



**İSKENDERUN TEKNİK**  
ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK  
LİSANS  
TEZİ**

**TÜRKİYE YENİLENEBİLİR  
ENERJİ DİRENÇLİLİĞİNİN  
İNCELENMESİ**

**Mustafa Yüksel ÇINAR**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**ARALIK 2021**



# TÜRKİYE YENİLENEBİLİR ENERJİ DİRENÇLİLİĞİNİN İNCELENMESİ

**Mustafa Yüksel ÇINAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ARALIK 2021**

Mustafa Yüksel ÇINAR tarafından hazırlanan “TÜRKİYE YENİLEBİLİR ENERJİ DİRENÇLİLİĞİNİN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Suha Orçun MERT

Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

**Başkan:** Prof. Dr. Yavuz ÖZÇELİK

Kimya Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Hakan DEMİR

Mekatronik Mühendisliği Bölümü, İskenderun Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

.....

Tez Savunma Tarihi: 29/12/2021

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

## ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülediğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
  - Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
  - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
  - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
  - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
  - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mustafa Yüksel ÇINAR

29/12/2021

TÜRKİYE YENİLENEBİLİR ENERJİ DİRENÇLİLİĞİNİN İNCELENMESİ  
(Yüksek Lisans Tezi)

Mustafa Yüksel ÇINAR

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Aralık 2021

ÖZET

Bu çalışmada Enerji Bakanlığı Enerji Atlasları verileri vasıtası ile Türkiye’de il bazında her bir yenilenebilir enerji kaynağının potansiyel miktarı belirlenmeye çalışılmış ve her bir enerji tipi için Türkiye enerji potansiyelleri haritası oluşturulmuştur. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)’nun Ocak 2021 enerji tüketim verileri ışığında bu potansiyellere karşılık her bir enerji tipi için enerji dirençliliği hesaplanmıştır. Hesaplanan dirençliliklerin alt ve üst sınırları arasında yapılan korelasyon ile yeni ve özgün bir endeks olan Türkiye Enerji Dirençlilik Endeksi (EDE) oluşturulmuş ve kentlere göre 1-7 değerleri arasında puanlanmıştır.

Yapılan çalışma ile ülkenin var olan enerji dinamiklerinin olumsuz bir koşulda ya da yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel ısınma, mevsimsel değişimler ile ne ölçüde etkilenebileceği ve bu değişimler karşısında hayatta kalma olanakları da ortaya çıkacaktır. Nüfus ve sanayide yayılma dürtüsü, %64’lük bir oranla çalışmanın sonuçlarından görülmektedir. Türkiye’deki şehirler dirençlilik endeksine 1 ile 3 arasında enerji direncine sahipken, şehirlerin sadece %3.7’si EDE’nin 7. seviyesindedir. Türkiye’de karşılaşılan entegrasyon sorunlarının bir sonucu olarak yenilenebilir enerji değişkenlerinin mevcut payına göre ülke genelinde yenilenebilir enerjiye bağımlılık ve dirençlilik faktörü düzeyi ikinci sırada yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler : Dirençlilik, yenilenebilir enerji, enerji yönetimi

Sayfa Adedi : 43

Danışman : Doç. Dr. Suha Orçun MERT

# INVESTIGATION OF TURKEYS RENEWABLE ENERGY RESILIENCE

(M. Sc. Thesis)

Mustafa Yüksel ÇINAR

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY

INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

December 2021

## ABSTRACT

In this study, the potential amount of each renewable energy source on a provincial basis in Turkey was tried to be determined by means of the Energy Atlas data of the Ministry of Energy and a map of Turkey's energy potentials was created for each energy type. In the light of January 2021 energy consumption data of the Energy Market Regulatory Authority (EMRA), energy resistance was calculated for each energy type against these potentials. The Turkish Energy Resilience Index (EDE), a new and unique index, was created with the correlation between the lower and upper limits of the calculated resistivities and scored between 1-7 according to the cities.

The study will reveal the extent to which the existing energy dynamics of the country can be affected by a negative condition or the renewable energy resources with global warming, seasonal changes, and the possibilities of survival in the face of these changes. The impulse to spread in population and industry is seen from the results of the study with a rate of 64%. Cities in Turkey have a resilience index between 1 and 3 with energy resistance, while only 3.7% of cities are at level 7 of the EDE. As a result of the integration problems encountered in Turkey, according to the current share of renewable energy variables, the level of dependence on renewable energy and resilience factor ranks second throughout the country.

Key Words : Resilience, renewable energy, energy management

Page Number : 43

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Suha Orçun MERT

## TEŐEKKÖR

Bu alıőmanın ortaya ıkmasında, őekillenmesinde ve tamamlanmasında ok önemli katkıları bulunan danıőman hocam Do. Dr. Suha Orçun MERT baőta olmak üzere, tez çalıőmam sűresince yardım ve desteğini esirgemeyen aileme, değerli kardeőlerim Ali Bayram Doėan, Mehmet Ali Boz ve Muhammed Said Yılmaz'a çok teőekkűr ederim.



## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER .....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. ENERJİ TANIMI VE ENERJİ KAYNAKLARI.....	2
2.1. Enerji Kaynakları .....	4
2.1.1. Birincil enerji kaynaklar.....	4
2.1.2. Yenilenebilir enerji kaynakları.....	9
2.1.3. İkincil enerji kaynakları .....	15
2.1.4. Nükleer enerji .....	16
3. TÜRKİYE’DE YENİLEBİLİR ENERJİ.....	17
4. ENERJİ DİRENCİ VE NEDENLERİ .....	19
4.1. Sosyal ve Ekonomik Nedenler .....	20
4.2. Çevresel Nedenler .....	21
4.2.1. Enerji-çevre ilişkisi .....	21
4.2.2. Enerjinin ve insan sağlığına etkileri.....	22
4.3. Kentsel Dirençlilik .....	25
5. TÜRKİYE’DE YENİLEBİLİR ENERJİ DİRENÇLİLİĞİ.....	27
5.1. Şehirlerin Verileri ve Coğrafi Özellikleri .....	28



**Sayfa**

6. SONUÇ..... 38

KAYNAKLAR..... 40



## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Ocak 2021 yenilenebilir enerji üretimi miktarı ve üretimdeki yüzdelik değeri .....	18
Çizelge 5.1. Şehirlerin enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji değerleri.....	32
Çizelge 5.2. Şehirlerin enerji direnci sınırları ve seviyeleri.....	37



## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Enerji kaynakları terminolojisi.....	2
Şekil 5.1. Türkiye’de kullanılan enerjinin şehirselle olarak dağılımı.....	29
Şekil 5.2. Türkiye’deki şehirlerin potansiyel güneş enerjisi kapasiteleri .....	30
Şekil 5.3. Türkiye’deki şehirlerin potansiyel rüzgâr enerjisi kapasiteleri .....	31
Şekil 5.4. Türkiye’deki şehirlerin potansiyel biyoenerji kapasiteleri .....	31
Şekil 5.5. Türkiye’deki illerin enerji dirençliliği değeri .....	35
Şekil 5.6. Türkiye’deki illerin enerji dirençlilik endeksi .....	36

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Simgeler

### Açıklamalar

**CH<sub>4</sub>**

Metan

**C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>**

Etan

**C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>**

Propan

**C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>**

Bütan

**N<sub>2</sub>**

Azot

**O<sub>2</sub>**

Oksijen

**CO<sub>2</sub>**

Karbondioksit

**H<sub>2</sub>S**

Hidrojen Sülfür

**He**

Helyum

### Kısaltmalar

### Açıklamalar

**BIYO**

Biyoenerji Sistemleri

**EPDK**

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

**GES**

Güneş Enerjisi Sistemleri

**LNG**

Sıvılaştırılmış doğal gaz

**NCR**

Yanıcı olmayan yenilenebilirler

**RES**

Rüzgar Enerji Sistemler

## 1. GİRİŞ

Enerji, insanlık tarihi boyunca ateşin bulunmasından nükleer enerji üretimine kadar her daim üretilmeye açık tüketilmeye elverişli bir ihtiyaç olmuştur. İnsan hayatının her aşamasında muhakkak bir çeşidi ile karşılaşmak söz konusudur. Özellikle sanayi deviminden sonraki süreçte insanlar için vazgeçilmez bir ihtiyaç haline dönüşmüştür. Kullanılan her bir araçta her bir alanda daha fazla çeşidine ve daha verimli çeşidine ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Günümüzde uluslararası ilişkiler sisteminde siyasi ve ekonomik gelişmelere yön veren bir hale gelen enerji kaynakları, Dünya devletlerinin enerji tüketimin üretiminden fazla olması nedeni ile fosil enerji rezervleri ciddi oranda azalma yaşamış ve bu hızda devam edildiği takdirde rezervlerin sonunun gelmesi kaçınılmaz görülmektedir.

