüfus ve yükselen yaşam standartları, dünya genelinde enerji tüketiminin artmasına neden olmuştur. Artan enerji talebi, fosil yakıt rezervlerinin tükenmesine, yüksek enerji fiyatlarına ve artan kirletici emisyonlarına yol açmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için daha verimli enerji sistemlerinin ve/veya alternatif enerji kaynaklarının kullanılması kaçınılmazdır. Bu enerji kaynakları arasında erişilebilirliği yüksek, elektriği ve ısıyı dönüştürme imkânı olan güneş enerjisi en yaygın ve popüler temiz enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi fotovoltaik teknolojisi kullanılarak elektriğe, güneş termal kollektörleri kullanılarak ısıya ve konsantre güneş sistemi kullanılarak sıcak buhara dönüştürülebilmektedir (Li vd., 2021).



## 1.2.2 Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Kıyasla Üstünlükleri

Enerji üretiminde güneş enerjisinin tercih edilmesinin birçok nedeni vardır. Kullanılan elektrik üzerinde kontrol sahibi olmak, temiz ve yenilenebilir bir kaynağa sahip olmak, vergi indirimleri ve teşviklerden yararlanabilmek güneş enerjisi sistemlerinin avantajları olarak sayılabilmektedir. Ancak en yaygın iki tanesi ekonomik ve çevresel faktörlerdir. Güneş enerjisini tercih etmek elektrik faturalarında büyük ölçüde azalmaya neden olur. Kullanılacak bir güneş paneli sistemi elektrik faturalarından tasarruf edilmesine imkân sağlayacaktır. Bu sistemlerin kullanılması artan enerji maliyetlerinin de önüne geçilebilmektedir. Bunlar güneş enerjisinin ekonomik faydalarından sadece birkaçıdır.

Küresel ekonominin hızlı büyümesiyle birlikte, enerji arz ve talebinin sosyal, ekonomik ve çevresel yönler üzerinde güçlü bir etkisi vardır. Sonuç olarak, bu karar vericileri hedefler formüle etmeye ve ekonomik politikaları sürdürülebilir hedeflere yönlendirmeye itmiştir. Süreç, Birleşmiş Milletler tarafından önerilen Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri olarak bilinir. Bununla birlikte, enerji sektörü, teknolojiler ve yasallaştırmalar açısından büyük bir iyileştirme potansiyeline sahip hayati bir alandır. Güneş enerjisi, ekonomik ve çevresel ayak izlerini azaltmak için önerilen en verimli çözümler arasında yer almaktadır (Obaideen vd., 2021).

### 1.2.2.1 Düşük Karbon Emisyonu

Dünya ekonomisi, sera gazı emisyonlarının birincil kaynağı olan kalıcı enerji taleplerini karşılamak için büyük ölçüde fosil yakıtlara bağımlıdır. Ekonomik genişleme, hızlı sanayileşme, ticarete açık olma ve banliyöleşme nedeniyle geleneksel enerji kaynaklarının kullanılmaya devam ettiği alanlarda her zaman CO2 emisyonlarına neden olur (Yu vd., 2022). İnsanların güneş enerjisini tercih etmelerinin önemli nedenlerinden biri de çevresel faydalarıdır. Çevre Koruma Ajansı'na (EPA) göre elektrik sektörü karbon emisyonlarının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Fosil yakıtlı enerji santralleri karbon salınımı yaratmanın yanı sıra enerji santrallerine yakın bölgelerde yerel hava kirliliğine de sebep olmaktadır. Güneş paneli sistemleri karbon ayak izinin azaltılmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır.

Güneş paneli sistemi kullanmak, şebekeden karbon yayan elektrik satın alma ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır. Tipik bir konut güneş paneli sistemi her yıl üç ila dört ton karbon

emisyonu ortadan kaldırmakta ve bu da her yıl 100'ün üzerinde ağaç ekimine eşdeğerdir. Araştırmalar, Y kuşağının %90'ının çevre dostu işletmeleri tercih ettiklerini göstermektedir. Çevresel açıdan sürdürülebilir şirketler için yeşil girişimlerin en büyük faydalarından biri, Y kuşağına daha fazla hitap etme yeteneğidir. Y kuşağı tüketici olarak ele alındığında da çalışan olarak ele alındığında da büyük ölçüde çevre dostu alternatiflere yönelmektedir. Bu nesil günümüzde dünyadaki en büyük tüketici demografisidir ve aynı zamanda yeşil nesil olarak da bilinmektedirler.

Aynı şey devletler ve işletmeler için de geçerlidir. Güneş enerjisiyle çalışmak, sürdürülebilirliğe olan bağlılığı göstermekle kalmaz, çalışanların moralini artırırken aynı zamanda potansiyel müşterilere sürdürülebilir değerlere verilen önemi göstermektedir. Günümüzde her gün daha fazla şirket, yalnızca maliyetlerden tasarruf etmek için değil, aynı zamanda çevreye duyarlı olmak için iş zekasını kullanarak önceliklerini değiştirmektedir. Son yirmi yıldır, teknolojinin ve endüstriyel büyümenin hızlı ilerleyişi kirlilik seviyesini aynı ölçüde arttırdığı için birçok ülke, endüstrilerini ve kuruluşlarını ticari faaliyetlerinin yanı sıra bir çevre yönetimi programına odaklanmaya yönlendirmiştir. Doğal kaynakların muazzam bir şekilde kullanılması çevremizi sürekli olarak bozarken, farklı ulusların hükümetleri farklı Çevre Koruma politikaları geliştirmektedir. Bu politikaların amacı, kuruluşların ve endüstrilerin sürdürülebilirlik hedefleri için iş süreçlerinde bu politikaları benimsemelerini sağlamaktır.

Bugün dünyanın dört bir yanındaki birçok kuruluş, çalışanların çevre yönetimine karşı sorumluluklarının farkında olmalarını sağlamak için geleneksel KSS (Kurumsal Sosyal Sorumluluk) faaliyetlerinin yanına İKY'nin bir parçası olarak Yeşil İK politikalarını da dahil etmiştir. İnsanların çevreye dikkat etmeleri, doğal kaynaklardan en iyi şekilde yararlanmaları, yeşil bir ortam yaratmaları ve çevre kirliliği yaratmamaları için çevre dostu olmanın önemini kavramaları esastır. Kuruluşlar da ayrı bir varlık değildirler. Toplumun bir parçasıdırlar ve kâr elde etmenin yanı sıra toplum ve çevre için de sorumluluk ve endişeye sahip olmalıdırlar. Yeşil İnsan Kaynakları Yönetimi (Green HRM) terimi "çevre yönetimi programının bir kuruluşun insan kaynakları yönetim sistemine entegrasyonu" olarak tanımlanmaktadır. İKY politika ve uygulamalarını stratejik olarak çevre dostu politika ve uygulamalara uyumlu hale getirme sürecidir. Organizasyonda çalışan her çalışanın karbon ayak izini azaltmayı, onlara sağlıklı ve motive edilmiş çalışma kültürü sunmayı hedeflemektedir.

Doğal kaynakların sürekli olarak tükenmesi, büyük enerji gereksinimlerine sahip şirketlerin her zamankinden daha fazla çevre bilincine sahip olmalarına neden olmaktadır. Bunun nedeni, yeşil girişimlerin yalnızca maliyetlerden tasarruf sağlaması, kaynakları yeniden kullanması ve uyumluluk gereksinimlerini karşılaması değil, aynı zamanda müşteriler arasında marka bilinirliği yaratılmasına da yardımcı olmasıdır. Çevreye duyarlı olarak görülen şirketler bir bakım vizyonu yaratma eğilimindedir. İşletmeler için çevre dostu bir marka oluşturmak günümüz müşterilerinin değişen tercihleri sebebiyle önem kazanmaya başlamıştır. Giderek artan bir sosyal bilinç ortamında, tüketiciler zamanlarının ve paralarının çoğunu kendi değerlerini yansıtan işletmelere harcamaktadırlar. Tüm bunlar göz önüne alındığında, aşırı karbon emisyonu salınımı nedeniyle artan iklim değişikliği tehdidi ile birçok insan, ülke ve şirket güneş enerjisini geleneksel fosil yakıtların yerini alacak temiz enerji alternatiflerinden biri olarak benimsemektedirler.

### **1.2.2.2 Yeni İş Olanakları Yaratması**

Dünyadaki hemen hemen tüm ülkelerin artık sürdürülebilir uzun vadeli enerji çözümlerinin peşinde olmasının ve yenilenebilir enerjiye yönelik politikaların etkinleştirilmesinin milyonlarca yeni iş fırsatı yaratacağı öngörülmektedir. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) tarafından hazırlanan bir rapora göre, 2019 itibariyle dünya çapında yaklaşık 11,5 milyon kişi yenilenebilir enerji sektöründe çalıştığı belirtilmiştir. Bunların üçte birinden fazlası fotovoltaiklerde çalışmaktadır. Güneş enerjisi, dünya genelinde yaklaşık 3.605.000 istihdam ile yenilenebilir enerjide en yüksek istihdamı sağlamaya devam etmektedir ve bu rapora göre Çin, bu sektörde sağladığı 2.194.000 istihdamla lider konumdadır. Bu teknolojiler giderek elektrik ve doğal gazın yerini almaktadır. IRENA'nın raporuna göre, bu sektördeki küresel istihdam 2017'de 807.000 olarak gerçekleşti. Çin, güneş enerjisiyle ısıtma ve soğutma iş sektörlerinde uzun süredir açık lider konumda bulunmakta ve hala bu sektördeki toplam işlerin %83'üne katkıda bulunmaktadır. Yenilenebilir enerjinin sektöründeki toplam enerji istihdamının 2050 yılına kadar 100 milyona çıkabileceği tahmin edilmektedir.

Küresel enerji geçişi, yenilenemez enerji sektörlerinde hizmet sağlayan işletmeler için istenmeyen sonuçlar doğurabilir. Bununla birlikte, giderek artan temiz enerji talebi yenilenebilir enerji sektörlerinde yeni iş fırsatları yaratarak adil bir enerji geçişini destekleyebilir (Semelane vd., 2021). Uluslararası ajanslar, büyüyen endüstrinin fosil

yakıtlardan daha iyi durumda olmasıyla birlikte, COVID-19 pandemisinin neden olduğu büyük ekonomik aksamalara rağmen 2020'de dünya çapında yenilenebilir enerjideki iş sayısının arttığını belirtmişlerdir.

### 1.2.2.3 Daha Küçük Alan İşgal Etmesi

Güneş enerjisi yenilenebilir bir kaynaktır ve birçok teknoloji onu doğrudan evlerde, işyerlerinde, okullarda ve hastanelerde kullanılabilir. Bazı güneş enerjisi teknolojileri, fotovoltaik hücreler ve paneller, konsantre güneş enerjisi ve güneş mimarisini içerir. Güneş radyasyonunu yakalamanın ve onu kullanılabilir enerjiye dönüştürmenin farklı yolları vardır. Yöntemler ya aktif güneş enerjisi ya da pasif güneş enerjisi kullanır. Aktif güneş teknolojileri, güneş enerjisini aktif olarak başka bir enerji biçimine, çoğunlukla ısı veya elektriğe dönüştürmek için elektrikli veya mekanik cihazlar kullanır. Pasif güneş teknolojileri herhangi bir harici cihaz kullanmaz. Bunun yerine, kış aylarında yapıları ısıtmak ve yaz aylarında ısıyı yansıtmak için yerel iklimden yararlanırlar.

Yenilenebilir enerjilere geçiş, araziler için küresel rekabeti yoğunlaştıracak olsa da güneş enerjisinin neden olduğu potansiyel etkiler henüz keşfedilmemiş durumda. Bu enerji kaynaklarına geçişin, arazi için küresel rekabeti yoğunlaştırması beklenmektedir. Çatı katı alanları genellikle daha küçük ölçekli PV sistemleri için kullanılır ve diğer kullanımlarla alan için rekabet etmeme ve elektrik iletimi ve dağıtımıyla ilgili bazı kayıpları önleme avantajına sahiptir. Çöller ve kuru çalılıklar gibi kullanılmayan ve insani açıdan başka herhangi bir verimli kullanım potansiyeli olmayan araziler ise güneş enerjisi için uygun olabilir. (Van de Ven vd., 2021).

Güneş ışınlarından doğrudan elektrik üretme sistemlerine fotovoltaik enerji sistemleri adı verilir. Güneş enerjisinden yararlanmanın en bilinen yolu olan Fotovoltaik diziler yüzlerce güneş pilinden oluşmaktadır. Her güneş pili, silikondan yapılmış bir yarı iletken içerir. Yarı iletken güneş ışığını emdiğinde elektronları serbest bırakır. Bir elektrik alanı, bu gevşek elektronları bir yönde akan bir elektrik akımına yönlendirir. Bir güneş pilinin üstündeki ve altındaki metal kontaklar, bu akımı harici bir nesneye yönlendirir. Dış nesne, güneş enerjisiyle çalışan bir hesap makinesi kadar küçük veya bir elektrik santrali kadar büyük olabilir. Fotovoltaik enerji santralleri dünyanın her yerinde inşa edilmiştir. En büyük istasyonlar Amerika Birleşik Devletleri, Hindistan ve Çin'dedir. Bu elektrik santralleri, evlere, işyerlerine,

okullara ve hastanelere tedarik etmek için kullanılan yüzlerce megawatt elektrik yayar. Fotovoltaik teknolojisi daha küçük ölçekte de kurulabilir. Binaların çatılarına veya dış duvarlarına güneş panelleri ve hücreler sabitlenerek yapıya elektrik sağlanır. Hafif otoyollara giden yollar boyunca yerleştirilebilirler. Güneş pilleri, hesap makineleri, parkmetreler, çöp sıkıştırıcılar ve su pompaları gibi daha küçük cihazlara bile güç sağlayacak kadar küçüktür.

#### **1.2.2.4 Enerji Bağımsızlığı Açısından Önemi**

Enerji bağımsızlığı yabancı enerji ithalatına olan bağımlılığı azaltma hedefidir. Başka bir deyişle enerji bağımsızlığı tükettiğimizden daha fazla enerji ürettiğimiz anlamına gelmektedir. Kullanılabilecek enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ile elde edilecek enerji bağımsızlığı bir ülkenin uluslararası etkileşimlerde ekonomik ve politik olarak esnek kalabilmesini sağlar.

Güneş dünyanın her yerinde parladığı için, her ülkeyi potansiyel bir enerji üreticisi yapar ve böylece daha fazla enerji bağımsızlığı ve güvenliği sağlar. Güneş enerjisinin benimsenmesi hem ulusal hem de bireysel düzeyde enerji bağımsızlığına ulaşmanın bir yoludur. Bir ülke ne kadar çok yerli güneş enerjisi kullanırsa, karbon bazlı fosil yakıtların dış ithalatına o kadar az ihtiyaç duyacak ve bu da ekonomik, politik ve çevresel istikrara katkıda bulunacaktır. Bireysel düzeyde, bir işletme sahibi veya ev sahibi güneş enerjisine geçmeye karar verdiğinde kendi enerji üretimini kendi ellerine almış olmaktadır. Bu sadece maliyetleri düşürmek ve çevreye fayda sağlamakla kalmaz; tüketicilere enerji güvenliği de sağlar.