Günümüzde dünya üzerinde üretilen enerjinin %84'ü, toplam dünya nüfusunun %30'unu oluşturan ancak ekonomi ve endüstri bakımından zengin olan ülkeler tarafından tüketilmektedir. Anlık olarak dünya enerji tüketim oranı aynı şekilde ederse ve nüfus artışı aynı derece de artmaya devam ederse petrol ve doğal gaz rezervlerinin 45-50 yıl, kömür rezervlerinin ise en fazla 200 yıl dayanabileceği tahmin edilmektedir. Nüfus bazlı yapılacak olan bir varsayımına göre ülkeler ihtiyacı olan enerji miktarından kat kat fazlasını talep etmektedirler. Rusya ve Avrupa dünya nüfusunun %21'ini oluşturmasına rağmen enerji tüketim oranı yaklaşık olarak %43'tür. ABD ise dünya nüfusunun ancak %6'sını oluşturmasına rağmen üretilen enerjinin %32'sinden fazlasını tüketmektedir. Dünya üzerinde nüfus ve ekonomik açıdan az gelişmiş ülkelerin geneli ise dünya nüfusunun %20'sini oluştururken talep ettikleri enerji miktarı ise %1'dir.

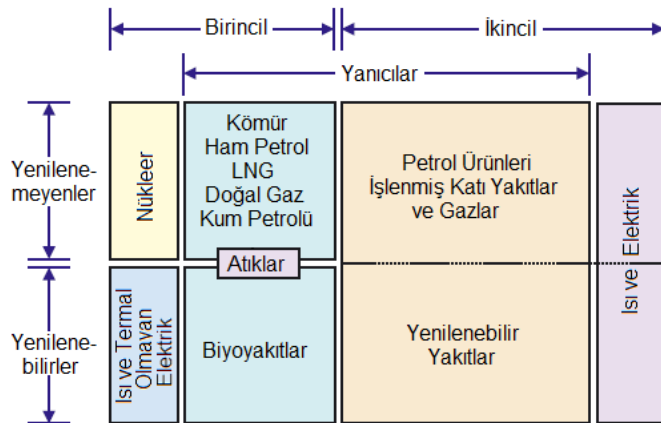
Dünyanın devamlılığını koruyan ve sürdürülebilir özellikleri olan enerji çeşitlerine ihtiyaç duyduğu hiç şüphesiz gözle görülür bir hal almaya başlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları dünya var olduğu sürece devamlılığını koruyacak olan kaynaklardır. Türkiye'de son yıllarda yatırım konusunda büyük bir pay sahibi olan yenilenebilir enerji kaynakları hızlı bir şekilde ülkemizin her alanında kullanılmaya başlaması gerekmektedir. Bu enerji çeşidinin taliplileri olduğu gibi, yenilenebilir enerji kaynaklarına etki eden birçok faktör bulunmaktadır. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarına etki eden faktörleri ve bu faktörler karşısında göstermiş olduğu verimliliği bu faktörlere karşı nasıl bir altyapısal çözüm ürettiği ve ne gibi dirençleri bulunmaktadır bunların çözümlerini ele alacağız.

## 2. ENERJİ TANIMI VE ENERJİ KAYNAKLARI

Yakıt, yakma işlemi neticesinde reaksiyon sonucunda meydana gelen ısı veya gücün kaynağı olabilecek herhangi bir madde olarak tanımlanıp aynı zamanda bilinmektedir. Isı, herhangi bir maddenin içindeki karbon ve hidrojenin yakma reaksiyonu sonucunda oksijenle birleşmesiyle elde edilmektedir. Yakma işlemi sonrasında elde edilen enerji çeşitlerine göre, kullanılan malzemenin cinsine ve yakma reaksiyonun mekanik veya elektrik formda olması duruma bağlı olarak ısı veya güç elde edilmesinden dolayı bu enerji çeşitleri ayrıca 'enerji kaynağı' olarak tanımlanır. Enerji, bir iş yapma kapasitesi olarak tanımlanmakta ve ısı enerjisi, ışık (radyant) enerjisi, mekanik enerji, elektrik enerjisi, kimyasal enerji ve nükleer enerji gibi, değişik formlarda karşımıza çıkmaktadır [1].

Enerji kaynakları temel olarak Şekil 2.1.' de görüldüğü üzere birincil enerji kaynakları ve ikincil enerji kaynakları olarak iki başlık altında toplanmaktadır. Birincil enerji; petrol, doğal gaz, kömür gibi yeryüzünde kaynaklarından direk elde edilen veya bu kaynakların çeşitleri reaksiyonları sonucu alınan enerjidir. Birincil enerji kaynakları: petrol, kömür, linyit, doğal gaz, nükleer enerji yakıtları (uranyum ve toryum), hidrolik, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, dalga gücü, odun olarak sayılmaktadır.

Enerji veren bütün maddeler, birincil enerji değildir. Birincil veya ikincil enerjilerin çeşitleri enerji formlarına dönüştürülmesiyle üretilen enerjiler, ikincil enerjilerdir. Örneğin petrolün reaksiyonları sonucunda üretilen elektrik enerjisi, ham petrolden petrol ürünleri, kömürden kok kömürü ve odundan odun kömürü vb. ürünler ikincil enerji olarak gruplandırılmaktadır. Ayrıca, elektrik enerjisini elde edebilmek için ayrıca hammadde olarak kömür gazı, biyogaz, sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) kullanılmaktadır [2]-[3].



Şekil 2.1. Enerji kaynakları terminolojisi

Hem elektrik hem de ısı enerjisi, kullanılan malzeme ve üretim yöntemine bağılı olarak birincil veya ikincil formda üretilebilir. Birincil ısı, güneş panelleri, jeotermal rezervuarlar gibi doğal kaynaklardan elde edilerek, toplumun enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla yeni bir enerji olarak sunulmaktadır. İkincil ısı ise; kombine ısı ve enerji üretim tesislerinde doğadan elde edilen enerji kaynaklarının işlenerek elde edilmesidir.

Enerji kaynakları, yapılan işlemler sonucunda elde edilen veyahut kaynağının sürdürülebilirliğine bağılı olarak yenilenebilir ve yenilenemeyen (veya tükenebilir) kaynaklar adı altında gruplaştırılmaktadır. Yenilenebilir enerji, sürekliliğı olan dönüşümlü bir şekilde kullanılabilen ve teorikte sınırsız kaynağı bulunduran enerji türüdür. Örneğın güneş enerjisi, kaynağı Dünya var olduğı sürece ısı ihtiyacını karşıladığı güneşten gelir ve elektriğe veya ısı enerjisine dönüştürülebilir; Rüzgâr enerjisi, yer altı kaynaklarından elde edilen jeotermal enerji, bitki ve hayvan atıklarından elde edilen biyokütle ve akarsular-denizlerden dalga gücü ile elde edilen hidro-gücü de yenilenebilir enerji grubunda değerlendirilmektedir. Yenilenebilir enerji, tüketilen enerji miktarının ve karşılığında ihtiyaç duyulan enerji miktarının kısa sürede yerine üretilen enerji olarak tanımlanmaktadır [4].

Yenilenebilir enerji kaynakları da kendi içersinde hidro (su) kaynaklı olan ve hidrolik kaynaklı olmayan (Non-hidro) olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları bunun dışıında yanıcı olanlar ve yanıcı olmayanlar diye iki gruba da ayrılmaktadır. Yanıcı olmayan (Non-combustible renewables-NCR) yenilenebilir enerji kaynakları; jeotermal, güneş enerjisi ve rüzgâr gücü ve yanıcı olanlar odun kömürü, odun ve evsel katı atıklar olarak sınıflandırılmaktadır.

Yenilenemeyen enerji veya tükenebilen enerji, fosil yakıtlar olarak tanımlanan ve yeryüzünde kapasiteleri sınırlı olan, tüketildikten sonra yeniden kullanılması mümkün olmayan enerjidir. Fosil yakıtlar olarak bilinen petrol, kömür ve doğal gaz yenilenemeyen enerji kaynaklarıdır. Enerji, belirli bir zamanda ihtiyaç duyulan veya bir üretim için gerekli olan hammadde olmaktan ziyade, insanların günlük hayatlarını devam ettirebilmesi için süreklilik kazanan ve ihtiyacı daha da artmaya başlayan bu anlamda büyük bir önem kazanmaktadır. Yapılan akademik çalışmalar, enerji kavramını tanımlarken teknik tanımlamalardan farklı olarak enerji güvenliğı ve enerji güvenliğinin önemli bir boyutunu oluşturan sürdürülebilir enerji tanımının da yapılmaya başlandığını göstermektedir [2].

## 2.1. Enerji Kaynakları

İnsanoğlunun hayatında yaşam kaynağı olarak önemli bir noktada bulunan enerji kaynaklarının rezervleri dünya üzerinde dağılım açısından eşit bir grafik göstermemektedir. Fosil ya da yenilenebilir enerji kaynaklarının rezervlerinin bulunduğu bölgeler ülke ekonomilerine, dünya siyasetine ve üretim-ticaret dengelerine yön verecek kadar önemli bir yer olarak görülmektedir. Bu nedenle ilk öncelik olarak mevcut enerji kaynaklarının doğru kullanılması ve verilerinin iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Bu bölümde enerji kaynakları; birincil ve ikincil enerji kaynakları ve nükleer enerji olarak ele alınmıştır. Birincil enerji kaynakları ise kendi içinde, fosil yakıtlar ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak sınıflandırılmıştır.

### 2.1.1. Birincil enerji kaynakları

Birincil enerji kaynakları, belirli prosesler yardımıyla ortaya çıkarılan veya enerjiyi doğrudan insanların ihtiyaçları doğrultusunda hizmetlerine sunulan kaynaklardır. İnsanoğlunun hayatını idame ettirmesi enerji kaynaklarının güvenli bir şekilde kullanılması ve sürdürülebilirliğini koruması ile bağlantılı olduğu son yıllarda saklanamaz bir gerçek olarak göz önünde bulunmaktadır. Bunun neticesinde yeryüzünde bulunan enerjinin güvenli gibi bir problem ortaya çıkmaktadır. Petrol, doğal gaz ve kömür gibi hammaddelerin rezervlerinin tükenmesi, 'mutlak kıtlık' olarak ifade edilirken; var olan siyasî, sosyo-ekonomik veya teknik/teknolojik nedenlerle bunlara ulaşamama 'göreceli kıtlık' olarak ifade edilmektedir. Enerji ihtiyacının önemli bir kısmını ithal olarak sağlayan ülkeler göreceli enerji kıtlığı yaşayan ülkelerdir.

Fronde ve Schimith tarafından yapılan bilimsel çalışmalarda rezervlerin tükenmiş olması ihtimalinin bağlayıcı bir faktör olarak görülmediği konusunda önemli vurgular bulunmaktadır. Yaptıkları deneysel çalışmalarında hem yenilenemeyen hem de yenilenebilir enerji kaynaklarının arz risklerini, ithalat riskleri ve içerde üretilen diğer enerji kaynakları için var olan riskler olarak ikiye ayırmıştır. İhracatçı ülkenin petrol arzındaki rahatsızlığı, diğer fosil yakıtlarla ilgili yaşanan ekonomik, siyasî vb. diğer problemlerden kaynaklanabilmektedir. Örnek vermek gerekirse önemli ölçüde petrol ve gaz üreten ülke olarak İran, potansiyel siyasî çatışmalar nedeniyle ciddi petrol ve gaz kesintileri yaşanmasına sebep olmuştur [5].



## **Fosil yakıtlar**

Fosil yakıtlar başlığı altında, petrol, doğalgaz ve kömürün tarih sahnesinde yerlerinden, kullanıldıkları alanlardan ve bu alanlarda elde edilen ürünlerden bahsetmek mümkündür. Ayrıca bu enerji kaynaklarının ülkeler için neler ifade ettiği ya da ülkelerin bu enerji kaynaklarının açığını ne şekilde kapatmaya çalıştıkları ise ayrıca bir tartışma konusu olabileceği açık bir şekilde görülmektedir. Ülkelerin teknolojik altyapılarına ve üretim kapasitelerinin kalitelerine bağlı olarak, ayrıca ülke insanının hangi tür enerjiye yatkınlığı ya da ihtiyacı olduğunu belirleyerek ülkeler enerji ihracat ya da ithalatını o yönde gerçekleştirmektedir.

## **Petrol**

Dünya’da birincil enerji kaynağı olarak kullanılan fosil yakıtlar ve bu fosil yakıtlar arasında önemli bir yere sahip olan petrol, kömür ve doğal gaz en önemli enerji kaynağı olmaya devam etmektedir. Yüzyıllar önce insanlar tarafından bulunmuş ve insan hayatında kullanım yüzdesinde çok büyük bir pay sahibi olan, kullanım alanı çok çeşitli bir enerji türü olarak hala kullanılan bir doğal kaynaktır. Ancak petrolün iktisadi alanda geçerli bir ürün haline gelmesi, 1859 yılında ABD Pennsylvania’da ilk modern ve ticari amaçlı petrol kuyusunun açılmasıyla birlikte başlamıştır. Bu tarihten sonra petrol, ülkelerin enerji ihtiyacını karşılayan ve ülkelerin güç rekabeti, aralarında bulunan dengelerin sürekli olarak değişmesine sebep olan stratejik önemi yüksek bir kaynak haline gelmiştir. Dünya üzerinde küresel güç olma niteliğini oluşturan, ‘enerji ve ham madde üstünlüğünü elinde bulundurma’ fikri ortaya çıkmıştır.

Ülkeler, çeşitli projeler geliştirerek petrol kaynaklarına en güvenilir ve kısa yoldan ulaşmak ya da petrol kaynaklarının zengin olduğu bölgeleri kontrol altında tutmak için çeşitli yönetim şekilleri sergilemişlerdir. 20. yüzyılda Batılı güçlerin Orta Doğu’daki ekonomik ve siyasî hâkimiyet mücadelesinin odak noktasını oluşturan petrol kaynaklarına ulaşmaya yönelik senaryolar kapsamında Chester Projesi bir ilk olmuştur [6].

## **Doğal gaz**

Doğal gaz, yeraltında yüksek sıcaklık ve basınca maruz kalan bitki ve hayvan fosillerinin milyonlarca yıl içerisinde oluşturduğu bir gaz çeşididir. Doğalgazın bileşiminde, metan (%)

95, CH<sub>4</sub>) dışında, değişen oranlarda etan (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), bütan (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) gibi diğer bir çok hidrokarbon bulunur. Yeraltındaki doğal gazın yapısında ayrıca azot (N<sub>2</sub>), oksijen (O<sub>2</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) ve kısmen helyum (He) gazlarına rastlanır.

Doğal gaz havadan hafif olup herhangi bir rengi, kokusu ve nemi bünyesinde bulundurmeyen bir gazdır. Doğal gaz ile çalıştırılan bir sistem veya proseste kaçağın belirlenebilmesi için özel olarak katkı maddesi ile kokulandırılır. Bu amaçla THT (tetra hidro teofen) veya TBM (tersiyer bütül merkaptan) gibi bileşikler kullanılır. Doğalgazın herhangi bir zehirli özelliği bulunmamaktadır fakat belirli bir hacmi yüksek oranda doldurması neticesinde boğulma tehlikesi yaratmaktadır.

Doğalgaz kullanıldığında ve yanma tepkimesi gerçekleştiğinde yanma verimi yaklaşık olarak %93 civarındadır ve bu oran diğer yakıtlara göre yüksektir. Atık gazlar içerisinde karbondioksit (CO<sub>2</sub>) miktarı en düşük olan gaz türüdür. Bünyesinde karbondioksit miktarını az bulundurması küresel ısınma ve iklim değişikliklerine sebep olan “sera etkisini” minimum seviyelere çekmektedir. Sera gazlarının ana kaynağı sanayi faaliyetleri, dolayısıyla enerjidir. Enerji, karbon emisyonlarının temel belirleyicisi durumundadır ve üretim sürecini belirleyen ve devamlılığını sağlayan en önemli girdilerdendir. Çeşitli enerji türlerinin kullanılmasının farklı türlerde ve miktarlarda sera gazı salınımına neden olduğu bilinmektedir. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>)’in dışında, metan (CH<sub>4</sub>) ve diazot monoksit (N<sub>2</sub>O) enerji sektöründen yayılan güçlü sera gazlarıdır. CO<sub>2</sub> ile kıyaslandığında CH<sub>4</sub>’nın küresel ısınma potansiyeli 28-30 kat ve N<sub>2</sub>O’nin küresel ısınma potansiyeli 265 kat daha yüksektir (IRENA 2016) (bu etkiye yol açan gazların azaltılmasını amaçlayan Kyoto Protokolü 140’ı aşkın ülke tarafından imzalanmıştır). Doğal gaz, yanma reaksiyonu sonrasında herhangi bir zehirli bileşik oluşturmaz.