Günümüzde kaynak ve enerji açığı sorunu dünyada giderek daha da önemli hale gelmektedir. Artan küresel enerji sorunları ile günümüz gerçeklerinde, alternatif enerji arz kaynaklarına geçiş konuları giderek yaygınlaşmaktadır. En son teknolojilere dayalı temiz enerji, uzun zamandır geleceğin temeli olarak belirlenmiştir. Bu nedenle petrol, gaz ve nükleer enerjiye yönelme, en büyük hammadde tedarikçilerine ciddi enerji bağımlılığına yol açabilir ve bu da ülkelerin ekonomik güvenliğini tehdit etmektedir (Bayramov vd., 2021). Enerji tüketicilerinin ekonomik ve çevresel avantajları nedeniyle yenilenebilir enerjiye yönelimleri gün geçtikçe artmaktadır. Bu sebeple üreticiler, elektrik üretiminde odun, kömür, petrol ve doğal gazla kullanımını yenilenebilir enerji sistemleri ile değiştirmeye başlamışlardır.

Yeşil enerji kaynaklarının kullanımı, herkesi hem bireysel hem de ulusal düzeyde enerji bağımsızlığına yönlendirmektedir. Kendi enerji üretimini üstlenen tüketiciler, kendi elektrik enerjisi sağlayıcısı olan işletmeler ve ev sahipleri, zamanla enerji maliyetlerini düşürebilmekte, evleri ve işyerleri için enerji güvenliğini sağlayabilmektedirler. Ayrıca daha yeşil bir çevreye katkıda bulunurlar. Aynı avantajlar ülkeler içinde geçerlidir. Ülkeler yerli güneş ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artırdıkça, dış kaynakların fosil yakıtlarına daha az bağımlı hale gelmektedirler. Enerjinde elde edecekleri bağımsızlık, ülkelerin ekonomilerinin gelişmesini ve çevresel istikrarlarını arttırmasını sağlayacaktır. Aynı zamanda ülkenin uluslararası siyasi etkileşimlerde daha esnek olmasını sağlar. Dünya çapında ise temiz enerji kullanımının benimsenmesi, insanların sera gazı yayan fosil yakıtlara bağımlı olmaktan kurtarmakta ve bu da ekonomik koşulların yanı sıra herkesin yaşam kalitesini arttırmaktadır.

### **1.2.3 Güneş Enerjisinin Diğer Enerji Türlerine Kıyasla Dezavantajları**

Çeşitli ülkelerin kayda değer tanıtımına ve taahhüdüne rağmen, özellikle gelişmekte olan ülkelerde enerjinin sadece küçük bir yüzdesi yenilenebilir enerjiden üretilmektedir. Bu senaryo, yenilenebilir enerjinin yayılımını kontrol eden çok sayıda engelden kaynaklanmaktadır. Bu engeller yenilenebilir enerjinin geleneksel enerjiyle etkin bir şekilde rekabet etmesini engellemekte ve gerekli büyük ölçekli dağıtımın sağlanmasını engellemektedir. Örneğin, güneş gece ve kış aylarında daha az olduğu için elektriğin depolanması gerekmektedir. Bu durum, güneş enerjisi projeleri için yatırımcılar arasında tereddütlere yol açmaktadır (Kou vd., 2022). Çevreye verilen zarar konusundaki farkındalığın artmasıyla tükenbilir yakıtlara (petrol, kömür ve gaz) dayalı geleneksel enerji üretimi sürdürülemez olarak kabul edilmektedir. Yenilenebilir enerji gibi çevre üzerinde minimum olumsuz etkiye sahip olan ve tükenmeyen alternatif enerjiler uzun süredir devam eden sürdürülebilirlik sorununa çözüm olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte yenilenebilir enerjinin çeşitli avantajları konusunda devam eden farkındalığa rağmen yenilenebilir enerjinin yayılması sosyal, ekonomik, teknolojik engellerle kısıtlanmaktadır.

Fosil yakıtların öngörülemiyor olması enerji sektörünü alternatif, yenilenebilir ve ucuz enerji kaynaklarının keşfine yöneltmiştir. Artan dünya nüfusu ve enerji ihtiyacı, düşük maliyetli enerji talebini büyük ölçüde arttırmıştır. Talepteki bu artış fosil yakıt kaynaklarına olan

bağımlılığı da aynı oranda arttırmıştır. Bunların yanı sıra, son yıllarda gelişen sanayi ve teknoloji sektörü enerjiye olan ihtiyacında önemli ölçüde artmasına sebep olmuştur. Fosil yakıtlara olan bu talep yoğunluğu sera gazı emisyonlarında artışa ve iklim değişikliğine yol açmaktadır. Ancak tüm bu olumsuz çevresel etkilerine rağmen fosil yakıtlar günümüzde hale en çok tercih edilen enerji türü olmaya devam etmektedir. Bunun sebebi güneş enerjisinin yüksek başlangıç maliyeti, bakım-onarım zorluğu, kalifiye personel azlığı, yüksek teknoloji ihtiyacı ve güneşe olan bağımlılığı gibi bazı dezavantajlara sahip olmasıdır.

### **1.2.3.1 Başlangıç Maliyetinin Yüksek Olması**

Ekonomik engellerin yenilenebilir enerjinin dağıtımını üzerinde önemli bir etkisi vardır. Ekonomik ve finansal engelleri etkileyen faktörler yüksek başlangıç sermayesi, finansal kurumların eksikliği, yatırımcı eksikliği, fosil yakıtlardan kaynaklanan rekabet ve geleneksel yakıta kıyasla daha az sübvansiyondur. Bu faktörler yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasını engellemektedir. Güneş enerjisinin pek çok avantajı olmasının yanı sıra yenilenebilir enerji teknolojileri hala gelişmekte olduğundan bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajların başında ise yüksek başlangıç maliyeti ve daha uzun yatırım geri dönüş (RIO) süresi gelmektedir. Güneş enerjisinin karşılaştığı en büyük zorluk, düşük maliyetli fosil yakıtlardan kaynaklanan rekabettir. Yenilenebilir enerji projeleri, konvansiyonel bir tesisin küçük bir alanda üretebileceği enerji miktarını üretmek için devasa arazi alanları gerektirmektedir. Yenilenebilir enerji projelerinin oluşturulmasında ve yürütülmesinde, esas olarak uygun bir arazi parçası elde etmek için gereken büyük finansal sermaye, lobicilik ile ilgili maliyetler ve verimsiz enerji depolama yeteneklerinden kaynaklanan güç kayıpları nedeniyle engelleyici maliyetler söz konusudur.

Yenilenebilir enerji projeleri yüksek başlangıç sermayesi maliyeti gerektirir ve yenilenebilir teknolojinin daha düşük verimliliği nedeniyle net geri ödeme süresi yüksektir ve bu da yatırımcıları itmektedir. Hem kullanıcılar hem de üreticiler çok düşük sermayeye sahip olabilirler. Yüksek sermaye maliyeti, genellikle sermaye eksikliği ve en önemlisi yüksek geri ödeme dönemi projeleri ile çoğu zaman yatırım yapmayı imkânsız hale getirmektedir. Güneşin kendisi ücretsiz olmasına rağmen, güneş enerjisini toplama, dönüştürme ve depolamanın maliyeti başlangıçta yüksek olabilmektedir. Kurulum sürecinde ilk kurulum, güneş panelleri, invertör, piller ve kablolama için ödeme yapılmasını gerektirir. Peşin ödeme ile bu büyüklükte

bir yatırım yapmak zorunda olmak güneş enerjisi sistemlerine olan yönelimi yavaşlatmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinin kurulumu ve kullanımı uzun vadede çok büyük faydalar sağlayacak olsa da bahse konu peşin maliyetlerin insanların güneş enerjisine geçme istekleri üzerindeki olumsuz etkisi devam etmektedir. Birçok ülke şiddetli küresel ısınma etkilerinin önüne geçmek, insanların güneş enerjisine olan ilgilerini arttırabilmek ve kullanımını yaygınlaştırabilmek için indirimler, uygun krediler, vergi muafiyetleri, teşvikler sağlamaktadır. Kaydedilen ilerlemeye rağmen, sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için güneş enerjisi teknolojisini bir çözüm haline getirmek için teknolojide daha fazla iyileştirme ve maliyetlerde daha fazla azalma gerekmektedir (Gorjian vd., 2021).

### **1.2.3.2 Bakım ve Onarım Zorluğu**

Hiçbir şeyin güneşin enerji potansiyeli ile karşılaştırılmayacağı iyi bilinmektedir. Güneş enerjisi teorik olarak yeterince bol olduğundan, dünyanın elektrik taleplerini karşılayabilecek kapasitededir. Enerji santralleri tüm antropojenik emisyonların yaklaşık %25'inden sorumlu olan önemli bir sera gazı kaynağıdır. Güneş enerjisi üretimi ile ilişkili sera gazı emisyonları (üretim, kurulum, işletme ve bakım dahil) minimumdur. Bu nedenle, bu karşılaştırma, diğerleri arasında güneş enerjisinin üstün çevre dostu olduğunu bir kez daha doğrulamaktadır. Dolayısıyla güneş enerjisi son derece pahalı olabilecek mevcut küresel ısınma krizine en uygun çözümlerden biri haline gelmiştir. Kömür ve gaz bazlı enerji kaynaklarının güneş enerjisi ile ikame edilmesi yoluyla küresel ısınmanın azaltılması, nihayetinde sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasına yönelik çevresel ekonomik ve sosyal açıdan faydalı olacaktır.

Güneş enerjisi yatırımları ile ilgili birden fazla kriterin dikkate alınması gerekmektedir. Araştırmalar optimal güneş enerjisi sistemlerinin seçiminde kullanılan kriterlerin yalnızca ekonomik ve teknik yönler olduğunu göstermektedir. Ancak yalnızca bu iki kriter göz önünde bulundurularak yapılan yatırımlar, bakım onarım zorlukları, teknolojinin iklime adapte edilmemiş olması ve dolayısıyla da sistem birleşenlerinin düzgün çalışmaması ve eskimesi gibi sorunlara yol açmaktadır. Ayrıca, güneş enerjisi sistemleri konusunda kullanıcıların temel teknik bilgi birikimi eksikliği ve düzensiz kullanımı gibi kullanıcı hataları tüm sistemde hasara yol açabilmektedir.



Güneş enerjisi sistemlerinde kurulum sonrası meydana gelebilecek her türlü sorun hızlı ve etkili bir şekilde çözülmezse kullanıcılarda güvensizliğe yol açacaktır. Bu nedenle kullanıcılara dayanılmaz ve geri dönülemez rahatsızlıklar yaşatmadan rutin bakım onarımlar mutlaka yapılmalıdır. Bunun yanı sıra ani talep artışı, kaynak yetersizliği, enerji kaynaklarının çalışma koşullarındaki değişiklikler, zorunlu kesintiler gibi durumlara hızla uyum sağlanmalı ve aksiyon alınmalıdır. Güvenilirlik sorunu, düşük gelirli hane halklarına güç sağlamak için kullanılan küçük ölçekli bir sistemde çok zor olmayabilir. Ancak, hassas yüklere ve elektrikten uzak kalmayı tolere edemeyecek büyük ölçekli kullanıcılar söz konusu olduğunda bir sorun haline gelmektedir.

Güneş enerjisi sistemlerinin dezavantajlarından biri de sistemlerin kurulumu, bakımı, denetimi, onarımı için artan talepleri karşılayacak vasıflı insan gücünün yetersizliğidir. Bu teknolojiler şebeke dışı çözümlerin kırsal ve uzak bölgelerde yer alması nedeniyle onarım ve bakım sorunlarından kaynaklanan risklerle karşı karşıyadır. Güneş enerjisi sistemlerinin ömrü 25 ila 30 yıl olarak kabul edilmektedir. Bu sebeple şirketlerin satış sonrasında müşterileri ile ilişkilerini sürdürmeleri gerekmektedir. Şirketler düzenli olarak kullanıcıları aramalı ve ürününün işleyişi hakkında geri bildirim almalıdır. Ayrıca garanti süresi boyunca panel montajı, onarımı ve bakımını içeren satış sonrası hizmetler sunmalı, müşteri sorunlarını çözmek için uygun personel ve ekipmanı sağlamalıdır. Şirketler ürününün işleyişinde herhangi bir aksaklık olması durumunda derhal hizmet vermelidir.

Tüm yenilenebilir enerji türlerinde olduğu gibi güneş enerjisi sistemlerinde de üretimin sürekli olması gerekmektedir. Kullanıcıların kesintisiz hizmet alabilmeleri için sistemlerin uygun şekilde bakımı son derece önemlidir. Optimizasyon yöntemlerinin ana hedeflerinin sistem güvenilirliğini artırmak için yatırım, işletme ve bakım maliyetlerini ve emisyonları en aza indirmek olduğu sonucuna varılabilir (Al-Shahri vd., 2021).

### **1.2.3.3 Kalifiye Personel İhtiyacı**

Fosil yakıtlardan yenilenebilir enerji kaynaklarına evrensel geçiş, nitelikli işgücünün sağlam bir temelini gerektirir. Kalifiye profesyonellerin yenilenebilir bir enerji santrali tasarlaması, inşa etmesi, işletmesi ve bakımı için oluşan talep her geçen gün artmaktadır. Kullanıcılar, altyapıya zayıf erişim, kalifiye personel mevcudiyetinin azalması, çoğunlukla kayıt dışı işler ve eğitim, sağlık ve sanitasyon gibi temel hizmetlere erişim eksikliklerinde

kendilerini ulusal ve bölgesel pazarlardan izole eden koşullarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Birçok şirket yeterli hizmeti garanti edemedikleri için pazara girmemektedirler. Bahsedilen yüksek yatırım maliyetleri, sermayeye erişim eksikliği, kırsal kesimdeki hanelerin düşük satın alma gücü, diğer harcama öncelikleriyle farklılıklar, kırsal kesim için kalifiye işçi bulunmaması gibi zorlukların tümü yenilenebilir enerjilerin önündeki mevcut engelleri daha da kötüleştirmektedir (Montoya-Duque vd., 2022).

#### **1.2.3.4 İleri Düzey Teknoloji İhtiyacı**

Yenilenebilir enerji sistemlerinin tümünde olduğu gibi güneş enerjisi sistemleri de yüksek teknoloji ürünü sistemlerdir. Bu sebeple de teknolojik engellerin ekonomik engeller üzerinde önemli bir etkisi vardır. Yenilenebilir enerjinin yaygınlaşmasında, altyapının sınırlı kullanılabilirliği, operasyon ve bakım konusunda verimsiz bilgi birikimi, yetersiz araştırma ve geliştirme girişimleri ve enerji depolama ve standartların kullanılmaması gibi teknik karmaşıklıklar dahil olmak üzere bir dizi meşru teknolojik engel bulunmaktadır.

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde güneş enerjisi için gerekli olan ileri teknolojilerin sınırlı kullanılabilirliği söz konusudur. Bu durum güneş enerjisi yatırımlarını etkileyen bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. İhtiyaç duyulan bu teknolojiler mevcut olsa bile tedarik maliyetleri çok yüksektir. Güneş enerjisi sistemleri gelişme aşamasında olduğu ve bu teknolojiyle ilgili riskler yüksek olduğu için hem hükümetler hem de enerji firmaları araştırma ve geliştirme konusunda harcama yapmaktan kaçınmaktadırlar. Başarılı araştırma ve geliştirme girişimleri yenilenebilir enerjiyi daha düşük maliyetlerle etkin bir şekilde üretmek, depolamak ve dağıtmak için gereken teknolojinin geliştirilmesinde önemli rol oynamaktadır.