Rusya, dünyada doğal gaz rezervlerinin en fazla bulunduğu ülke olarak görülse de doğalgaz üretiminde ABD’nin ardından ikinci sırada yer almaktadır. Bu durum Rusya’nın elinde bulundurduğu doğalgaz rezervleri ile üretim kapasitesinin doğru bir şekilde yürütüldüğünü göstermektedir. ABD rezervi az olmasına karşın üretimin en yüksek olduğu ülke olarak, enerji talebinin de en yüksek olduğu yer olarak görülmektedir.

Doğal gazın ihracat yapılırken transfer edilmesi coğrafik açıdan birbirlerine komşu olan ülkeler arasında basınç uygulanarak gaz halinde boru hatlarıyla taşınırken, uzak ülkelere ise sıvı halde tanker ve gemilerle taşınmaktadır. Sıkıştırılmış doğal gaz hacimce 200 kat,

sıvılaştırılmış doğal gazın ise hacimce 600 kat daha az yer kaplaması taşınabilir özelliği açısından oldukça avantajlıdır.

Doğal gaz rezervinin yaklaşık olarak 150 trilyon m<sup>3</sup> düzeyinde olduğu bilinmektedir. Bu rezervlerin kullanılan kısmı olan %15'lik bölümün yaklaşık olarak dünya tüketimine 50-60 yıl yetebileceği tahmin edilmektedir.

## **Kömür**

Kömür, 18. yüzyıl sanayi devrimi ile sanayilerde üretim aşamasında ve ulaşımda kullanılacak olan buhar gücünün neticesinde başlıca tüketim maddesi haline gelmiş; ayrıyeten dünya nüfusunun artması sonucunda elektrik ihtiyacının karşılanması ve ısınma faaliyetinin paralel olarak ilerlemesi ile önemli bir rol haline gelmiştir. 20. yüzyıl başlarına kadar üretilen enerjinin kaynağı kömür iken, petrol tüketiminin hızla artması sonucu, 1960'lı yıllardan itibaren dünya enerji tüketiminde en büyük rol sahibi petrol olmuştur.

Ancak 1973 ve 1979 yıllarında yaşanan dünya petrol krizleri nedeniyle kendi coğrafyasında herhangi bir petrol rezervi bulunmayan ülkeler petrole olan bağımlılıklarını minimuma indirmek amacıyla, hem rezerv açısından yeterli hem de her alanda yaygın olarak kullanılabilen kömürün üretimini artırmaya, ayrıca yeni enerji kaynaklarının özellikle günümüzde bolca kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılıp geliştirilmesine büyük önem vermişlerdir.

2000 yılından bu yana, dünya kömür üretiminde gerçekleşen artış oranı, yaklaşık %40 olmuştur. Çin, dünya kömür üretiminin %38,4'ünü tek başına gerçekleştirmiştir. Dünya çapında gerçekleştirilen kömür üretiminin yıllar içerisinde büyük bir bölümünün tekelleşmeye başladığı görülmektedir. Dünya üretiminin yaklaşık %79'unu Çin, ABD, Hindistan, Avustralya, Rusya ve Güney Afrika gerçekleştirmektedir. Asya- Pasifik bölgesinde bulunan ülkeler kömür üretiminin %57 gibi büyük bir kısmını üretirken; Avrupa-Avrasya bölgesindeki ülkeler %20'lik kısmını ve Kuzey Amerika bölgesi ise %18'lik üretim kısmını oluşturmaktadır. Dünyada linyit üretiminin ise %75 gibi büyük bir çoğunluğu 9 ülkede gerçekleşmektedir. Bu ülkeler; Almanya, Rusya, ABD, Yunanistan, Avustralya, Türkiye, Polonya, Çek Cumhuriyeti ve Kanada olarak bilinmektedir.

Dünyada tüketilen elektrik enerjinin 1970 yılında %32 si kömür aracılığı ile elde edilirken yıllar itibarıyla fazla değişime uğramadığı görülmektedir. 2017 yılı sonunda %38 olarak

görülmektedir. Fosil yakıtlardan enerji elde edilirken kullanılan prosesler neticesinde çevreye verilen ve telafisi pek mümkün olmayan zarar, küresel ısınma problemleri ve bu kaynakların tükenilebilir oluşu, 1979 yılındaki ikinci petrol kriziyle birlikte üstünde daha fazla kafa yorulan ve kullanım alanı artırılmak istenilen nükleer enerjinin yeniden gündeme gelmesini sağlamıştır. Enerji elde edimi sırasında dünyanın doğal dengesine epeyce etki eden bu kaynaklar yerine enerji krizinin çözülebilmesi için hidroelektrik, rüzgâr, jeotermal, güneş, dalga, gel-git, biyoenerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları ve hidrojen enerjisi, yakıt pilleri gibi doğal yaşam alanına fosil yakıtlar kadar kötü yönde etki etmeyecek yeni enerji kaynaklarının kullanımına öncelik verilmektedir [7].

Kömür, kullanım yerlerine göre çeşitlilik ve üretilen maddenin cinsine tabi olunarak farklılık göstermektedir. Termik santrallerde elektrik üretmek için kullanılırken, sanayi sektöründe ve ısınma amaçlı olarak konutlarda ve taş kömüründen elde edilen kok kömürü demir-çelik sanayisinde (metalürji) malzeme kalitesi artırmak için kullanılmaktadır.

Elektrik enerji üretiminde verimliliğinin artırılması, birincil enerji kaynağı olan fosil yakıtların kullanımının azaltılması, küresel ısınma ve iklim değişikliğindeki problemler ile mücadele ve talep edilen enerjinin güvenli bir yol ile transfer edilmesi için önemli bir araçtır. Kömür üretimindeki artış, çok büyük kısmı Çin olmak üzere Asya kıtasındaki ülkelerin elektrik enerjisinin duyduğu ihtiyaçtan dolayı gerçekleşmektedir. Kömür tüketiminin ekonomik açıdan gelişen ülkelerde artmasının nedenleri, ekonomik büyümede basamak atlamaya çalışmaları, artan elektrifikasyon ve başta Avrupa birliği olmak üzere gelişmiş ülkelerin CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltmak için doğalgazı tercih etmeleridir [8]. Enerji üretiminde en çok kullanılan kömür türü olan linyitin ısı değerinin düşük olması, bünyesinde yüksek miktarda bulunan kükürt oksitler (SO<sub>x</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>) sebebi ile çevresel kirliliğe, sera etkisine ve dolayısıyla küresel ısınmaya yol açmaktadır.

Dünyada elektrik üretiminde kullanılan ve en yaygın biçimde kullanıldığı görülen kömürün tercih edilmesinin en büyük nedeni petrol ve doğal gaz rezervlerinin belirli bölgeler içerisinde toplanmış olmasıdır. Ayrıca bu elde edilen petrol ve doğal gazın ihracat aşamasında fiyatlarının her zaman değişiklik göstermesi de başlıca neden olarak sayılabilir. Elektrik üretiminde çok büyük bir yer tutan nükleer enerjinin atık sorunu ve kamuoyunun nükleer enerjiye yüksek tepki göstermesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının yatırım maliyetlerinin yüksek olması da tercihin kömürden yana olmasını etkilemektedir. Günümüzde elektrik üretiminde başlıca kaynak doğal gaz olarak kömürün yerini almaktadır.

Çevresel olarak kömürden daha az zararları bulunan doğal gaz hem iklim değışikleri hem de ucuz yakıt olarak görölmektedir. Tüm bu etmenlere rağmen elektrik üretiminde en yüksek payı 2030 yılına kadar kömürün elinde bulundurması öngörülmektedir.

### 2.1.2. Yenilenebilir enerji kaynakları

Dünyada 1960'larda bol ve ucuz enerji, teknolojik gelişmelerin hızlıca gerçekleşmesine olanak sağlarken ülke ekonomilerinin enerji kaynaklarına olan bağımlılıklarını da artırmıştır. 1970'li yıllardaki petrol krizleriyle gerçekleşen enerji maliyetlerinin artması; endüstrileşmiş ülkelerin, enerji politikalarını, '*ekonominin enerji ile olan ilişkisinin en aza indirilmesi yönünde geliştirerek değıştirmelerine*' neden olmuştur. Üretimi bakımından pahalı bir tüketim aracı olan enerjinin talep edilme güvenliliğini kısa vadede rasyonel kullanımı ve üretilen enerjinin tasarruflu bir şekilde kullanımı göz önüne alınmaktadır.