Güneş enerjisi santralleri çoğunlukla uzak yerlere kurulduğu için ana şebekeye bağlanmak için ek iletim hatlarına ihtiyaç duymaktadırlar. Mevcut şebekelerin çoğu güneş enerjisi sistemleri ile entegre olacak şekilde tasarlanmadığı için mevcut şebekelerin entegrasyona uygun şekilde yenilenmesi gerekmektedir. Şebeke entegrasyonu yenilenebilir enerji projelerinin gelişimini etkileyen en büyük sorunlardan biridir.

Üretilen elektrik, kendiliğinden depolanamayan bir enerji taşıyıcısıdır (Diezmartínez, 2021). Ancak, üretilen elektrik enerji depolama teknolojileri ile depolanabilir bir enerji formuna dönüştürülebilir ve daha sonra gerektiğinde tekrar kullanılmak üzere elektriğe dönüştürülebilir.

Söz konusu bu enerji depolama teknolojileri hem ileri teknoloji ihtiyacı hem de yüksek maliyet yatırımcıların karşılaştığı bir diğer zorluktur.

Güneş enerjisi teknolojileri nispeten yeni olduğundan işletme ve bakım konusunda bilgi eksikliği de söz konusudur. Tesisler düzgün bir şekilde çalıştırılmazsa ve bakımları düzenli olarak yapılmazsa verimlilik sağlanamaz. Ayrıca ekipmanların ve yedek parçaların olmaması üretim maliyetlerinde önemli bir artışa sebep olacaktır. Çünkü ekipmanların diğer ülkelerden ithal edilmesi, yüksek fiyatlarla tedarik edilmesi ve böylece toplam maliyetin artması demektir.

Güneş fotovoltaik teknolojisi, teknoloji söz konusu olduğunda muazzam sıçramalar yapmış olsa da hala yeterli olduğu kanıtlanmamıştır. Araştırmalar, güneş fotovoltaik teknolojisinin geleneksel sistemlere kıyasla düşük dönüşüm verimliliğinin, güneş enerjisi sistemlerinin geliştirilmesindeki en büyük teknolojik zorluk olmaya devam ettiğini göstermektedir.

#### **1.2.3.5 İklim Koşullarından Olumsuz Etkilenmesi**

Güneş enerjisi teknolojilerinin uygulanmasının önündeki bir diğer engel, gün batımı ve bulutlar tarafından güneş radyasyonunun günlük dalgalanmalarıdır. Fotovoltaik (PV) panellerin performansı, bulutlardan kaynaklanan gölgeleme etkisinden etkilenmektedir. Bu nedenle güneş panellerinin ürettiği enerji miktarı mevsimlere ve iklim koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Güneş enerjisi arzı tükenmez olmakla birlikte kesintili olması, ani yokluk dönemlerinde elektrik üretiminde oynaklığı artırmaktadır. Bu nedenle, mevcut jeneratörlerin çoğu, yenilenebilir enerji gücünün kesintili kayıplarını azaltmak için yeterince hızlı yanıt veremediğinden, yenilenebilir enerji-entegre güç sistemlerinin güvenilirliği konusunda endişeler bulunmaktadır (Mohamad vd., 2021).

#### **1.2.4 Güneş Enerjisi Yatırımlarında Karşılaşılan Riskler**

Yenilenebilir enerjiye erişim ve yatırım, sürdürülebilir kalkınmada temel faktörler olarak kabul edilmektedir. Sürdürülebilir gelişmelere ulaşabilmek orantılı enerji kaynaklarına sahip olmayı gerektirir. Sürdürülebilir enerji kaynaklarının sağlanması, her ülkenin ekonomik büyümesinde kilit bir faktör olarak görülmektedir. Sürdürülebilir enerji sağlamanın en iyi

yolunu seçmek karar vericiler için büyük bir zorluktur. Geleneksel kaynaklar (fosil yakıtlar) farklı ekonomik ve sosyal sonuçları olan küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi sera gazı emisyonunun azaltılması, bu kaynakların kullanılabilirliği ve güvenilirliği gibi nedenlerle yoğun bir şekilde büyümüştür.

Yenilenebilir enerji projeleri yüksek yatırım ve teknoloji gerektirmektedir. Bu da yatırımcıların ve politika yapıcıların karar alma süreçlerinde farklı belirsizliklerle karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır. Projeler uluslararası düzeyde hayata geçirildiğinde bu belirsizlikler daha da önem arz etmektedir. Bu nedenle yenilenebilir enerji projelerine yapılacak bir yatırımın risklerini daha hassas bir şekilde tespit etmek, analiz etmek ve değerlendirmek gerekmektedir. Yenilenebilir enerji projelerine yatırımı tehdit edebilecek ve böylece arzu edilen teknolojilerin alımını engelleyebilecek bir dizi önemli risk ve engel bulunmaktadır.

#### **1.2.4.1 Döviz Kuru Riski**

Güneş enerjisi projelerinin uzun vadeli geri ödeme süresi, kur oynaklığını yatırımcıların kararlarını olumsuz yönde etkileyen bir faktör haline getirmektedir. Döviz kurundaki sürekli dalgalanmalar, bir ülkenin döviz istikrarsızlığını gösterir. Riskten kaçınan yatırımcılar için döviz kuru oynaklığı, doğrudan yabancı yatırımları caydırabilecek ek maliyet olarak kabul edilebilir. Döviz kurunun istikrarı, özellikle aşağıdaki nedenlerden dolayı yenilenebilir enerji politikalarının yanı sıra en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir. Yenilenebilir enerji şirketlerinin yeterli teknolojik altyapıya sahip olması gerektiğini gerekmektedir. Bu çerçevede, enerji depolama ve enerji dönüştürme teknolojileri çok önemli bir rol oynamaktadır. Ülkede ihtiyaç duyulan ürün ve ekipmanın bulunabilirliği de bir diğer önemli faktördür. Temin edilemeyen ürün ve ekipmanların ithal edilmek zorunda kalınması şirketlerin kur riskini artırmasına neden olmaktadır (Zhou vd., 2021).

Doğrudan yabancı yatırımların yer kararlarının arkasındaki belirleyicileri anlayarak daha iyi bir yatırım ortamı oluşturmak güneş enerjisi teknolojilerinin dünya çapında yaygınlaşmasını daha da kolaylaştıracaktır. Makroekonomik çevre, kurumsal çevre ve doğal koşullar da dahil olmak üzere yatırımları etkileyen geleneksel belirleyiciler yenilenebilir enerji yatırımlarını doğrudan etkilemektedir. Geleneksel belirleyicilerden döviz kuru istikrarı şirketlerin güneş enerjisi yatırımı kararlarına etki eden en önemli faktörlerden biridir. Güneş

enerjisi projeleri birçok şirketin yatırım portföyünde düşük riskli yatırım olarak algılanmakta ve istikrarlı bir döviz kuru tercih edilmektedir. Bu nedenle, ev sahibi ülkelerin istikrarlı bir ekonomik ortamın sürdürülmesi için döviz kurunun aşırı değerlemesinden kaçınmaları gerekmektedir.

#### **1.2.4.2 Siyasi Risk**

Siyasi risk çevresel yatırımlar, ulusal egemenlik istikrarı, resmi prosedürlerin istikrarı ve devlet kredisine ilişkin politikadaki değişikliklerden kaynaklanan tehlikeleri dikkate almaktadır. Siyasi riski yüksek ülkeler yenilenebilir enerji politikalarında ani değişikliklere neden olabileceğinden güneş enerjisi projelerinin uygulanmasında büyük risk olarak algılanmaktadır. Gelişmekte olan ekonomilerin, ülkelerde güneş enerjisi projelerinin yürütülmesinde güvenlik duygusu sağlayabilmek için politik riski azaltmaları gerekmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma artık ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları kapsayan küresel bir arayıştır. Enerji, ekonominin birincil itici gücü olarak karşımıza çıkar ve dolayısıyla sürdürülebilir bir geleceğe ulaşmak için çok önemlidir. Bununla birlikte, güvenilir, temiz enerji kaynaklarına erişim eksikliği hedeflenen kalkınmanın gerçekleşmesine engel teşkil etmektedir. Bu özellikle gelişmekte olan ülkeler için geçerlidir. Enerji bağımlılığı olan ülkelerin enerji taleplerinin karşılanmasında doğrudan yabancı yatırım çok önemlidir. Çalışmalar, enerjiye yapılan doğrudan yabancı yatırımın siyasi riskten önemli ölçüde etkilendiğini göstermektedirler (Jiang vd., 2021).

#### **1.2.4.3 Operasyonel Risk**

Operasyonel risk kaynak yetersizliği, ekipman hasar ve/veya arızaları, personel yetersizliği nedeniyle projenin hayata geçirilememesi ya da başarısız olmasıdır. Güneş fotovoltaik projelerinde en önemli operasyonel risklerden biri, çoğu proje kurak çölde yer aldığından güneş panellerinin temizlenmesi maliyetidir ve bu da suyun maliyetini işletme dönemi için fiyatlandırmada önemli bir faktör haline getirmektedir.

PV'nin güneşe olan bağımlılığı belirsizliğe sebep olmaktadır. Bu sebeple olası bir elektrik kesintisi durumunda operasyonel risklerin dikkate alınarak sistemin üretim

zamanlamasını planlamak gerekmektedir. Operasyonel riskler dikkate alınmadan üretim yapıldığında üretim ve müşteri memnuniyeti önemli ölçüde azalacaktır (Guo vd., 2022).

#### **1.2.4.4 Makroekonomik Riskler**

Doğrudan yabancı yatırım hedeflerinin belirleyicileri üzerine yapılan araştırmalarda makroekonomik faktörlerin etkisinden bahsedilmektedir. Döviz kurundaki oynaklığın yüksek oynaklığın doğrudan yabancı yatırım girişlerini engellediğini tespit edilmiştir. Makroekonomik faktörlerin etkisinin test edildiği çalışmalar, özellikle piyasa büyüklüğünün (GSYİH ile ölçülen), işgücü maliyetinin, altyapının ve döviz kuru istikrarının doğrudan yabancı yatırım kararlarının üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle gelişmekte olan ekonomiler makroekonomik risklere karşı daha savunmasızdırlar; bu nedenle, yenilenebilir teknolojilere geçiş sürecinde artan yükümlülükler ve makroekonomik risklere daha fazla maruz kalmalarına neden olmaktadır (Sirin vd., 2022).

#### **1.2.5 Güneş Enerjisi Yatırımlarına Yönelik Olası Stratejiler**

Birçok ekonomist ekonominin gelişimini ölçmek için ekonominin enerji talebi adı verilen bir birimden yararlanmaktadır. Mevcut tahminler, temel enerji kaynaklarına olan talebin önümüzdeki yıllarda dünya çapında üç kat artacağını öngörmektedir. Gelişen teknoloji, artan nüfus ve enerji ihtiyacı önümüzdeki yıllarda petrol talebinin ve doğal gaz tüketiminin artacağına işaret etmektedir. Enerji talebindeki bu keskin artışın üstesinden gelebilmek için ülkelerin enerji tedarikinde sıkıntı yaşamamak adına alternatif enerji kaynaklarını göz önünde bulundurmaları gerekmektedir.

Dünyadaki güneş enerjisi potansiyeli, son derece zararlı, kirlenici ve hızla tükenen geleneksel enerji kaynakları için temiz ve ulaşılabilir bir alternatif sağlamaktadır. Bu potansiyelin yaygınlaşması ve efektif kullanılabilmesi için geliştirilen politikalar ülkelere, şirketlere ve/veya bireysel kullanıcılara birçok yönden fayda sağlayacaktır. Hem ticari hem de ticari olmayan kullanıcılarına yönelik güneş enerjisi yatırımları için en uygun stratejileri belirlemek yatırımların başarısının temelini oluşturmaktadır. Güneş enerjisi yatırımlarının olumlu olduğu kadar olumsuz yanları da bulunmaktadır. Güneş enerjisi projeleri geliştirilirken yapılacak analizlerin sonuçları, güneş enerjisi yatırım projelerinin verimliliğini ve etkinliğini

artırmanın yollarını açmaktadır (Kou vd., 2022). Bu yüzden, güneş enerjisi yatırımların arttırılabilmesi için doğru stratejilerin geliştirilebilmesi elzemdir.

### **1.2.5.1 Yüksek Teknoloji Stratejisi**

Güneş enerjisi yatırımlarının oldukça kapsamlı süreçlere sahip kompleks projeler olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla güneş enerjisi yatırımlarının arttırılabilmesi için teknolojik gelişmenin önemi yadsınamaz. Yetersiz teknolojik altyapı sadece verimliliği düşürmekle kalmayacak; aynı zamanda maliyetleri arttıracak ve müşterilerde güvensizliğe sebep olacaktır. Bu da yatırımların başarısız olmasına sebebiyet verecektir. Bu nedenle, bu riskle başa çıkmak için, maliyetleri düşürmek ve ilgili endüstrilerin sürdürülebilir kalkınmasını istikrara kavuşturmak için yüksek teknoloji stratejileri benimsemeleri büyük önem taşımaktadır (Su vd., 2022).

Şirketlerin bu tür sorunları aşabilmeleri için gerekli teknolojik yeterliliğe sahip olmaları gerekmektedir. İleri düzeyde teknolojiye sahip olan şirketler müşterilerin taleplerine daha hızlı ve daha düşük maliyetlerle cevap verebiliyor olacaklardır. Yüksek teknoloji sahibi şirketler bu sayede daha kaliteli ürün, daha düşük maliyet, yüksek müşteri memnuniyeti gibi hedeflere de dolaylı olarak ulaşmış olacaklardır.

### **1.2.5.2 Düşük Maliyet Stratejisi**

Güneş enerjisi projeleri yüksek yatırım ve teknoloji gerektirmektedir. Yatırımcılar bu projeleri hayata geçirebilmek katlandıkları maliyet ülke, bölge, iklim koşulları, teknolojik altyapı, istihdam edilen kalifiye personel vb. birçok etkene bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Ayrıca bu projeler için birçok farklı ürüne de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu süreçte ürünlerin bir kısmının ülkedeki mevcudiyet eksikliği nedeniyle diğer ülkelerden ithal edilmesi gerekebilmektedir. Güneş enerjisinin verimli kullanımı, küresel iklim değişikliği için önemli bir azaltma stratejisi haline gelmiştir.

Bununla birlikte, güneş kaynaklarının aralıklı doğası nedeniyle, enerji arzı ve talebi arasında bir uyumsuzluk vardır. Güneş enerjisinin termal enerji depolama sistemleri ile muhafaza edilmesi nispeten düşük maliyetlerle büyük ölçekli enerji depolama kapasitesine ulaşabileceği ve gün boyunca sürekli elektrik üretebileceği için sürdürülebilir bir enerji

sistemine geçişlerde kritik bir rol oynayabilir (Ma vd., 2021). Tüm bunlar güneş enerjisi yatırımlarının maliyetleri üzerinde doğrudan etkisi olan faktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Üzerlerindeki maliyet yükünü azaltıcı önlem ve stratejilerle müşteriye daha ucuz enerji sağlamaları şirketlere rekabet gücü kazandıracaktır.

### **1.2.5.3 Müşteri Memnuniyeti Stratejisi**

Günümüzde müşteri memnuniyeti çok firmanın başarısını doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Müşteri memnuniyeti açısından en önemli kriterlerin sürdürülebilir tüketim ve kaliteli hizmet olduğu görülmektedir. Hizmet kesintileri müşteri memnuniyetini olumsuz etkilemektedir. Şirketlerin müşterilerine sundukları hizmet sürdürülebilir ve kaliteli olmanın yanı sıra güvenilir olmalıdır. Bu kapsamda elektrik çarpması, malzeme tahribatı, hırsızlık, bilgisayardaki verilerin tahrip olma riski gibi sorunlar için gerekli önlemler alınmalıdır. Bu bağlamda güneş enerjisi şirketlerinin ticari olmayan müşterilerine detaylı ve sık bilgi vermeleri uygun olacaktır. Bu strateji sayesinde güneş enerjisi yatırımlarıyla ilgili belirsizlik sorununun çözülmesini kolaylaştırmak mümkün olacaktır. Bu, müşterilerin güvenini kazanmada çok etkili olacaktır.

Ayrıca, yerel kalite ticari kullanıcılar için önemli bir stratejidir. Bu nedenle, müşterilerin özelliklerine göre özel hizmetler sunmak müşteri memnuniyetini arttıracaktır. Bu çerçevede müşterilere yakın dağıtım merkezlerine sahip olmak, hizmet verilen bölgenin kültürünü hâkim, kalifiye personel istihdam etmek ve özellikle satış sonrası süreçte müşterilere müşteri desteği sağlamak müşterileri mutlu edecektir. Araştırmalara göre, müşteriye teknoloji hakkında doğru bir şekilde bilgilendirmek, her bir sistemin bileşeninin, özellikle modüller, invertörler ve güvenlik sistemleri olmak üzere nasıl çalıştığını ayrıntılı olarak açıklamak gibi müşteri için güveni artıran eylemler, satın alma siparişini kazanmak için çok önemlidir (Rigo vd., 2022).

### **1.2.5.4 Pazar Payı Stratejisi**

Pazar payı, belirli bir şirket tarafından üretilen bir sektördeki toplam satışların yüzdesi olarak tanımlanabilir. Şirketin dönem içindeki satışları alınarak ve aynı dönemde sektörün toplam satışlarına bölünerek hesaplanmaktadır. Yatırımcılar güneş enerjisi sistemlerine olan artan talebi karşılamaya ve kendilerini konsolide şirketler olarak kurmaya ve rakiplerine karşı



pazar payı kazanmaya devam etmek için araştırmaya ihtiyaç duyarlar (Rigo vd., 2022). Bir şirketin pazar payını artırmak için izleyebileceği bir dizi strateji vardır. Ürün/hizmet iyileştirme, yenilik, müşteri sadakatini arttırma, yetenekli, kalifiye personel istihdamı, etkili reklam ve fiyatlandırma bu stratejilerden bazılarıdır. Şirket politikalarına uygun olarak; ürünlerin çeşitlendirilmesi, hedef kitle ve ürün/hizmet segmentasyonu, uzmanlaşma, kaliteli satış sonrası destek gibi yöntemlerin etkin kullanılması şirketin sektördeki yerini sağlamlaştırarak pazar payının artmasına yardımcı olacaktır.

#### **1.2.5.5 Kaliteli Ürün Stratejisi**

Kaliteli ürün stratejisi, önemi çok yüksek olan pazar ve verimlilik stratejilerinin bir parçasıdır. Kalite stratejisinin oluşturulmasında yeniliklere ek olarak, piyasanın gerekliliklerini ve üreticinin (hizmet sağlayıcı) yetenekleri de dikkate alınmalıdır. Daha önce de belirtildiği üzere güneş enerjisi projeleri yüksek yatırım ve teknoloji gerektiren projelerdir. İleri teknoloji, doğru beceri ve kalifiye personel kaliteli ürünler geliştirmede önemli rol oynamaktadır. Kaliteli ürün stratejisi uzun vadede şirketin hedeflerine ulaşmasına ve müşteri memnuniyetinin arttırılmasına neden olacaktır.

Örneğin araştırmalara göre, kuru besin sektöründe tarım ürünlerinin kurutulmasında yeni tekniklerin kullanılması, kısa kuruma süresi ve düşük enerji tüketimi ile maksimum besin miktarına sahip yüksek kaliteli ürünlerin elde edilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca güneş enerjisi kaynaklarının bol olduğu bölgelerde, bu değerli ve ücretsiz kaynağı kullanmak çok uygun maliyetli olabilir. Uygun bir kurutma yönteminin seçilmesi, enerji tüketimini ve nihai ürünün kalitesini arttırmada hayati bir rol oynamaktadır (Seyfi vd., 2021).

## 2. BÖLÜM

### GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIMLARINA YÖNELİK BİR ANALİZ

Bu bölümde güneş enerjisi yatırımlarına yönelik kapsamlı bir analiz gerçekleştirilecektir. Bu çerçevede, veri madenciliği yöntemi dikkate alınacaktır. Yapılan analizin tüm adımlarına aşağıda başlıklar ve alt başlıklar halinde yer verilmiştir.

#### 2.1 Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Veri Seti

Enerji hem sosyal hem ekonomik anlamda ülkelerin vazgeçemeyeceği bir ihtiyaçtır. Dolayısıyla fiyatına bakılmaksızın ülkelerin bu ihtiyacı karşılama zorunluluğu bulunmaktadır. Enerji ihtiyacı dünya genelinde en fazla kömür ve petrol gibi fosil yakıtlardan temin edilmektedir. Maliyetinin düşük olması bu enerji türlerinin en büyük avantajıdır. Buna karşın, enerji üretiminde fosil yakıtları kullanmanın birtakım dezavantajları da bulunmaktadır. Örnek olarak, fosil yakıtların kullanılması sonucunda atmosfere önemli ölçüde karbon gazı salınmaktadır. Bu durum çok ciddi anlamda çevre kirliliğine yol açmaktadır. Bu problemin ortadan kaldırılmaması durumunda birçok canlının hayatı tehlike altında olacaktır.

Yenilenebilir enerji kullanımı yukarıda bahsi geçen bu problemin çözümünde dikkate alınabilecek uygulamalardan biridir. Doğal kaynak kullanımının artması ve fosil yakıtların yaygın olarak kullanılmasından dolayı artan çevre kirliliği yenilenebilir enerji kullanımının önemini arttırmıştır (Z.B. Liang, 2020). Yenilenebilir enerji güneş ve rüzgâr gibi doğal kaynaklardan enerji üretilmesi anlamına gelmektedir. Bu enerji türlerinin birtakım avantajları bulunmaktadır. Öncelikle yenilenebilir enerji kullanımı sonucunda havaya salınan karbon gazı minimum seviyelere inmektedir. Yenilenebilir enerji teknolojisinin gelişmesi ile fosil yakıt kullanımı yüzünden atmosfere salınan karbon salınımı azalacaktır (A. Evans, 2011). Belirtilen bu husustan dolayı yenilenebilir enerjiler çevre dostu enerji türü olarak kabul edilmektedir. Yenilenebilir enerji türlerinin başka bir avantajı da ülkelerin kendi enerjilerini ürettiyor olmasıdır. Bahsi geçen bu durum ülkelerin enerji konusunda dışa bağımlılığını azaltmaktadır. Ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarının arttırmasına yönelik politikalar sayesinde enerjide dışa bağımlılığın azalmasına ve ülkelerin çevresel sürdürülebilirliğinin arttırılmasına yardımcı

olur (O Jiankun, 2012). Bu sayede, ülkenin sürdürülebilir ekonomik kalkınma hedeflerine ulaşabilmesi çok daha kolay olabilmektedir.

Güneş enerjisi de oldukça popüler olan yenilenebilir enerji türlerinden biridir. Güneş enerjisi, güneşten gelen ışınların değerlendirilerek elektrik üretilmesi anlamına gelmektedir. Bu enerji türünün ülkenin sosyal ve ekonomik gelişmesine birçok katkısı bulunmaktadır. Bu süreçte sadece güneş ışınları dikkate alındığından dolayı, atmosfere herhangi bir karbon gazı salınımı olmamaktadır. Bu sayede, üretilen enerji çevre dostu olmaktadır. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olan fotovoltaik güneş enerjisi, geleneksel kaynaklardan üretilen enerji kıtlığının zorluklarıyla başa çıkmak için bir alternatif olarak görülmektedir (Sampaio, 2017). Öte yandan, güneş enerjisi yatırımlarının bazı olumsuzluklarından da söz edebilmek mümkündür. Örneğin, güneş enerjisi yatırımlarında başlangıç maliyeti çok yüksektir. Bu durumda yatırımcılara ciddi anlamda finansal problemler doğurmaktadır. Ek olarak, güneş enerjisi yatırımları yapabilecek şirketin teknik yeterliliğinin yüksek olması gerekmektedir. Aksi takdirde, bu yatırımlarda başarıya ulaşabilmek oldukça zorlaşacaktır. Belirtilen bu olumsuzluklardan dolayı, güneş enerjisi yatırımlarının arttırılabilmesi güçleşmektedir.

Yukarıda bahsedilen hususlar dikkate alındığında, güneş enerjisi yatırımlarının hem olumlu hem de olumsuz yanlarının bulunduğu görülmektedir. Bu yüzden, adı geçen bu yatırımların arttırılabilmesi için doğru stratejilerin geliştirilebilmesi şarttır. Güneş enerjisi yatırımlarının başarılı olabilmesi için önem arz eden bir husus da çalışan personelin kalitesidir. Literatür taraması kalifiye eleman eksikliğinin bu sektördeki en büyük sorunlardan biri olduğunu desteklemektedir. (Meijer, 2019) Çalışmasında karmaşık teknolojilerin üstesinden gelebilecek nitelikli, yetkin ve bilgili personel eksikliğini vurgulamıştır. Bu yatırım türleri karmaşık yapıya sahip olan projeler olduğundan dolayı nitelikli personele önemli ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır. Güneş enerjisi yatırımlarının arttırılabilmesine yönelik geliştirilebilecek başka bir strateji de teknik yeterliliklere yöneliktir. Bu projelerin başarılı olabilmesi için yatırım yapacak şirketin gerekli teknik donanımına sahip olması şarttır. Netice itibariyle, güneş enerjisi yatırımlarında başarıya ulaşabilmek için farklı strateji türleri mevcuttur. Burada önem arz eden husus ise bu strateji alternatiflerinden en doğru olanının belirlenebilmesidir.

Türkiye'deki duruma bakıldığında ülkede enerji kaynaklarının toplumun enerji ihtiyacını karşılamaya yetersiz kaldığı için enerji ihtiyacının yarısından fazlasını ithal ederek

karşılacaktır. Türkiye'nin enerji kaynaklarını çeşitlendirmesi ve yerli yenilenebilir enerji üretiminin gerekliliğini ülkenin kalkınması için de gereklidir (Çolak & Kaya, 2017). Türkiye'nin 2023 hedeflerinde yer alan yenilenebilir enerji kaynak artırımı hedefinin maliyetler nedeniyle belirsiz olduğu, ancak özel sektöre yapılacak teşviklerle bu hedefe varılacağı ve maliyetlerin düşürüleceği düşünülmektedir (Deveci & Güler, 2020).

Bu çalışmada makalelerde yer alan güneş enerjisi ve yatırım sorunları üzerine inceleme yapıp, güneş enerjisi yatırımlarının arttırılabilmesi için en etkin stratejiler belirlenmesi hedeflenmektedir. Güneş enerjisi yatırımlarının arttırılmasında en fazla rol oynayan unsurlar incelenip, bu unsurlarla ilgili çözüm önerileri sunulması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak, başlığında “Güneş Enerjisi” ifadesi geçen ve Web of Science arama motorunda yer alan son yedi yıla ait tüm makaleler inceleme kapsamına alınmıştır. Elde edilen bu makalelerin özet bölümleri kullanılarak veri madenciliği analizi yapılmıştır. Bu süreçte, KNİME programından faydalanılmıştır. Bu makalelerde en fazla geçen tek kelimeler ile ikili ve üçlü kelime grupları N-gram yaklaşımıyla belirlenmiştir. Bu kelime gruplarının içerikleri dikkate alınarak güneş enerjisi yatırımcıları için etkin stratejilerin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Bu çalışmanın literatüre en büyük katkısı ülkelerin sosyal ve ekonomik gelişimine önemli ölçüde katkı sağlayan güneş enerjisi yatırımlarının arttırılabilmesi için doğru stratejilerin orijinal bir yöntemle belirlenmesidir. Elde edilecek analiz sonuçları yatırımcıların doğru karar verebilmelerine yardımcı olacaktır.

## **2.2 Konuya Yönelik Literatür Taraması**

Güneş enerjisi yatırımlarına yönelik literatürde çok farklı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmaların önemli bir kısmında güneş enerjisi yatırımlarının başarısının arttırılması için doğru stratejilerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmaların önemli bir kısmı güneş enerjisi yatırımlarının etkinliğinin arttırılabilmesi için teknolojik gelişmenin önemine vurgu yapmıştır. Güneş enerjisi yatırımları oldukça kapsamlı süreçleri içeren kompleks projelerdir. Bu yüzden, güneş enerjisi yatırımlarının maliyetleri oldukça yüksektir (Zhang, Ren, Pu, & Wang, 2020). Şirketlerin bu sorunu aşabilmeleri için gerekli teknolojik yeterliliğe sahip olmaları gerekmektedir (Kabir, Kumar, Kumar, Adelodun, & Kim, 2018). İleri düzeyde teknolojiye sahip olan güneş enerjisi yatırım şirketleri süreçleri daha düşük maliyetle uygulayabilmektedirler (Lehtola & Zahedi, 2019). Bu durum da güneş enerjisi projelerinin

etkinliklerinin artırılmasına katkı sağlamaktadır (Creutzig, Agoston, Goldschmidt, & Pietzcker, 2017). (Raina & Sinha, 2019) Çalışmasında Hindistan'daki güneş enerjisi yatırımlarının etkinliklerinin artırılması için doğru stratejileri üretmeyi amaçlamışlardır. Bu bağlamda, teknolojik gelişimin önemli bir strateji olduğunu ve Paris Anlaşması'nın bu stratejinin gelişmesine katkı sağlayacağını vurgulamışlardır. Benzer şekilde, (Li M.-J. , Zhu, Guo, Wang, & Tao, 2017) de çalışmasında güneş enerjisi yatırımlarının verimliliğinin artırılabilmesi için teknolojik yatırımın önemine vurgu yapmışlardır. (Quitow, Huenteler, & Asmussen, 2017) Çin'deki güneş enerjisi yatırımlarının performanslarına etki eden faktörleri incelemişlerdir. Bu amaca ulaşabilmek için teknolojik yatırımların gerekliliğinin altı çizilmiştir.