Dünyanın en büyük sorunlarında olan küresel ısınma neticesinde ve çevre kirliliğinin yarattığı faktörler göz önüne alındığında rüzgâr, güneş, jeo-termal, dalga ve biyoenerjide yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmaya başlanması artmaya devam etmektedir. Dünyada enerji sektöründe meydana gelen sorunlar, gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerin yenilenebilir enerjiye daha fazla önem vermesine neden olmuştur. Enerji arzının artması ve enerjideki güvenlik endişeleri; iklim değışikliği, çevre kirliliği ve toplumsal sağlık sorunları ve enerji yoksulluğunun neden olduğu sorunlar, yenilenebilir enerji yatırımlarına daha fazla önem verilmesine sebep olmuştur.

Yenilenebilir enerji kaynakları; sürekliliği olan, doğal olarak meydana gelen ve kendini yenileyebilen enerji kaynağı olarak ifade edilebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları yedi kısımda incelenebilir:

- Güneş Enerjisi
- Rüzgâr Enerjisi
- Jeotermal Enerji
- Biyokütle Enerjisi
- Hidroelektrik Enerjisi
- Hidrojen Enerjisi

- Deniz Kökenli (Gel-Git) Enerjisi.

### **Güneş enerjisi**

Güneş enerjisi, çekirdekte bulunan hidrojen gazı sayesinde elde edilen reaksiyonlar sonucunda bu gazların helyum gazına dönüşmesi sırasında oluşan ışıma kapasitesi ile açıklanabilir. Güneş enerjisinin şiddeti yaklaşık olarak sabit ve  $1370 \text{ W/m}^2$  değerindedir, fakat bu değer yeryüzüne ulaşması ile  $0-1100 \text{ W/m}^2$  değerleri arasında farklılıklar göstermektedir. Güneş yüzeyinde gerçekleşen bu reaksiyonlar neticesinde elde edilen enerjinin çok küçük bir kısmı bile insanların tüketmiş oldukları enerji miktarından kat ve kat fazladır.

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerde petrol krizinin yaşanması sonucunda hız kazanmış, güneş enerjisi sistemlerinin araştırılması teknolojik olarak ilerleme ve gerçekleştirilecek olan sistem maliyet bakımından düşüş göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir [9].

Güneş enerjisi, temel olarak Dünya yüzeyindeki konum, tarih ve gün içindeki zaman ile belirlenir. Bu faktörler güneş enerji panellerine gelecek olan ışınımın maksimum seviyesini belirleyebilir. Hayata geçirilen güneş enerjisi tarlalarında panellerin en iyi açıyla güneş ışınlarına maruz kalması sağlanmaktadır. Bunun için çeşitli teknolojiler kullanılarak panellerin sensörler yardımıyla güneşi takip etmesi sağlanmaktadır.

Güneş enerjisinin verimi etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Yerleşim yerinin deniz seviyesine olan yüksekliği, atmosfer bulunan su buharları ya da günümüzün global sorunu olan hava kirliliği gibi etmenler güneş enerjisi verimini etkilemektedir [10].

### **Rüzgâr enerjisi**

Rüzgâr enerjisi, insanogluna yel değirmenlerinde temel gıda ihtiyaç olan buğdayı ve suyu kullanabilmek amacıyla yüzyıllar boyunca yardımcı olmuştur. Elektrik üretiminde ve akülerin depolanarak kullanılmasında da rol oynamıştır. Ayrıca soğutma amacıyla da insanlar rüzgârdan faydalanmışlardır. Rüzgâr enerjisi, güneş ışınımının yeryüzündeki farklı ve çeşitli tabakalara yaptığı ısıtma işlemi sonucu ortaya çıkmaktadır. Her tabakanın farklı sıcaklıklarda ısınması, farklı nem değerlerine sahip olması ve basıncının farklı olması dolayısıyla bu basınçtan kaynaklanan hava hareketleri ile elde edilmektedir. Rüzgâr enerjisi güneş ışınları ile paralel doğrultuda ilerlemektedir, kısacası güneş var olduğu sürece rüzgâr

enerjisi de var olmaya devam edecektir. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2 kadarı rüzgâr enerjisine çevrilmektedir [9]. Bu enerji kaynağı kirletici içermemektedir ve birçok yerde mevcuttur.

Rüzgâr türbinlerinde üretilen elektrik daha verimli hale gelmekte ve maliyeti düşmektedir. Teknolojik olarak önemli bir gelişme olan rüzgâr türbinleri 1980'den bu yana aerodinamik, malzeme, tasarım, kontrol gibi bir çok teknik konu ile gelişime açık olarak piyasa bazında çok rekabetçi bir alan haline gelmiştir [11]. Rüzgar enerjisi, 1990 yıllardan itibaren ekonomik bir enerji kaynağı yatırım dalı olarak görülmeye başlanmıştır. Almanya 1990 yılında Elektrik Besleme Kanunu (Electricity Feed Law) ile rüzgâr enerjisinin yaygınlaştırılmasını ve yatırım için uygun hale getirilmesi için destekleme kararı almıştır. Bütün bu destekleme ve üretim kapasitesine rağmen Almanya rüzgâr enerjisindeki gelişim yarışını ve dünya liderliğini 1997'de ABD'ye kaptırmıştır. Diğer önde giden rüzgâr enerjisi üreticileri İspanya, Danimarka, Hindistan, İtalya, Birleşik Krallık, İrlanda'dır [10].

Rüzgâr enerjisi güvenli, temiz ve çok bulunabilir olmasından dolayı önemli bir kaynaktır. Global olarak rüzgâr gücü üretimi 1999 ile 2005 arasında dört kattan daha fazla artmıştır. Rüzgâr enerjisi elde edilecek ülkede, rüzgâr enerjisi türbinleri kurulurken, ülkenin coğrafik ve meteorolojik faktörleri en önemli faktörlerdir. Türbinlerin kurulmasıyla ölü kuşlar gibi çevresel problemlere sebep olabilir. Kurulumun yapılacağı bölge için bir diğer önemli faktör ise yeterli düzeyde rüzgâr hızının olup olmadığıdır. Standart bir şekilde üretimin yapılabilmesi için bölgedeki rüzgâr hızının 7 m/s'den fazla olması gerekmektedir. Rüzgâr hızı ayrıca türbin seçimini de etkileyeceği için çeşitli yüksekliklerde ölçülen rüzgâr hızlarının ayrı ayrı incelenmesi gerekmektedir. Türbinlerin bulunduğu bölgede şiddetli hava akımı olacağı için az ihtimalde olsa çeşitli çöplerin, atık kâğıtların vb. malzemelerin hava kirliliğine sebep olması olağandır [11].

### **Jeotermal enerji**

Latince Jeo "yer", termal "ısı" anlamına gelmesinden ötürü jeotermal enerjiyi yer ısısı enerjisi diye isimlendirmemizde mümkündür. Jeotermal enerjinin elde edildiği kaynak yer kabuğunun derinliklerinde bulunan sıcak su (ılıca ve kaplıca) veya buhardır. Bu sıcak su ve buharın yeryüzüne ulaşması veya ulaştırılması ile elde edilen enerji türüdür. Aynı zamanda yerküre ısısı olarak da tanımlanan jeotermal enerji, yer kabuğu içinde erişilebilir derinliklerdeki geçirimli kayaçların içinde bulunan ısı enerjisidir. Bu ısı, entalpisi yüksek yeraltı suları ile yeryüzüne çıkarılacağı gibi kızgın kuru kayaç sistemlerinde olduğu gibi yer

yüzeyinden gönderilen akışkan yardımıyla da elde edilebilir. Günümüzde jeotermal enerjiden yer kabuğunun belirli bölgelerinde bulunan jeotermal bölgelerden faydalanılmaktadır. Türkiye bu bölgeler olarak zengin ve jeotermal kuşak olarak belirtilen bölgede bulunmaktadır [12].

Jeotermal enerji, enerji kaynağı olarak birçok alanda kendini ispatlamış ve 1913' ten bu yana elektrik üretimi için kullanılmaktadır. Jeotermal enerji temiz, ucuz ve yenilenebilir olmakla beraber başka birçok alanda da kullanılmaktadır. Örneğin; belirli bir alanı ısıtmakta ve sıcak sudan faydalanma konusunda, endüstriyel proseslerde, sanayilerde kullanılan kuru buz üretiminin, CO<sub>2</sub> üretiminin gerçekleştirildiği proseslerde vb. birçok alanda kullanılmaktadır.