Çalışmaların bazılarında güneş enerjisi yatırımlarının etkinliklerinin artırılabilmesi için personel kalitesinin önemi vurgulanmıştır. Güneş enerjisi projeleri kapsamlı mühendislik bilgisi içeren yatırımlardır. Bu yüzden, bu yatırımların performansını arttırmak için kalifiye personele ihtiyaç duyulmaktadır. Yetkin olmayan personelin istihdam edilmesi durumunda bu projelerde çıkacak olası bir aksaklık kısa sürede giderilemeyecektir. Bu durumda yatırımların verimliliğini azaltacaktır. (Sindhu, Nehra, & Luthra, 2016) Güneş enerjisi ekipmanlarının kurulum, bakım ve çalıştırılması hususlarında uzman olmayan personelin meydana gelebilecek arızalarda yetersiz kalacaklarını belirtmişlerdir. Ayrıca bu alanda nitelikli eleman ve uzman yetiştirmeye uygun eğitim kurumlarının eksikliğine de değinmişlerdir. Bir başka çalışmada, bu tarz yatırımların önündeki engellerden birinin nitelikli insan kaynağının eksikliği olduğu belirtilmiştir. Yenilenebilir enerji alanında yapılan analizler neticesinde bu eksikliğin sebeplerinden biri olarak eğitim sistemi ile sektör talebi arasındaki uyumsuzluk gösterilmiştir (Lucas, Pinnington, & Cabeza, 2018). Benzer şekilde, (Boamah, 2020) da çalışmasında güneş enerjisi sistemlerinin bakımının öneminden ve sistem bakımını sağlamak için yetkin personelin bulunmasının zorluğundan bahsetmiştir. Güneş enerjisi sektöründeki yüksek yatırım maliyetleri ve azalan kar marjlarının işgücü maliyetlerini azalttığı vurgulanmıştır. Devletlerin insan sermayesi kazanımını teşvik etmedeki rolünün bilgi ve beceri sahibi çalışanların istihdam edilebilmesindeki öneminin altı çizilmiştir (Dicce & Ewers, 2021). Başka bir çalışmada ise (Zhang, Chen, Liu, Yang, & Xu, 2017) vasıflı personel olmadığı için güneş enerjisi sistemlerinin kurulumlarının zorlaştığını belirtmişlerdir. Yetenekli personel eksikliği elektrik-elektronik gibi alanlarda uzmanlığı olan personelin istihdam edilmesi zorunluluğuna yol açmaktadır. Alanında uzman olmayan personel çalıştırmanın potansiyel müşterilerde güvensizliğe neden olacağını ve bunun da güneş enerjisi teknolojisine olan talebi azaltacağını

belirtmişlerdir. Birçok çalışmada güneş enerjisi yatırımlarının artması için nitelikli personelin öneminden bahsedilmiştir. Hükümetlerin de yenilenebilir enerji alanında nitelikli personel istihdamına destek vermesinin gerekliliğinden bahsedilmiştir. Bu yatırımlar için kurumlar vergisi indirimleri, yatırımlarda kullanılan kalemlerde gümrük vergisi indirimi ve bu alanda kalifiye eleman temini gibi devlet desteklerinin olmasının yatırımcıların ilgisini çekebileceği belirtilmektedir (Wang, Li, Dincer, & Yüksel, 2019).

Öte yandan, çalışmaların bir kısmında güneş enerjisi yatırımlarının başarısının artırılmasında müşteri memnuniyetinin gerekli olduğu belirtilmiştir. Güneş enerjisi yatırımları netice itibarıyla müşterilerin daha verimli bir şekilde enerji kullanmasını hedeflemektedir. Bu bağlamda, müşteri beklentilerinin net olarak belirlenmesi hayati önem arz etmektedir. Bu amaca ulaşabilmek için farklı müşteri türlerinin taleplerinin anlaşılabilirliği kapsamlı analizlerin yapılması gerekmektedir. Bu durum müşteri memnuniyetinin artırılabilmesine katkı sağlayacaktır. Böylece, güneş enerjisi şirketleri daha çok tercih edilecek ve bu da şirketlerin karlılığının artırılmasına yardımcı olacaktır. Yenilenebilir enerjiyi tercih eden müşteriler çeşitli olduğundan beklentileri de farklılık göstermektedir. Bu yüzden, müşterilerin ticari olan ve ticari olmayan olarak ayrılması satış sonrasında sağlanacak desteklerin daha etkili olmasını sağlayacaktır. Böylelikle, müşterilerin özel ihtiyaçlarına yönelik özel hizmetler sunulması müşteri memnuniyetinin artmasına katkı sağlayacaktır (Li, Wu, Dincer, Kalkavan, & Yüksel, 2021). Maliyeti düşürmek ve daha yüksek kullanıcı deneyimi elde etmek, sürdürülebilir geçiş desteklemenin anahtarı olarak görülmüştür. Güneş enerjisi işletmelerinin müşterilerle uzun vadeli ilişkiler kurabilmesi için müşteri memnuniyetinin kilit bir öneme sahip olduğu belirtilmiştir (Yadav, Davies, & Sarkodie, 2019). Başka bir çalışmada (Rigo, Siluk, Lacerda, & Spellmeier, 2021), işletmelerin müşterileriyle olan ilişkilerinin tanımlanmasının gerekliliğini vurgulamışlardır. Farklı müşteri segmentlerine göre tasarlanan hizmetler ve prosedürler, müşteri işletme ilişkisini güçlendirecektir. Bunun da müşteri memnuniyetini olumlu yönde arttıracığı belirtilmektedirler. (Ding vd., 2021) Özellikle güneş enerjisi yatırımlarının henüz yeni olduğu gelişmekte olan ülkelerde, halkın çevre bilincinin artırılması ve yenilenebilir enerjinin enerji tasarrufu ile çevre korumadaki avantajları hakkında bilgi sahibi olmasının önemli olduğundan bahsetmişlerdir. Halkı bilgilendirmeye yönelik atılan bu tür adımlar potansiyel müşterilerle iyi bir güven ilişkisi kurulmasına sebep olacağından, kazanılan güvenin müşteri memnuniyetine olumlu etki edeceği vurgulamaktadırlar. Peng (2018) çalışmasında teknik destek ve satış sonrası destek gibi müşteri memnuniyetine yönelik şirket davranışlarının müşteri

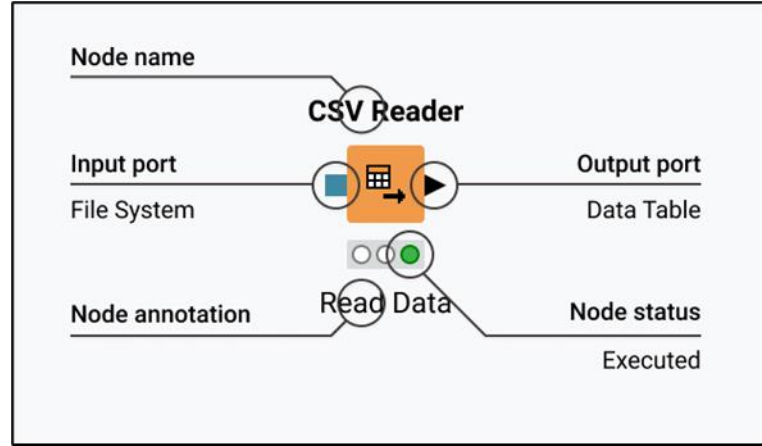
memnuniyetini ve rekabet gücünü arttırdığı savunmuştur. Bir başka çalışmada ise sürdürülebilir tüketim imkanlarının müşteri memnuniyeti boyutunda önemli bir kriter olduğu belirtilmiştir (Li, Zhu, Yüksel, Dincer, & Ubay, 2020).

### 2.3 Yöntem ve Bulgular

Veri analizi ile veri madenciliği birbirlerinden farklıdır. Veri miktarına bakılmaksızın veri kümesindeki modellerin ve hipotezlerin test edilmesi için veri analizi kullanılmaktadır. Etkili veri madenciliğinin, iş stratejilerini planlamanın ve operasyonları yönetmede etkisi büyüktür. Veri madenciliği veri kümelerindeki gizli kalıpları, eğilimleri, korelasyonları ve anormallikleri ortaya çıkarma yeteneğinden dolayı önemlidir. Veri madenciliği ile elde edilen bu bilgiler, geleneksel veri analiziyle birlikte karar verme süreçlerini ve stratejik planlamaları geliştirmek için kullanılmaktadır. Yaşadığımız veri merkezli dünyada mümkün olduğunca çok avantaj elde etmek önem arz etmektedir. Veri madenciliği, otomatikleştirilmiş davranış ve eğilimlerin gizli kalıplarının keşfedilmesine yardımcı olarak veri bilimcilerin ve şirketlerin ihtiyaç duydukları bilgilere ulaşabilmelerinde önemli rol oynamaktadır.

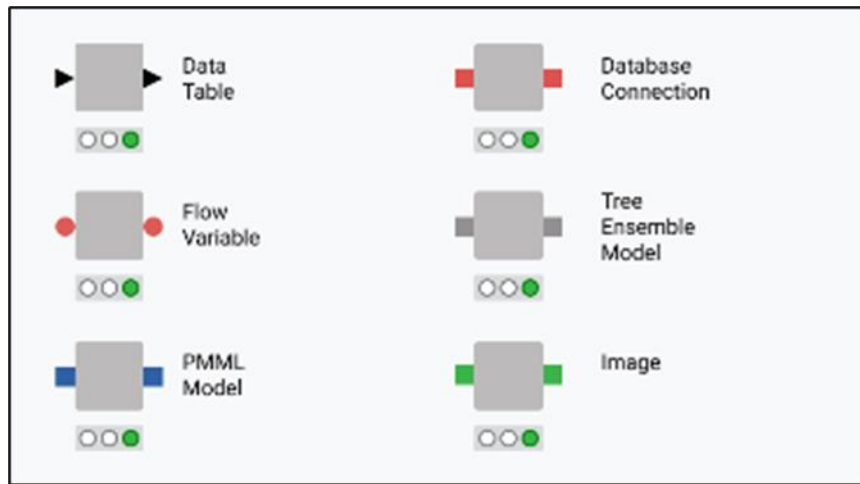
KNIME (Konstanz Information Miner), ücretsiz ve açık kaynaklı bir veri analizi, raporlama ve entegrasyon platformudur. KNIME, kullanıcıların görsel olarak veri akışları (veya işlem hatları) oluşturmasına, analiz adımlarının bir kısmını veya tamamını seçmeli olarak yürütmesine, daha sonra etkileşimli widget'lar ve görünümlemler kullanarak sonuçları, modelleri incelemesine olanak tanımaktadır. KNIME Analytics Platformunda, görevler düğüm veya operatör olarak da adlandırılan node'larla temsil edilir. Her bir düğüm, giriş ve çıkış bağlantı noktalarına sahip renkli bir kutu olarak görüntülenir. Düğümler, dosyaları okuma/yazma, verileri dönüştürme ve görselleştirme gibi birçok görevi gerçekleştirebilmektedir. Düğümler etrafında kendisi ile ilgili bilgileri barındıran küçük kare şekiller olarak görüntülenmektedirler. Üstü kısmında düğümün adı (Node name), sol kısmında giriş portu (input port), sağ kısımda çıkış portu (output port) ve altında ise düğüm durumu ile düğüm dipnotu (node annotation) bulunmaktadır (Şekil 1).

Şekil 1: Knime - Node Tanıtım Görseli



Giriş ve çıkış portları; girdi(ler), düğüm portları aracılığıyla düğümün işlediği verilerdir ve çıktı(lar) sonuç verileridir. KNIME’da bazı düğümlerin girdi ve çıktı şekilleri yapacağımız işleme göre farklı biçimlerde gösterilmektedir. Node’ların (düğülerin) yanlarındaki siyah üçgenler veri akışı olduğu anlamına gelmektedir. Farklı türler, farklı düğüm bağlantı noktalarıyla temsil edilir. Yalnızca aynı renkle gösterilen aynı türdeki bağlantı noktaları bağlanabilir ve bağlanır. Sık kullanılan veri türleri için bazı bağlantı noktası örnekleri aşağıda verilmiştir (Şekil 2).

Şekil 2: Knime - Node Portları ve İşlevleri

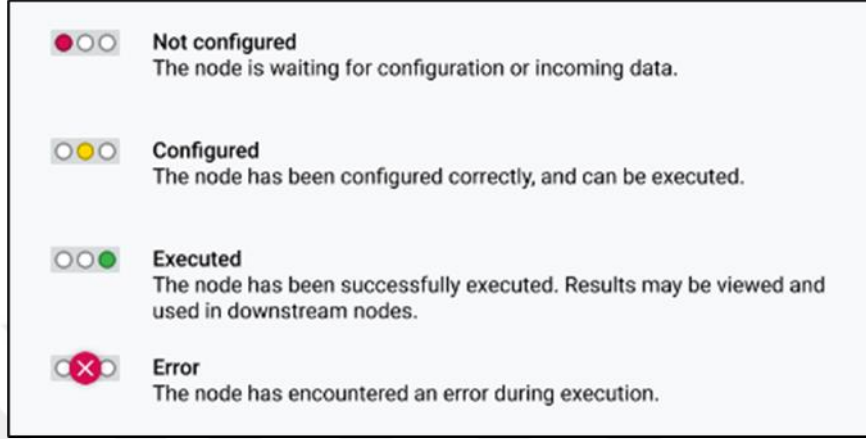


Node’lar (düğümler) hakkında bilinmesi gereken bir diğer şey ise düğüm durumudur. Bir düğüm dört farklı durumda olabilir ve bu durum her düğümün altında bir trafik ışığı ile gösterilir. Düğümün altındaki kırmızı, sarı ve yeşil ışık durumu hakkında bilgi vermektedir.



Kırmızı; düzenlemenin ya da gerekli ayarın yapılmadığını gösterir. Sarı; düzenlemenin yapıldığını fakat çalıştırılmadığını (execute) belirtir. Yeşil ise düğümün başarılı bir şekilde çalıştığı anlamına gelir. Kırmızı çarpı işareti ise işlemimizde hata olduğunu gösterir (Şekil 3).

Şekil 3: Knime - Node Durumları



Literatürde birçok farklı çalışmada kullanılmıştır. Bu çalışmada güneş enerjisi yatırımlarının artırılmasına yönelik doğru stratejilerin belirlenmesi amacıyla Web of Science veri tabanındaki 2015 ve 2022 yılına ait başlığında “güneş enerjisi” geçen makaleler inceleme kapsamına alınmıştır. Bu bağlamda 2869 adet makale tespit edilmiş ve elde edilen bu makalelerin özet bölümleri kullanılarak veri madenciliği analizi yapılmıştır. Söz konusu makalelerin özet kısımlarında en fazla geçen ikili kelimeler ve üçlü kelimeler belirlenmiştir. Öne çıkan bu kelime grupları sayesinde güneş enerjisi yatırımları için önem arz eden faktörler belirlenmeye çalışılmıştır.

Web of Science’da 2015-2022 yılları arasında yayınlanmış ve başlığında “Solar Energy” geçen makaleler üzerinde çalışma yapılmıştır. Bu kapsamda elde edilen 2869 adet makalenin özet bölümlerinin çıktısı Excel dokümanı olarak alınmıştır. Alınan Excel veri setini Knime’a aktarmak için Excel Reader node’u (operatörü) kullanılır. Daha sonra Excel reader ile okunan belge üzerinde Strings to document düğümü çalıştırılmıştır.

Strings to Document düğümü belirtilen dizeleri belgelere dönüştürmektedir. Her satır için bir belge oluşturmakta ve bu satıra eklemektedir. Belirtilen sütunların dizeleri başlık, yazarlar ve tam metin olarak kullanılmaktadır. Ayrıca tanımlanan kategori, kaynak, tür ve tarih belirlenir. Eklenen bu düğüm ile belirtilen satırlar belgelere dönüştürülmüştür.

Daha sonra Case Converter düğümü ile belgede yer alan tüm terimler küçük harfe dönüştürülmüştür.

Kuhlen Stemmer düğümü girdi belgesinde yer alan tüm terimleri, Kuhlen kök ayırma algoritmasını kullanarak köklerine indirgemeyi sağlar. Kuhlen kök ayırıcı yalnızca İngilizce belgelere uygulanabilir.

Punctuation Erasure düğümü ile belgede yer alan tüm noktalama işaretleri kaldırılmıştır.

Number Filter düğümü ile yalnızca sayılardan oluşan tüm terimler filtelenmiştir.

Table Creator düğümü bir veri tablosunun manuel olarak oluşturulmasına izin verir. Veriler tablo gibi bir elektronik tabloya girilebilir. Bu düğüm sayesinde belge içerisinden ayıklanması istenilen kelimelerin bir tablosu yapılarak filtreleme işlemine hazır hale getirilmiştir.

Stop Word Filter düğümü ile “ve”, “veya”, “ya da” gibi duraklama kelimelerini filtelenmiştir. Ayrıca Table Creator düğümünde oluşturulan tabloda yer alan kelimeler filtelenmiştir.

Bag of Words Creator düğümü ile belge içerisindeki yer alan terimleri içeren sütunlar oluşturulmuştur.

TF düğümü her belgeye göre her terimin bağıl terim frekansını (tf) hesaplar ve tf değerini içeren bir sütun ekler. Bu düğüm ile her terimin terim sıklığı (tf) hesaplanmış ve değerleri içeren bir sütun oluşturulmuştur. Bu sütun en sık tekrar eden kelimeleri içermektedir.

GroupBy Filter düğümü bir tablonun satırlarını, seçili grup sütunlarındaki benzersiz değerlere göre gruplandırır. Seçili grup sütununun her benzersiz değer kümesi için bir satır oluşturulur. Başka bir deyişle verileri gruplamak için kullanılan bir özelliktir. Configure kısmından gruplamak istenilen kolonlar seçilerek belge filtrelemeye hazır hale getirilmiştir.

Row Filter düğümü belirli kriterlere göre satır filtrelemeye imkân verir. Bu düğümle, eksik satırlar ve kirli veriler temizlenmiştir.

Tag Cloud JavaScript kitaplıklarını kullanan bir etiket bulutu görünümüdür Görünüme, düğüme sağ tıklayarak ve "Etkileşimli Görünüm: JavaScript Etiket Bulutu Görünümü" seçilerek KNIME Analytics Platformunda veya WebPortal'da erişilebilmektedir. Bu düğüm ile en sık tekrar eden tek kelimelerin etiket bulutu şeklinde görüntülenebilmesi sağlanmıştır.

Image Writer (Port) düğümü bir dosyaya veya bir URL ile gösterilen uzak bir konuma bir görüntü bağlantı noktası nesnesi yazar. Bu düğüm sayesinde Tag cloud düğümü ile elde edilen etiket bulutu görseli istenilen konuma kaydedilmiştir.

Sorter düğümü satırları kullanıcı tanımlı kriterlere göre (artan veya azalan düzende) sıralar. Bu düğüm ile GroupBy düğümünde elde edilen kelimelerin azalan düzende sıralanması sağlanarak en sık tekrar edilen kelimelerin listesi elde edilmiştir.

Excel Writer düğümü girdi veri tablosunu, daha sonra Microsoft Excel gibi diğer uygulamalarla okunabilen bir Excel dosyasının elektronik tablosuna yazar. Düğüm, tamamen yeni dosyalar oluşturabilir veya mevcut bir Excel dosyasına veri ekleyebilmektedir. Bu düğüm ile elde edilen çıktılar excel formatında kaydedilebilmesi sağlanmıştır. En sık tekrar eden kelimeler tamamlandıktan sonra en sık tekrar eden ikili ve üçlü kelime gruplarının tespit edilmesi için NGram Creator kullanılmıştır.

NGram Creator düğümü giriş tablosunun belgelerinden ngramlar oluşturur ve frekanslarını sayar. Kelime veya karakter ngramlarının oluşturulup oluşturulmayacağı belirtilebilir. Stop Word Filter düğümü ile bağlanan Ngram creator düğümünün configure kısmından kelime sayısı belirlenerek (2 veya 3) düğüm çalıştırılmış ve belirlenen sayılı kelime gruplarının verileri elde edilmiştir.

Bu aşamadan sonraki işlemler yine sırasıyla Row Filter, Sorter, Tag Cloud, Image Writer ve Excel Writer olarak devam etmektedir. Aynı süreçler hem ikili kelimeler hem de üçlü kelimeler için yapıldıktan sonra oluşan çıktıları Excel'e alabilmek için ise Excel Writer kullanılmıştır.

Stop Word Filter düğümü ile bağlanan bir diğer düğüm ise Topic Extractor (Paralel LDA) düğümüdür. Topic Extractor düğümü çok sayıda belge veya bütünlük içinde gizlenmiş bilgi temasını analiz etmek için kullanılan mevcut gizli Dirichlet tahsisi (LDA) modelini

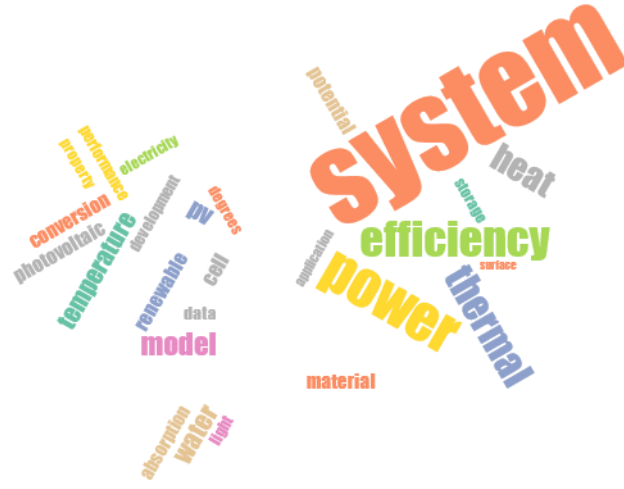
kullanır. Girdi belgesi koleksiyonunu belirtilen sayıda iş parçacığına bölerek ve daha sonra hesaplanan istatistikleri birleştirir. Bu istatistikler verilerin ortak bir konuya bağlı olup olmadığı bilgisini verir. Bu düğüm ile elde ettiğimiz tekli kelimeler ile ikili ve üçlü kelime grupları onarlı üç parçaya bölünmüştür. Bu işlemden sonra elde edilen kelimelerin listesi aşağıda belirtilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1: Knime - Terim Ağırlıkları Tablosu 1

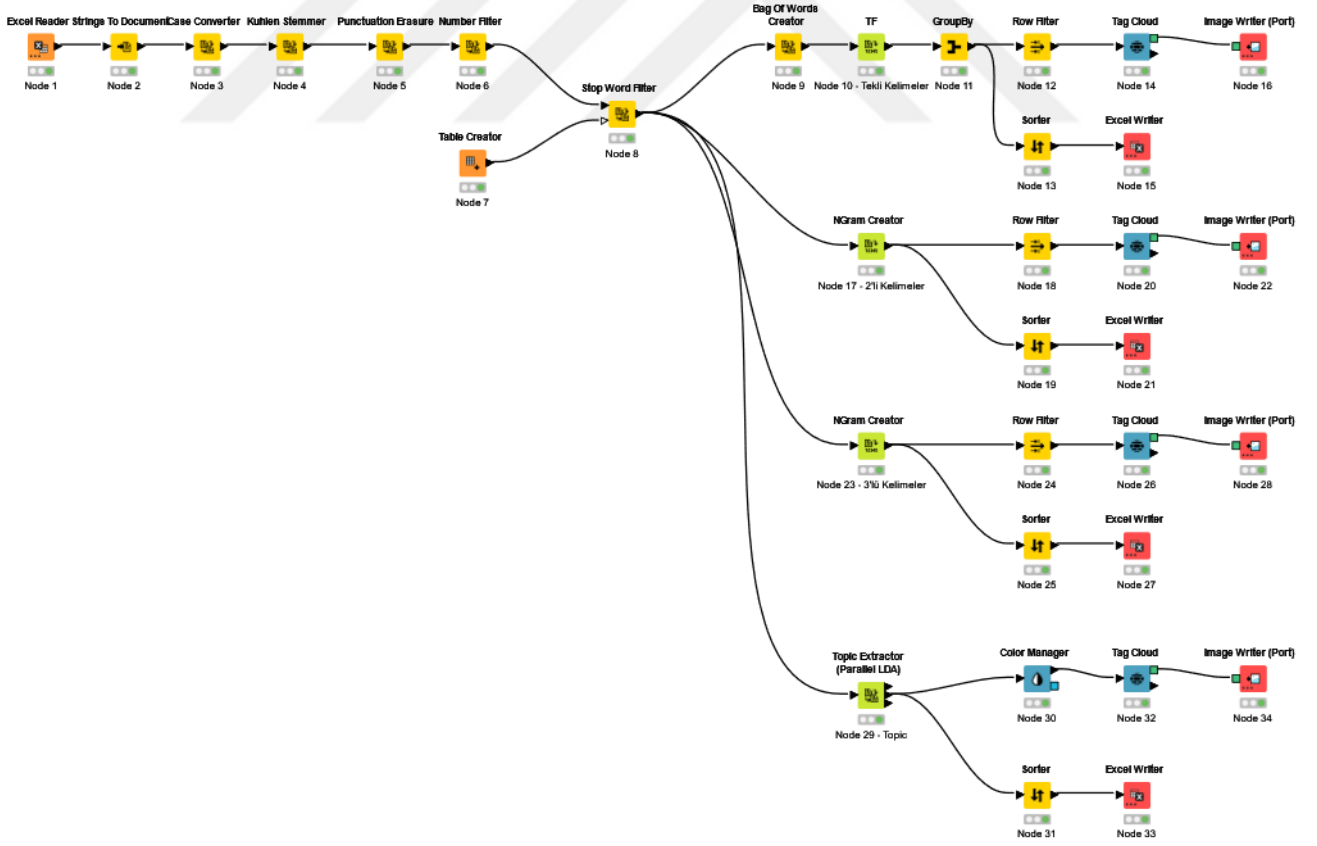
|    | GRUP I                 | TERİM      | AĞIRLIK | GRUP II    | TERİM      | AĞIRLIK | GRUP III  | TERİM         | AĞIRLIK |
|----|------------------------|------------|---------|------------|------------|---------|-----------|---------------|---------|
| 1  | Operasyonel Verimlilik | Sistem     | 5008    | Verimlilik | Hücre      | 1468    | Teknoloji | Sistem        | 2658    |
| 2  | Operasyonel Verimlilik | Isı        | 2426    | Verimlilik | Verimlilik | 1416    | Teknoloji | Güç           | 2475    |
| 3  | Operasyonel Verimlilik | Termal     | 1843    | Verimlilik | Dönüşüm    | 1382    | Teknoloji | Model         | 2022    |
| 4  | Operasyonel Verimlilik | Su         | 1828    | Verimlilik | Malzeme    | 1378    | Teknoloji | PV            | 1789    |
| 5  | Operasyonel Verimlilik | Sıcaklık   | 1791    | Verimlilik | Soğurma    | 1289    | Teknoloji | Yenilenebilir | 1407    |
| 6  | Operasyonel Verimlilik | Verimlilik | 1778    | Verimlilik | Işık       | 1147    | Teknoloji | Fotovoltaik   | 1390    |
| 7  | Operasyonel Verimlilik | Güç        | 1485    | Verimlilik | Mülk       | 1038    | Teknoloji | Potansiyel    | 1361    |
| 8  | Operasyonel Verimlilik | Performans | 1173    | Verimlilik | Uygulama   | 989     | Teknoloji | Veri          | 1212    |
| 9  | Operasyonel Verimlilik | Derece     | 1050    | Verimlilik | Termal     | 898     | Teknoloji | Gelişme       | 1122    |
| 10 | Operasyonel Verimlilik | Depolama   | 1043    | Verimlilik | Yüzey      | 801     | Teknoloji | Elektrik      | 1058    |

Color Manager düğümü verilerin renklendirilmesi için kullanılır. Renkler, nominal (olası değerler mevcut olmalıdır) veya sayısal sütunlar (alt ve üst sınırlarla) için atanabilir. Bu sınırlar mevcut değilse, bir '?' minimum ve maksimum değer olarak verilmektedir. Bu düğüm ile Topic Extractor düğümü sonrasında elde edilen konular (topicler) birbirleri ile olan ilişkilerine göre renklendirilmiştir (Şekil 4). Konu çıkarma (topic extactor) işlemi sonucunda elde edilen konular verimlilik ve teknoloji başlıkları etrafında yoğunlaşmaktadır.

Şekil 4: Ağırlıklı Konular



Şekil 5: Knime İş Akışı – Workflow



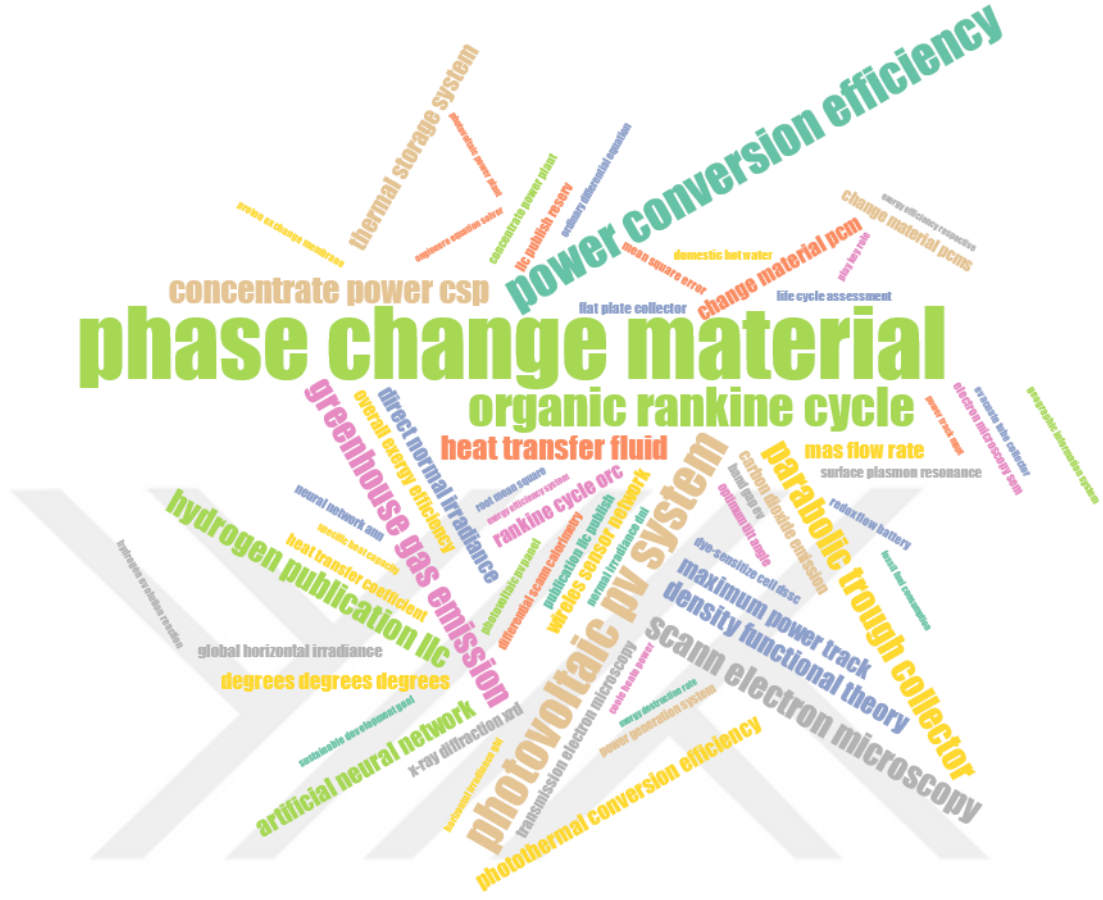
Yukarıda iş akışı özetlenen, KNİME programının N-gram uygulaması kullanılarak yapılan veri madenciliği sonucunda en çok tekrar eden tek kelimeler (Tablo 2), ikili kelime grupları (Tablo 3) ve en çok tekrar eden üçlü kelime grupları (Tablo 4) tespit edilmiştir. Ayrıca bu tespit edilen kelimeleri color manager düğümü ile en sık kullanılan tekli kelimeler (Şekil 6), ikili kelime grupları (Şekil 7) ve üçlü kelime gruplarından oluşan (Şekil 8) renklendirilmiş görselleri oluşturulmuştur.