Türkiye, jeotermal kuşak olarak adlandırılan bölgede bulunmasından dolayı jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyada kaynak açısından zengin sayılabilecek ülkeler arasında yerini almaktadır. Türkiye'de toplam 1000 civarında sıcak ve mineralli su kaynağı olduğu bilinmektedir. Bilinen bu kaynakların %95'inin ısıtmaya ve kaplıca kullanımına uygun olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra Türkiye'de varlıkları az miktarda da olsa yüksek entalpiye sahip jeotermal kaynaklar keşfedilmiştir. Ancak, ülkemizde jeotermal kaynaklı elektrik üretimi düşük seviyelerde bulunmaktadır.

### **Biyokütle enerjisi**

Biyokütle kaynakları çeşitli orman ürünleri, tarımsal alanların mahsulleri ve bunlardan elde edilen atıkların yan ürünleri, kentlerde edilen katı atıklar, hayvan atıkları, gıda sektöründe bulunan işletmelerin atıkları, herhangi bir su kaynağında bulunan bitkiler ve alglerden elde edilen enerji kaynağı olarak bilinmektedir. Biyoenerjisinin zamanla daha da hızlı tükenmekte olan fosil kaynaklı enerji çeşitlerinin yerini alacağı düşünülmektedir. Biyokütle çoğunlukla odun ve odun atıklarından (%64), kentsel katı atıklardan (%24), tarımsal atıklardan (%5) ve atık gazlardan (%5) üretilir. Birçok biyokütle hemiselüloz, selüloz, lignin ve önemli derecede diğer organiklerden oluşur [11].

Biyokütle enerjisi; fosil kaynaklı enerji kaynaklarının zamanla tükenmekte olan rezervleri kısıtlı olan petrol, kömür, doğalgaz gibi enerji kaynaklarından, daha az asit yağmurlarına yol açması, küresel ısınmayı azaltması ve depolanabilir olma özellikleri göz önüne alındığında enerji sektöründe giderek önem kazanmaktadır. Bu unsurlar neticesinde biyokütle enerji ile bir yandan enerji üretilirken diğer yandan gübre üretimi olanağı sağlanmaktadır. Ayrıca çevre kirliliği göz önünde bulundurulursa avantajlı bir konum elde edilmektedir.



Biyokütle enerjisi, genel olarak temiz bir enerji kaynağı olmakla birlikte, kullanılan biyokütle türüne göre bazı çevresel etkiler yaratabilmektedir. Örneğin, çöp ve benzeri bazı atıkların yakılması sonucu ortaya çıkan atıklar bazı çevresel önlemlerin alınmasını gerektirmektedir. Ayrıca depolanabilir olması görsel çevre kirliliğine sebep olmaktadır.

### **Hidroelektrik enerjisi**

Hidroelektrik, Dünyadaki en geniş ve ucuz yenilenebilir elektrik kaynağıdır. Bununla birlikte, hidro gücün çevresel etkilere sahip olmadığı söylenemez. Büyük ölçekli tesislerin, biyolojik türün çeşitliliğine zararı, toprak erozyonu, serbest akan akarsuların kesilmesi ve yerleşik hayatta bulunan çok sayıda insanın yer değiştirmesi gibi insan hayatını ve dünya hayatını etkileyecek önemli faktörler üzerinde zarara yol açtığı iyi bilinmektedir. Bunlara rağmen, hidroelektrik güç direkt olarak sera gazı emisyonu salmaz ve Dünyanın birçok yerinde önemli bir enerji kaynağıdır.

Elektrik üretimi için yapılan, hidroelektrik santraller doğrultusunda bölgeye yapılan barajlar uygulandığı bölgedeki suyun hızını keserek erozyonun durdurulmasında önemli rol oynarlar. Hidroelektrik enerji üretiminde çevreye herhangi bir zararlı gaz salınımı ya da zararlı atık maddeler oluşmaması, enerji depolama kapasitesinin yüksek olmasından dolayı ülkenin ithalat edeceği enerji miktarını düşürmekte ve dışa bağımlılığı azaltmasından dolayı tercih edilen alternatif bir enerji kaynağıdır [15].

Hidroelektrik santrallerin yatırım maliyetinin yüksek oluşu, enerji üretiminin yağış miktarına bağlı olarak değişmesi, havadaki nem oranını arttırmasından kaynaklanan hava değişimleri verimli tarım alanlarını yok etmesi ise hidroelektrik enerjisinin dezavantajları arasındadır. Bu dezavantajlar neticesinde büyük barajlar yaparak verimli tarım alanlarını ve tarihsel dokuyu yok eden santraller yerine, küçük kapasiteli olan ve birçok sayıda hidroelektrik santraller tercih edilmekte ve önerilmektedir [16].

### **Hidrojen enerjisi**

Hidrojen, Güneş ve diğer yıldızların termonükleer reaksiyon sırasında, reaksiyona vermiş olduğu ısının sonucunda ortaya çıkan enerji türüdür. Gaz halindeki hacmi sıvı halindeki hacminin 700 katıdır. Hidrojen enerjisi, bilinen ve kullanılan bütün enerji kaynaklarına kıyasla birim kütle başına en yüksek enerjiye sahip gazdır. 1 kg hidrojen 2,1 kg doğalgaz veya 2,8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir.

Hidrojen dünyada en çok ve en kolay yöntemlerle elde edilebilen bir elementtir. Aynı zamanda renksiz, kokusuz, havadan 14,4 kez daha hafif ve zehirsiz bir gazdır. Üretimi bakımından yerel bir şekilde gerçekleştirilirken, kolay ve güvenilir bir şekilde de taşınması söz konusudur. Hidrojen doğada bileşikler halinde bulunmaktadır ve en çok bilinen bileşiği sudur.

Hidrojenin enerji elde edilmesi için kullanıldığı proseslerde atık olarak sadece su ve su buharı elde edilmektedir. Bu üretim sonucunda hava kirliliğine ya da çevre kirliliğine sebep olacak herhangi bir zararlı madde dışarıya atılmamaktadır. Ayrıca hidrojen petrol yakıtlara göre ortalama 1,33 kat daha verimli bir yakıttır. Hidrojen kömür, doğalgaz gibi fosil kaynaklarının yanı sıra sudan, rüzgar, dalga ve biyokütleden de üretilmektedir.

Hidrojen enerjinin dünya üzerinde diğer yakıtları gibi rezervleri bulunmadığı gibi direk bir kaynaktan da elde edilmemektedir. Su, fosil ya da fosil olmayan enerji kaynaklarından ya da bileşiklerden elde edilmesi gerekmektedir. Hidrojen enerjisinin dünya üzerinde en çok kullanılan enerji kaynağı haline gelmesi ile insanlığın enerji üretimi yüzünden kaynaklanan bir çok zararlı sorundan kurtulması söz konusudur. Bunlardan başlıcaları; küresel ısınma, iklim değişiklikleri, enerji verimliliği ve hava kalitesi gibi sorunlardır.

### **Deniz kökenli (Gel-Git) enerjisi**

Deniz kökenli enerji kaynakları dalga enerjisi, deniz akıntıları, deniz sıcaklık enerjisi ve gelgit (med-cezir) enerjileridir.

Günümüzde deniz kökenli enerji kaynakları daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Okyanus ve deniz yüzeyinde rüzgârdan kaynaklanan inişli çıkışlı dalga hareketleri dalga enerjisini oluşturmaktadır. Gel-git enerjisi ise; Ay'ın az da olsa Güneş' in Dünya'yı kütle çekim kuvveti ile etkilemesi sonucunda denizlerde ya da okyanuslarda meydana gelen yükselme alçalma hareketinden elde edilen enerjidir.

Günümüzde kullanılan ve herhangi bir olumsuz etkisi olmayan bu enerjinin bir takım dezavantajları da bulunmaktadır. Deniz kökenli enerji kaynaklarında yalnızca günün belli saatlerinde enerji elde edilebilmektedir. Ayrıca sadece okyanusa kıyısı olan belli bölgelerde gel-git olayı meydana gelmektedir. Bu nedenle süreksiz yani kesintili bir enerji kaynağı olduğundan diğer kaynaklara kıyasla daha az tercih edilmektedir [13].