Şekil 6: En Çok Tekrar Eden Tekli Kelimeler





Şekil 8: En Çok Tekrar Eden Üçlü Kelimeler



Tablolarda incelenen makalelerde en çok geçen kelimeler, bu kelimelerin Türkçe karşılıkları ve cümle sıklıkları belirtilmiştir. Görsellerde ve tablolarda da görüldüğü üzere; son yedi yılda yayınlanmış makalelerde çoğunlukla enerji depolama ve enerji verimliliği üzerinde durulduğu gözlenmektedir.



Tablo 2- En Çok Tekrar Eden Tekli Kelimeler

|              |             | Cümle Sıklığı |
|--------------|-------------|---------------|
| System       | Sistem      | 8060          |
| Efficiency   | Verimlilik  | 3470          |
| Thermal      | Termal      | 2798          |
| Heat         | Isı         | 2580          |
| Performance  | Performans  | 2382          |
| Increase     | Artış       | 2244          |
| Temperature  | Sıcaklık    | 2230          |
| Potential    | Potansiyel  | 2158          |
| Design       | Tasarım     | 2020          |
| Pv           | Pv          | 2016          |
| Photovoltaic | Fotovoltaik | 1984          |
| Storage      | Depolama    | 1912          |
| Method       | Yöntem      | 1882          |
| Cell         | Panel       | 1828          |
| Material     | Malzeme     | 1706          |
| Conversion   | Dönüşüm     | 1694          |
| Application  | Uygulama    | 1686          |

|               |               |      |
|---------------|---------------|------|
| Analysis      | Analiz        | 1664 |
| Renewable     | Yenilenebilir | 1660 |
| Cost          | Maliyet       | 1638 |
| Radiation     | Radyasyon     | 1636 |
| Electricity   | Elektrik      | 1616 |
| Technology    | Teknoloji     | 1538 |
| Production    | Üretim        | 1520 |
| Absorption    | Emilim        | 1500 |
| Compare       | Karşılaştırma | 1484 |
| Data          | Veri          | 1444 |
| Proces        | Süreç         | 1406 |
| Development   | Geliştirme    | 1338 |
| Surface       | Yüzey         | 1334 |
| Reduce        | Azaltmak      | 1164 |
| Plant         | Santral       | 1120 |
| Research      | Araştırmak    | 1106 |
| Hydrogen      | Hidrojen      | 1104 |
| Improve       | Geliştirmek   | 1072 |
| Environmental | Çevreci       | 1050 |
| Harvest       | Hasat         | 1040 |

|             |            |      |
|-------------|------------|------|
| Collector   | Toplayıcı  | 1034 |
| Parameter   | Parametre  | 1010 |
| Efficient   | Verimlilik | 1008 |
| Solution    | Çözüm      | 958  |
| Hybrid      | Hibrit     | 954  |
| Reserv      | Rezerv     | 954  |
| Emission    | Emisyon    | 948  |
| Fuel        | Yakıt      | 924  |
| Region      | Bölge      | 918  |
| Capacity    | Kapasite   | 894  |
| Transfer    | Transfer   | 882  |
| Carbon      | Karbon     | 876  |
| Consumption | Tüketim    | 876  |

Tablo 3- En Çok Tekrar Eden İkili Kelime Grupları

|                       |                         | Cümle Sıklığı |
|-----------------------|-------------------------|---------------|
| Conversion Efficiency | Dönüşüm Verimliliği     | 470           |
| Photovoltaic Pv       | Fotovoltaik Pv          | 428           |
| Power Generation      | Enerji Üretimi          | 379           |
| Fossil Fuel           | Fosil Yakıt             | 316           |
| Power Plant           | Enerji Santrali         | 313           |
| Pv System             | Pv Sistemi              | 303           |
| Heat Transfer         | Isı Transferi           | 294           |
| Thermal Storage       | Termal Depolama         | 286           |
| Renewable Sources     | Yenilenebilir Kaynaklar | 270           |
| Exergy Efficiency     | Enerji Verimliliği      | 269           |
| Propose System        | Sistem Önermek          | 248           |
| Phase Change          | Faz Değişimi            | 225           |
| Band Gap              | Bant Aralığı            | 222           |
| Storage System        | Depolama Sistemi        | 209           |
| Hydrogen Production   | Hidrojen Üretimi        | 208           |
| Thermal Conductivity  | Isı İletkenliği         | 198           |
| Hybrid System         | Hibrit Sistem           | 186           |

|                         |                         |     |
|-------------------------|-------------------------|-----|
| Change Material         | Değişim Malzemesi       | 183 |
| Climate Change          | İklim Değişikliği       | 182 |
| Optical Property        | Optik Özellik           | 171 |
| Concentrate Power       | Konsantre Güç           | 171 |
| Temperature Degrees     | Sıcaklık Dereceleri     | 169 |
| Maximum Power           | Maksimum Güç            | 166 |
| Water Splitt            | Su Ayırma               | 165 |
| Power System            | Güç Sistemi             | 165 |
| Thin Film               | İnce Film               | 163 |
| Photovoltaic System     | Fotovoltaik Sistem      | 161 |
| Visible Light           | Görünür Işık            | 157 |
| Flow Rate               | Akış Hızı               | 156 |
| Light Absorption        | Işık Emilimi            | 151 |
| Sustainable Development | Sürdürülebilir Kalkınma | 151 |
| Power Output            | Güç Çıkışı              | 141 |
| Neural Network          | Sinir Ağı               | 138 |
| Rankine Cycle           | Rankine Döngüsü         | 136 |
| Hot Water               | Sıcak Su                | 136 |
| Carbon Dioxide          | Karbondioksit           | 135 |
| System Performance      | Sistem Performansı      | 134 |

|                        |                     |     |
|------------------------|---------------------|-----|
| Photovoltaic Panel     | Fotovoltaik Panel   | 131 |
| Thermal Efficiency     | Termal Verimlilik   | 131 |
| System Design          | Sistem Tasarımı     | 129 |
| Electricity Generation | Elektrik Üretimi    | 124 |
| Integrate System       | Sistem Entegrasyonu | 123 |
| Pv Panel               | Pv Panel            | 121 |
| System Base            | Sistem Tabanı       | 121 |
| Greenhouse Gas         | Sera Gazı           | 117 |
| Electron Microscopy    | Elektron Mikroskobu | 115 |
| Fuel Cell              | Yakıt Hücresi       | 114 |
| Environmental Impact   | Çevresel Etki       | 114 |
| Current Density        | Akım Yoğunluğu      | 114 |
| Power Conversion       | Güç Dönüşümü        | 110 |

Tablo 3- En Çok Tekrar Eden Üçlü Kelime Grupları

|                                    |                                | Cümle Sıklığı |
|------------------------------------|--------------------------------|---------------|
| Phase Change Material              | Faz Değişim Malzemesi          | 182           |
| Photovoltaic Pv System             | Fotovoltaik Pv Sistemi         | 118           |
| Organic Rankine Cycle              | Organik Rankine Döngüsü        | 107           |
| Power Conversion Efficiency        | Güç Dönüştürme Verimliliği     | 106           |
| Scann Electron Microscopy          | Tarama Elektron Mikroskobu     | 84            |
| Concentrate Power Csp              | Konsantre Güç Csp              | 83            |
| Parabolic Trough Collector         | Parabolik Oluk Toplayıcı       | 81            |
| Greenhouse Gas Emission            | Sera Gazı Emisyonu             | 78            |
| Heat Transfer Fluid                | Isı Transfer Sıvısı            | 71            |
| Density Functional Theory          | Yoğunluk Fonksiyonel Teorisi   | 64            |
| Artificial Neural Network          | Yapay Sinir Ağı                | 59            |
| Thermal Storage System             | Termal Depolama Sistemi        | 58            |
| Maximum Power Track                | Maksimum Güç İzi               | 57            |
| Change Material Pcm                | Malzeme Pcm Değiştirmek        | 55            |
| Mas Flow Rate                      | Mas Akış Hızı                  | 54            |
| Rankine Cycle Orc                  | Rankine Döngüsü Ork            | 54            |
| Photothermal Conversion Efficiency | Fototermal Dönüşüm Verimliliği | 48            |

|                                  |                                   |    |
|----------------------------------|-----------------------------------|----|
| Overall Exergy Efficiency        | Genel Ekserji Verimliliği         | 46 |
| Change Material Pcms             | Malzeme Pcms Değiştirmek          | 46 |
| X-Ray Diffraction Xrd            | X-Işını Kırınımı Xrd              | 44 |
| Carbon Dioxide Emission          | Karbondioksit Emisyonu            | 42 |
| Transmission Electron Microscopy | Transmisyon Elektron Mikroskobu   | 42 |
| Surface Plasmon Resonance        | Yüzey Plazmon Rezonansı           | 39 |
| Neural Network Ann               | Sinir Ağı Ann                     | 38 |
| Dye-Sensitize Cell Dssc          | Boya Duyarlılaştırıcı Hücre Dssc  | 38 |
| Band Gap Ev                      | Bant Aralığı Ev                   | 37 |
| Differential Scann Calorimetry   | Diferansiyel Tarama Kalorimetrisi | 37 |
| Flat Plate Collector             | Düz Plaka Toplayıcı               | 36 |
| Electron Microscopy Sem          | Elektron Mikroskobu Sem           | 36 |
| Photovoltaic Pv Panel            | Fotovoltaik Pv Panel              | 35 |
| Heat Transfer Coefficient        | Isı Transfer Katsayısı            | 34 |
| Power Generation System          | Güç Üretim Sistemi                | 34 |
| Life Cycle Assessment            | Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi     | 34 |
| Concentrate Power Plant          | Konsantre Enerji Santrali         | 34 |
| Hydrogen Evolution Reaction      | Hidrojen Evrim Reaksiyonu         | 32 |
| Geographic İnformation System    | Coğrafi Bilgi Sistemi             | 32 |
| Sustainable Development Goal     | Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi    | 32 |



|                                |                                     |    |
|--------------------------------|-------------------------------------|----|
| Cooling Power                  | Soğutma Isı Gücü                    | 31 |
| Engineered Equation Solver     | Engineered Denklemleri Çözücü       | 30 |
| Evacuate Tube Collector        | Tahliye Tüp Toplayıcı               | 29 |
| Proton Exchange Membrane       | Proton Değişim Zarı                 | 28 |
| Levelize Cost Electricity      | Elektrik Maliyetini Seviyelendirmek | 28 |
| Thermal Storage System         | Termal Depolama Sistemi             | 28 |
| Fossil Fuel Consumption        | Fosil Yakıt Tüketimi                | 27 |
| Photovoltaic Power Plant       | Fotovoltaik Enerji Santrali         | 24 |
| Emission Scanning Electron     | Emisyon Tarama Elektronu            | 24 |
| Wide Band Gap                  | Geniş Bant Aralığı                  | 23 |
| Battery Storage System         | Pil Depolama Sistemi                | 23 |
| Dye Sensitized Cell            | Boyaya Duyarlı Hücre                | 22 |
| Effective Thermal Conductivity | Etkili Isı İletkenliği              | 21 |

## SONUÇLAR VE STRATEJİ ÖNERİLERİ

Enerji, fiyatına bakılmaksızın ülkelerin karşılamak zorunda olduğu bir ihtiyaçtır. Bu zorunluluk ülkelerin maliyeti daha düşük olan fosil yakıtları tercih etmesine sebep olmaktadır. Ancak bilindiği üzere maliyet avantajının yanı sıra fosil yakıt kullanımının dezavantajları da bulunmaktadır. Fosil yakıtların kullanılması sonucunda atmosfere salınan karbon gazı miktarı çok fazladır ve bu durum çok ciddi anlamda çevre kirliliğine yol açmaktadır. Etkilerini bugün bile görebildiğimiz bu durumun uzun vadede birçok canlının hayatı tehlikeye atacağı öngörülmektedir.

Bu problemin çözümlerinden biri yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaşmasını sağlamasıdır. Yenilenebilir enerji güneş ve rüzgâr gibi doğal kaynaklardan enerji üretilmesi anlamına gelmektedir. Havaya salınan karbon gazının minimum seviyelere indirilmesi gibi avantajları bulunan yenilenebilir enerjiler çevre dostu enerji türü olarak kabul edilmektedir. Yenilenebilir enerji türlerinin bir diğer avantajı ise ülkelerin kendi enerjilerini kendilerinin üretebiliyor olmasıdır. Bahsi geçen bu durum ülkelerin enerji konusunda dışa bağımlılığını azaltmaktadır. Güneş enerjisi en popüler yenilenebilir enerji türlerinden biridir. Güneş enerjisi, güneşten gelen ışınların değerlendirilerek elektrik üretilmesi anlamına gelmektedir. Öte yandan, yenilenebilir enerji yatırımlarının bazı olumsuzlukları da mevcuttur. Örneğin, bu tür yatırımlarda başlangıç maliyeti çok yüksektir. Bu durum yatırımcılara ciddi anlamda finansal problemler doğurmaktadır.

Bu çalışmada makalelerde yer alan güneş enerjisi ve yatırım sorunları üzerine inceleme yapıp, güneş enerjisi yatırımlarının arttırılabilmesi için en etkin stratejilerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Güneş enerjisi yatırımlarının arttırılmasında en fazla rol oynayan unsurlar incelenip, bu unsurlarla ilgili çözüm önerileri sunulacaktır. Bu amaçla 2869 adet makale tespit edilmiş ve elde edilen bu makalelerin özet bölümleri kullanılarak veri madenciliği analizi yapılmıştır. Söz konusu makalelerin özet kısımlarında en fazla geçen ikili kelimeler ve üçlü kelimeler belirlenmiştir. Öne çıkan bu kelime grupları sayesinde güneş enerjisi yatırımları için önem arz eden faktörler belirlenmeye çalışılmıştır. KNİME programının N-gram uygulaması kullanılarak yapılan veri madenciliği sonucunda en çok tekrar eden tek kelimeler (Tablo 2), en çok tekrar eden ikili kelimeler (Tablo 3) ve en çok tekrar eden üçlü kelimeler (Tablo 4) tespit edilmiştir.

Bu kelime gruplarının içerikleri dikkate alınarak güneş enerjisi yatırımcıları için etkin stratejilerin belirlenmesi mümkündür. Tablolarda da görüldüğü üzere; son yedi yılda yayınlanmış makalelerde çoğunlukla enerji depolama ve enerji verimliliği üzerinde durulduğu gözlenmiştir. Analiz sonucuna dayanarak, yenilenebilir enerji yatırımlarının ve bilhassa güneş enerjisi yatırımlarının artmasının önündeki en büyük iki engelin yüksek maliyet ve teknolojik altyapı eksikliği olduğunu söyleyebiliriz. Güneş enerjisi yatırımlarının artırılması için maliyetlerin azaltılması ve teknolojiye yatırım yapılması gerektiği görülmektedir. Enerjinin depolanabilmesi veya daha verimli yani daha az maliyetli bir şekilde üretilebilmesi için yatırımcıların teknolojik yatırımlara önem vermesi gerekmektedir. Teknolojik yatırımların artırılması dolaylı olarak maliyetleri de azaltacaktır.