### 2.1.3. İkincil enerji kaynakları

Enerjinin kullanılmasını sağlayan bütün maddeler birincil enerji kaynağı olarak görülmemektedir. Birincil veya ikincil enerji kaynaklarının belirli prosesler sayesinde başka enerji formlarına dönüştürülmesi sonucunda ikincil enerji elde edilmektedir. Petrol kullanılarak elde edilen elektrik enerjisi, ikincil enerjiye örnek verilebilir. Elektrik enerjisi üretebilmek için ayrıca kok kömürü, kömür gazı, biyogaz, sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) hammadde olarak kullanılmaktadır. Ham petrolün işlenmesi ile elde edilen petrol ürünleri, kömürden üretilen kok kömürü ve odundan üretilen odun kömürü vb. sınıflara giren ürünler ikincil enerji olarak adlandırılabilir.

Elektrik enerjisi, bahsettiğimiz üzere fosil yakıtlar ve nükleer enerji kaynakları kullanılarak üretilirdiği gibi, yenilenebilir enerji kaynakları olan hidroelektrik, rüzgâr, güneş, biyokütle, dalga enerjisi gibi yöntemleri ile de üretilir. İkincil bir enerji olan elektrik enerjisi, doğal çevrede doğa olayları ile oluşabilmektedir. Doğal ortamda oluşan şimşek ve yıldırım gibi elektrik enerjisini, petrol ve doğal gazda olduğu gibi bugünkü teknoloji ve imkânlarla elde etme ve kullanma imkânı bulunmamaktadır.

#### **Elektrik enerjisi**

Enerji, insan hayatının kalitesini yukarıya çekmek için, ekonomik ve sosyal yönden ilerlemenin mihenk taşlarından biridir. Ancak dünya nüfusunun %15'inden fazlasını oluşturan 1,5 milyar insan, halen elektriğe kavuşmuş değildir. Bu insanların %85'i Afrika ve Güney Asya'nın kırsal bölgelerinde bulunmakta ve bu insanlara enerjinin ulaştırılması son derece önemlidir.

Dünyada elektrik üretiminin %69'luk bölümü fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Bu nedenle elektrik fiyatları fosil yakıtlar ve en önemlisi doğal gazın fiyatı karşısında duyarlılığını artırmaktadır. Fosil kaynaklı enerji kaynağı olan kömür elektrik enerji üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Elektrik üretimindeki yakıt maliyetinde, doğal gazın bu pastada önemli bir paya sahip olması ve doğal gazla çalışan proseslerin çok spesifik olması nedeniyle bu hassasiyete neden olmaktadır.

Fosil yakıtlar kullanılarak elde edilen elektrik enerji sonucunda açığa çıkan sera gazı, toplam emisyonunun %41 civarında çok yüksek bir orana ulaşmasına sebebiyet vermektedir. Elektrik üretimindeki teknolojik gelişmeyle, yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretiminde yavaş yavaş söz sahibi olmasıyla beraber, fosil yakıtların kullanımının azalması,

iklim değişikliği ile mücadele ve enerji güvenliğini sağlama şansı vermektedir. Küresel ısınma ve çevre duyarlılığının küresel olarak artırılması nedeniyle elektrik üretiminde kullanılacak doğal gaz miktarının sabit bir seyirle yıllık %2 büyüyeceği tahmin edilmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla üretilen elektrik enerjisi sayesinde, tek bir elden paylaştırılan enerjisinin dağılması sağlanmaktadır. Merkezi şebekeden aktarılan elektrik enerjisi yerine, merkez şebeke ağının kurulması ekonomik açıdan pek mümkün gibi görülmeyen yoksul yerleşim yerlerine de enerjinin ulaştırılması, bunun sayesinde yatırım şansının yükselmesi ve yoksulluğa karşı istihdam elde etme şansı vermektedir [17].

#### **2.1.4. Nükleer enerji**

Nükleer enerji uranyum, toryum, plütonyum gibi radyoaktif elementlerin gerekli proses yatırımları sonucunda elde edilen yenilenemez enerji kaynağıdır. 2020 yılı itibariyle dünyada kullanılan enerjinin %10'unu oluşturmaktadır.

Dünya tarihinde gerçekleşen ilk nükleer reaksiyon 2 Aralık 1942 yılında University of Chicago'da gerçekleştirilmiştir. ABD'nin, nükleer silah elde etmek için başlattığı proje olan Manhattan Project'in sonucunda ortaya çıkan atom bombalarından ilki 'Little Boy'u (Küçük Çocuk) 6 Ağustos 1945'te Hiroşima'ya, ikincisi Fat Man'i de (Tombul Adam) 15 Ağustos'ta Nagazaki'ye atmıştır. İlk nükleer reaktörler, ABD ile SSCB arasında gerçekleşen soğuk savaş yıllarının getirdiğı rekabet sonucunda ortaya çıkmıştır. 20 Aralık 1951 tarihinde ABD'nin Idaho eyaletindeki reaktör Experimental Breeder Reactor I adlı deney santralinin nükleere dayalı ilk elektrik enerjisinin üretildiği bilinmektedir.

Dünyada enerji üretiminin yaklaşık olarak %64,5'i fosil yakıtlar (%38,7 kömür, %18,3 gaz, %7,5 petrol), %16,6'sı hidrolik enerji, %17,1'i nükleer enerji ve %18'i yenilenebilir enerji kaynaklarından gerçekleşmektedir. Dünya üzerinde yaklaşık olarak 284 araştırma reaktörü çalışmakta ve 439 nükleer enerji santrali ticari olarak faaliyet göstermektedir. Dünya da üretilen elektrik enerjisinin %16'sı 32 ülkenin nükleere santralleri gerçekleştirmektedir. Rusya'nın üzerlerinde 2 adet nükleer reaktör taşıyan 460 adet nükleer denizaltıya sahip olduğu bilinmekte ve bunların denizlerde dolaştığı öngörülmektedir. Dünya üzerinde yerin altına gömülmemiş 715 araştırma reaktörü bulunmaktadır. Nükleer olmayan çok az sayıda ülke kalmıştır [18].

### 3. TÜRKİYE'DE YENİLEBİLİR ENERJİ

Ülkemizde de dünyada olduğu gibi artan bir nüfus oranı bulunmaktadır. Bu nüfus artışı ile paralel olarak ilerleyen ve ülkeler açısından olumsuz bir durum oluşturan faktör ise enerji talebinin artmasıdır. Dünyada kullanılan enerji rezervlerinin büyük bir kısmını fosil yakıtlardan elde edilen enerji kaynakları oluşturmaktadır. Türkiye coğrafi konumu ve özellikleri itibarıyla fosil kaynaklı yakıtlar açısından fakir bir ülke sayılmaktadır. Fakat fakir olması bu yıllarda bir sorun teşkil ediyor ve enerji konusunda dışa bağımlı bir durum sergiliyor olsa da fosil kaynaklı petrol enerjisinin, yapılan araştırmalar ve çalışmalar neticesinde dünya genelinde rezervlerin yaklaşık 50 sonra tükeneceği öngörülmektedir. Kömür ve doğal gaz kaynaklarının da bununla paralel bir ilerleme kaydettiği görülmektedir. Kaynakların bu denli azalmakta olması buna karşılık nüfusun ise artmakta olması enerji ihtiyacının ilerleyen yıllarda daha fazla olması anlamına gelmektedir. Bu enerji ihtiyacının ise petrol, doğal gaz ve kömür kaynaklı enerjilerden karşılanamayacağı ise ilerleyen yıllarda apaçık ortadadır. Bu nedenle sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmakta ve talep her geçen gün daha da artmaktadır.

Enerji talebinin artmasıyla beraber bu enerjinin karşılanması için ülkeler yoğun bir şekilde ekonomik savaş vermektedirler. Bir ülkenin özellikle elektrik üretim ve ya tüketim miktarı o ülkenin refah seviyesini göstermektedir. Ayrıca ülkeleri dışa bağımlı ve ekonomisini zorlayan bir politikaya iten tek sebep enerjidir. Fakat bu kadar fazla fosil yakıt kullanımı, dünya ortalama sıcaklığını son bin yılın en yüksek seviyelerine çıkarmış ve küresel ısınmaya neden olmuştur. Bununla birlikte yoğun hava kirliliği, temiz su kaynaklarının kirlenmesi ve çok ciddi maddi zararlara yol açan sel, fırtına gibi doğa olaylarına sebep olmuştur. Eğer gereken önlemler alınmazsa ya da enerji üretimi için devamlılığı ve zararlılığı minimum düzeyde olan alternatif yollar aranmaz ise buzulların erimesi neticesinde birçok şehrin sular altında kalma olasılığı yüksek bir ihtimaldir.