Güneş enerjisi yatırımlarının önündeki engellerin aşılabilmesi için önerilecek stratejiler; akademik çalışmalar, devlet politikaları ve yatırım stratejileri olmak üzere üç temel başlıkta özetlenebilir. Analiz sonuçlarında da görüleceği üzere güneş enerjisi yatırımları ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle maliyet ve verimliliği konu almaktadır. Bunun bir adım ötesi olarak değerlendirebileceğimiz ve üretilen enerjinin daha sonra kullanılmak üzere muhafaza edilmesini sağlayacak enerji depolama teknolojileri ile ilgili çalışmalar yapmak literatüre önemli ölçüde katkı sağlayacaktır. Yenilenebilir enerji alanında akademik çalışma yapanların veya yapacak olanların literatüre bu alanda katkı sağlaması yenilenebilir enerjilerin artırılmasına yardımcı olacaktır. Güneş enerjisi yatırımlarının artırılmasında devletlerinde rolü çok büyüktür. Yüksek başlangıç maliyetleri ve güneş panellerinin kurulması için gereken uygun alanların tahsisi vb. gibi güçlükler yatırımcıların güneş enerjisi yatırımlarına olan yönelimini törpülemektedir. Devletlerin uygun arazi temini, vergi muafiyeti ve çeşitli teşviklerle yatırımcıyı rahatlatıcı politikalar benimsemesi güneş enerjisi yatırımlarının artmasını sağlayacaktır.

Tüm bunların yanı sıra yatırımcıların da bu sektörü geliştirmek için üzerlerine düşeni yapmaları gerekmektedir. Güneş enerjisi projeleri yüksek teknoloji gerektiren projelerdir. Bu projeleri hayata geçirmek için kullanılacak teknolojiye sahip olunması gerekmektedir. Güneş enerjisi teknolojilerinin doğrudan başka bir ülkeden temini enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için çıkılan yolda teknoloji bağımlılığına dönüşecektir. Bunun önüne geçilmesi için bu teknolojileri öğrenebilecek, geliştirebilecek, desteğini ve hizmetini verebilecek personel yetiştirilmesi elzemdir. Yatırımcıların, teknolojiye ve kalifiye personel yetiştirmeye

yapacakları yatırımlar sadece güneş enerjisi yatırımlarını artırmakla kalmayacak, uzun vadede hem enerjide hem de teknolojide dışa bağımlılığı minimuma indirecektir.

Temel olarak bu çalışmada güneş enerjisi yatırımlarının artırılabilmesi için hangi stratejik hedeflerin belirlenmesi gerektiği incelenmiştir. Güneş enerjisi teknolojileri, dünya çapında köklü ve popüler teknolojiler haline gelmiştir. Güneş enerjisi alanında yapılacak yatırımların ve gelişen güneş enerjisi teknolojilerinin yakın gelecekte çok daha fazla yatırımcının ilgisini çekmesi beklenmektedir. Sadece son yedi yılın verilerinin çalışma kapsamına alınmış olması bu çalışmanın kısıtıdır. Bu sebeple ileriki çalışmalarda güneş enerjisi yatırımlarının nasıl artırılacağına yönelik daha kapsamlı çalışmalar yapılması önem arz etmektedir.



## KAYNAKÇA

- A. Evans , V. Strezov , TJ Evans. (2011). Optimization methods applied to renewable and sustainable energy: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Al-Shahri, O. A., Ismail, F. B., Hannan, M. A., Lipu, M. H., Al-Shetwi, A. Q., Begum, R. A., ... & Soujeri, E. (2021). Solar photovoltaic energy optimization methods, challenges and issues: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 284, 125465.
- Aziz, A. S., Tajuddin, M. F. N., Zidane, T. E. K., Su, C. L., Mas'ud, A. A., Alwazzan, M. J., & Alrubaie, A. J. K. (2022). Design and Optimization of a Grid-Connected Solar Energy System: Study in Iraq. *Sustainability* 2022, 14, 8121.
- Boamah, F. (2020). Desirable or debatable? Putting Africa's decentralised solar energy futures in context. *Energy Research & Social Science*, 101390.
- Bulut, U., & Muratoglu, G. (2018). Renewable energy in Turkey: Great potential, low but increasing utilization, and an empirical analysis on renewable energy-growth nexus. *Energy Policy*, 240-250.
- Catolico, A. C. C., Maestrini, M., Strauch, J. C. M., Giusti, F., & Hunt, J. (2021). Socioeconomic impacts of large hydroelectric power plants in Brazil: A synthetic control assessment of Estreito hydropower plant. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 151, 111508.
- Chiemelu, N. E., Anejionu, O. C., Ndukwu, R. I., & Okeke, F. I. (2021). Assessing the potentials of largescale generation of solar energy in Eastern Nigeria with geospatial technologies. *Scientific African*, 12, e00771.
- Christoforidis, T., Katrakilidis, C., Karakotsios, A., & Dimitriadis, D. (2021). The dynamic links between nuclear energy and sustainable economic growth. Do institutions matter?.

Progress in Nuclear Energy, 139, 103866.

Cousse, J. (2021). Still in love with solar energy? Installation size, affect, and the social acceptance of renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111107.

Creutzig, F., Agoston, P., Goldschmidt, J. C., & Pietzcker, R. (2017). The underestimated potential of solar energy to mitigate climate change. *Nature Energy*, 1-9.

Çolak, M., & Kaya, İ. (2017). Prioritization of renewable energy alternatives by using an integrated fuzzy MCDM model: A real case application for Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 840-853.

Deveci, K., & Güler, Ö. (2020). A CMOPSO based multi-objective optimization of renewable energy planning: Case of Turkey. *Renewable Energy*, 578-590.

Dicce, R., & Ewers, M. C. (2021). Solar labor market transitions in the United Arab Emirates. *Geoforum*, 54-64.

Diezmartínez, C. V. (2021). Clean energy transition in Mexico: Policy recommendations for the deployment of energy storage technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110407.

Ding, L., Shi, Y., He, C., Dai, Q., Zhang, Z., Li, J., & Zhou, L. (2021). How does satisfaction of solar PV users enhance their trust in the power grid? - Evidence from PPAPs in rural China. *Energy, Sustainability and Society*, 1-19.

Emirmahmutoglu, F., Denaux, Z., & Topcu, M. (2021). Time-varying causality between renewable and non-renewable energy consumption and real output: Sectoral evidence from the United States. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 149, 111326.

Fiore, K. (2006). Nuclear energy and sustainability: Understanding ITER. *Energy policy*, 34(17), 3334-3341.

- Gorjian, S., Calise, F., Kant, K., Ahamed, M. S., Copertaro, B., Najafi, G., ... & Shamshiri, R. R. (2021). A review on opportunities for implementation of solar energy technologies in agricultural greenhouses. *Journal of Cleaner Production*, 285, 124807.
- Grigoroudis, E., Kouikoglou, V. S., Phillis, Y. A., & Kanellos, F. D. (2021). Energy sustainability: a definition and assessment model. *Operational Research*, 21(3), 1845-1885.
- Guo, Y., Ming, B., Huang, Q., Wang, Y., Zheng, X., & Zhang, W. (2022). Risk-averse day-ahead generation scheduling of hydro–wind–photovoltaic complementary systems considering the steady requirement of power delivery. *Applied Energy*, 309, 118467.
- Ibrahim, R. L., Ajide, K. B., & Omokanmi, O. J. (2021). Non-renewable energy consumption and quality of life: Evidence from Sub-Saharan African economies. *Resources Policy*, 73, 102176.
- Jiang, W., & Martek, I. (2021). Political risk analysis of foreign direct investment into the energy sector of developing countries. *Journal of Cleaner Production*, 302, 127023.
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., & Kim, K. H. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 894-900.
- Kou, G., Yüksel, S., & Dinçer, H. (2022). Inventive problem-solving map of innovative carbon emission strategies for solar energy-based transportation investment projects. *Applied Energy*, 311, 118680.
- Lehtola, T., & Zahedi, A. (2019). Solar energy and wind power supply supported by storage technology: A review. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 25-31.
- Li, D., Guo, J., Zhang, J., Zhan, L., & Alizadeh, M. (2021). Numerical assessment of a hybrid energy generation process and energy storage system based on alkaline fuel cell, solar energy and Stirling engine. *Journal of Energy Storage*, 39, 102631.

- Lucas, H., Pinnington, S., & Cabeza, L. F. (2018). Education and training gaps in the renewable energy sector. *Solar Energy*, 449-455.
- Meijer, L. L. (2019). Barriers and drivers for technology commercialization by SMEs in the Dutch sustainable energy sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 114-126.
- Mohamad, F., Teh, J., & Lai, C. M. (2021). Optimum allocation of battery energy storage systems for power grid enhanced with solar energy. *Energy*, 223, 120105.
- Montoya-Duque, L., Arango-Aramburo, S., & Arias-Gaviria, J. (2022). Simulating the effect of the Pay-as-you-go scheme for solar energy diffusion in Colombian off-grid regions. *Energy*, 244, 123197.
- Mostafaiepour, A., Alvandimanesh, M., Najafi, F., & Issakhov, A. (2021). Identifying challenges and barriers for development of solar energy by using fuzzy best-worst method: A case study. *Energy*, 226, 120355.
- Murshed, M., Saboori, B., Madaleno, M., Wang, H., & Doğan, B. (2022). Exploring the nexuses between nuclear energy, renewable energy, and carbon dioxide emissions: The role of economic complexity in the G7 countries. *Renewable Energy*, 190, 664-674.
- O Jiankun, Y. Z. (2012). China's strategy for energy development and climate change mitigation. *Energy Policy* .
- Obaideen, K., AlMallahi, M. N., Alami, A. H., Ramadan, M., Abdelkareem, M. A., Shehata, N., & Olabi, A. G. (2021). On the contribution of solar energy to sustainable developments goals: Case study on Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park. *International Journal of Thermofluids*, 12, 100123.
- Okumus, I., Guzel, A. E., & Destek, M. A. (2021). Renewable, non-renewable energy consumption and economic growth nexus in G7: fresh evidence from CS-ARDL. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(40), 56595-56605.



- Peng, H.-C. (2018). Discussion of the Competitive Performance and Competitive Strategies of Solar PV Manufacturers. *DEStech Transactions on Economics, Business and Management*.
- Quitow, R., Huenteler, J., & Asmussen, H. (2017). Development trajectories in China's wind and solar energy industries: How technology-related differences shape the dynamics of industry localization and catching up. *Journal of Cleaner Production*, 123-133.
- Rabaia, M. K. H., Abdelkareem, M. A., Sayed, E. T., Elsaid, K., Chae, K. J., Wilberforce, T., & Olabi, A. G. (2021). Environmental impacts of solar energy systems: A review. *Science of The Total Environment*, 754, 141989.
- Raina, G., & Sinha, S. (2019). Outlook on the Indian scenario of solar energy strategies: Policies and challenges. *Energy Strategy Reviews*, 331-341.
- Rigo, P. D., Siluk, J. C. M., Lacerda, D. P., & Spellmeier, J. P. (2022). Competitive business model of photovoltaic solar energy installers in Brazil. *Renewable Energy*, 181, 39-50.
- Sakthivadivel, D., Balaji, K., Rufuss, D. D. W., Iniyar, S., & Suganthi, L. (2021). Solar energy technologies: principles and applications. In *Renewable-Energy-Driven Future* (pp. 3-42). Academic Press.
- Sampaio, P. G. (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. . *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 590-601.
- Semelane, S., Nwulu, N., Kambule, N., & Tazvinga, H. (2021). Evaluating available solar photovoltaic business opportunities in coal phase-out regions—An energy transition case of Steve Tshwete Local Municipality in South Africa. *Energy Policy*, 155, 112333.
- Seyfi, A., Asl, A. R., & Motevali, A. (2021). Comparison of the energy and pollution parameters in solar refractance window (photovoltaic-thermal), conventional refractance window, and hot air dryer. *Solar Energy*, 229, 162-173.

- Sindhu, S., Nehra, V., & Luthra, S. (2016). Recognition and prioritization of challenges in growth of solar energy using analytical hierarchy process: Indian outlook. *Proceedings of the ICE - Energy*, 332-348.
- Sirin, S. M., Uz, D., & Sevindik, I. (2022). How do macroeconomic dynamics affect small and medium-sized enterprises (SMEs) in the power sector in developing economies: Evidence from Turkey. *Energy Policy*, 168, 113127.
- Škvorc, P., & Kozmar, H. (2021). Wind energy harnessing on tall buildings in urban environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 152, 111662.
- Soltani, M., Kashkooli, F. M., Souri, M., Rafiei, B., Jabarifar, M., Gharali, K., & Nathwani, J. S. (2021). Environmental, economic, and social impacts of geothermal energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 140, 110750.
- Su, C., Wei, H., Wang, Z., Ayed, H., Mouldi, A., & Shayesteh, A. A. (2022). Economic accounting and high-tech strategy for sustainable production: A case study of methanol production from CO<sub>2</sub> hydrogenation. *International Journal of Hydrogen Energy*.
- Toth, F. L., & Rogner, H. H. (2006). Oil and nuclear power: Past, present, and future. *Energy Economics*, 28(1), 1-25.
- Van de Ven, D. J., Capellan-Peréz, I., Arto, I., Cazcarro, I., de Castro, C., Patel, P., & Gonzalez-Eguino, M. (2021). The potential land requirements and related land use change emissions of solar energy. *Scientific reports*, 11(1), 1-12.
- Wang, S., Li, W., Dincer, H., & Yüksel, S. (2019). Recognitive Approach to the Energy Policies and Investments in Renewable Energy Resources via the Fuzzy Hybrid Models. *Energies* 12, 43-56.
- Yadav, P., Davies, P. J., & Sarkodie, S. A. (2019). The prospects of decentralised solar energy home systems in rural communities: User experience, determinants, and impact of free solar power on the energy poverty cycle. *Energy Strategy Reviews*, 10024.

- Yasmeen, R., Tao, R., Jie, W., Padda, I. U. H., & Shah, W. U. H. (2022). The repercussions of business cycles on renewable & non-renewable energy consumption structure: Evidence from OECD countries. *Renewable Energy*, 190, 572-583.
- Yu, J., Tang, Y. M., Chau, K. Y., Nazar, R., Ali, S., & Iqbal, W. (2022). Role of solar-based renewable energy in mitigating CO<sub>2</sub> emissions: Evidence from quantile-on-quantile estimation. *Renewable Energy*, 182, 216-226.
- Z.B. Liang, C. Qu, D.G. Xia, R.Q. Zou, Q. Xu. (2020). Metal–organic frameworks as a platform for clean energy applications. *EnergyChem*.
- Zafar, M. W., Sinha, A., Ahmed, Z., Qin, Q., & Zaidi, S. A. H. (2021). Effects of biomass energy consumption on environmental quality: the role of education and technology in Asia-Pacific Economic Cooperation countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 142, 110868.
- Zhang, S., Chen, Y., Liu, X., Yang, M., & Xu, L. (2017). Employment effects of solar PV industry in China: A spreadsheet-based analytical model. *Energy Policy*, 59-65.
- Zhang, Y., Cheng, C., Yang, T., Jin, X., Jia, Z., Shen, J., & Wu, X. (2022). Assessment of climate change impacts on the hydro-wind-solar energy supply system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 162, 112480.
- Zhang, Y., Ren, J., Pu, Y., & Wang, P. (2020). Solar energy potential assessment: A framework to integrate geographic. *Renewable Energy an International Journal*, 577-586.
- Zhou, P., Luo, J., Cheng, F., Yüksel, S., & Dinçer, H. (2021). Analysis of risk priorities for renewable energy investment projects using a hybrid IT2 hesitant fuzzy decision-making approach with alpha cuts. *Energy*, 224, 120184.