Türkiye önemli miktarda su ve toprak kaynağına sahip bir ülke konumundadır. Bu kaynakların verimli bir şekilde kullanılması ve bu kaynaklardan maksimum değerinde enerji elde edilebilmesi için teknolojik yatırımların geliştirilmesi ve yatırımların her geçen gün daha fazla miktarda artırılması gerekmektedir.

Ülkemiz her geçen gün sosyal ve ekonomik gelişim göstermekte ve nüfusun artışıyla beraber daha da fazla kesintisiz, yenilenebilir ve ekonomik kriterlere sahip olan enerji elde etmek zorunda görülmektedir. Bu nedenle öncelikle yerli enerji kaynaklarından yararlanılması için gerekli yatırımlar yapılmalı ve projeler geliştirilmelidir. Bu projelerin yenilenebilir enerji kaynakları olması bahsettiğimiz problemleri ortadan kaldırmak için önemli bir etkidir.

Çizelge 3.1. Ocak 2021 yenilenebilir enerji üretimi miktarı ve üretimdeki yüzdesi [19]

<b>Enerji sistemi</b>	<b>MWh</b>	<b>Üretimdeki toplam %' lik pay</b>
Rüzgâr	8.936,54	10
Jeotermal	1.623,94	1,82
Biyoenerji	1.061,57	1,19
Güneş	445,85	0,5

Uluslararası Enerji Ajansı'nın raporuna göre Türkiye, 2024 yılında yenilenebilir enerji sistemleri kullanımında potansiyelinin yakınlarına geleceği düşünülmektedir. 2024 yılında Türkiye, enerji ihtiyacının %15'ini rüzgâr enerjisinden %3'ünü ise güneş enerjisinden elde edeceği tahmin edilmektedir.

#### 4. ENERJİ DİRENCİ VE NEDENLERİ

Direnç kavramına tarihsel olarak bakarsak esneklik anlamına gelen ‘geri tepki’ ya da ‘geri dönme’ olarak çevrilen Latince resilire kelimesinden gelmektedir. Esneklik kelimesi genellikle malzeme biliminde kullanılmaktadır. Bir malzemenin dışarıdan uygulanan güce karşı vermiş olduğu, malzemenin cinsine ve çeşidine göre değişkenlik gösterecek olan enerji bünyesinde emme ve bu enerji karşı göstermiş olduğu geri tepki olarak da anlatılabilir. Malzeme biliminde genellikle bu olaya esneklik adı verilmektedir. Malzemenin dışarıdan gösterilen enerji ve ya güce karşı göstermiş oldu esneklik ve ya kırılmalık malzemenin cinsini de belirlemektedir.

Dirençlilik kavramı 1950’lerde psikologlar tarafından benimsenmeye ve kullanılmaya da başlanmıştır. Psikolojide dirençlilik, kişilerin herhangi bir olay karşısında olumsuz etki yaratabilecek olan duygu ve düşüncelere karşı dayanma güçlerini ve bu olaylara karşı gösterdikleri direnci incelemektedir. Tabii malzemenin aksine insan doğası herhangi bir güçlülükle ya da bir dirençle karşılaştığında ilk konumuna geri dönemediği gibi sorunlarıyla başa çıkarak bu sorunlar neticesinde devam etme kabiliyeti göstermektedir.

1973 yılında Holling, direnç kavramını sosyal ve ekonomik yönden inceleyerek ‘*bir sistemin ve özelliklerinin değişime ve olumsuz etkiye maruz kalmasına rağmen, durum değişkenleri veya popülasyonları arasında aynı ilişkileri sürdürebilmesi*’ olarak tanımlamıştır.[20] O zamandan günümüze dirençlilik teorisi birçok alanda araştırmaya konu olmuş ve bu araştırmalar neticesinde insan hayatının birçok yerine etki etmiştir. Teknik ve teknolojik sistemlerde, ekonomide, afet olaylarına karşı alınan önlemlerde ve kentsel konular gibi perspektifi gayet geniş bir konu haline gelmiştir. 2002 yılında yayımladıkları “*Panarşi3 (Panarchy)*” adlı kitapta Lance Gunderson ve Holling, farklı sistemler ve farklı gruplar arasında ölçeklerin söz konusu olduğunu belirterek; bu ölçekler arasında aktif bir ilişkinin olduğunu ifade etmişlerdir [21].

Güncel yaklaşımlarda dirençlilik tanımı, bir sistemin farklı sistemlere karşı verdiği mücadele ve yaşanan krizlere karşı verdiği mücadeleden ziyade, uğradığı etkiler sonucunda sistemin çevresine karşı verdiği tepki ve bu tepki sonucunda yeni koşullara gösterdiği adaptasyon sürecini ne biçimde geliştirmekte olduğunu incelemektedir. Bu açıklamaya paralel olarak IPCC (Hükümetler arası iklim değişikliği paneli) tarafında ‘*bir sistemin maruz kaldığı etkilere rağmen temel yapısını ve fonksiyonlarını sürdüreceği şekilde dayanıklılık*

*göstermesidir. Bu ise ancak öz-organizasyon ve etkiye neden olan unsura ve değişime uyumlu söz konusudur* ' şeklinde ifade edilmektedir [22].

Direnç kavramı ortaya atıldığından günümüze kadar ki serüveninde birçok alanda kendine yer bulmuştur. Öncelikli olarak malzeme ile başlayan yolculuğuna sonrasında ise sosyal kavramlar üzerinde araştırma konusu olmuştur. Ekonomik alanda da etkisini gösteren direnç kavramı ülkeler açısından önemli bir konu haline gelmiştir. Günümüzde ise en önemli konu haline gelen enerji kavramı ve dünya nüfusunun artmasından dolayı kentsel alanları da içeresine alan bir konu haline gelmiştir.

İnsan hayatını olumlu yönde etkilemeye çalışan ve önemi hiç tartışmasız çok büyük olan enerji kavramı birçok etmen ile iç içe geçmiş bulunmaktadır. Bu sistemler sosyal-ekonomik kavramlar ile entegre olarak birbirlerine etki içerisinde ilerlemektedirler. Direnç konusu her geçen gün enerji sistemleri için daha da fazla kullanılıp, her yönü ile araştırılmasına devam edilmektedir.

#### **4.1. Sosyal ve Ekonomik Nedenler**

Enerji üretimi için hayata geçirilen tüm sistemlerde maliyet hesaplanırken bütün detaylar göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin; işletme, üretimin tüm süreci, atıkların güvenli bir şekilde yok edilmesi gibi konuların bu detayların başlıcalarıdır. Tüm bu koşullara bakıldığında yenilenebilir enerji kaynakları fosil yakıtlara göre daha hesaplı bir yatırım maliyeti ile hayata geçirilmektedir. Merkezi dağıtım ihtiyacı olmadan üretildiği bölgede dağıtım olanak sağlayan enerji sistemleri küçük ölçekli olan yerleşimleri açısından oldukça avantajlıdır. Böylece devletin enerjiyi dağıtmak için gerçekleştirdiği bazı masraflar da ortadan kalkmış olacaktır. Örneğin; enerjinin dağınık yapıda yerleşim yeri haline gelmiş evlere dağıtım yaparken kablo uygulaması masrafından kurtulması gibi. Devletin bu masraflardan kurtulabilmesi açısından yatırım açısından teşvik edici olması çok önemlidir [23].

Güneş ve rüzgâr enerjisi yatırımları sayesinde hem enerji açığı karşılanacak hem de yerel yatırımlar sayesinde bölgede ihtiyaç duyulacak olan iş gücü, bölge insanı tarafından karşılanarak işsizlik ve göç gibi sorunlara da çare olabilecektir. Enerji ithalatından kaynaklanan masrafların minimuma indirilmesinin tek çaresi yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak olan yatırımlar olabilecektir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının artması ve kullanılmaya başlanması gerek doğrudan gerekse dolaylı olarak istihdam



sağlanmasına katkıda bulunacaktır. Bu kaynakların yapım aşamasında; kurulmasında, inşa sürecinde, üretim sürecinde ve üretime geçirildikten sonra bakım ve onarımlarının yapılabilmesi için işgücü gerekmektedir. Bunların karşılanması için yerel işgücü istihdamın artması o bölgede yaşayan nüfusun işsizlik oranının düşmesini sağlayacaktır [24]. Örneğin; rüzgâr enerjisi tesisinin hayata geçirileceği bölgede ki arazi sahibine ödenecek olan kira ya da satın alma ücreti ek bir gelir kaynağı olacaktır. İnşaat çalışması sırasında bölgedeki yerel şirketlerden faydalanmak ve bakım sürecinde buradaki yerel şirketlerle anlaşarak iş birliği ile bölgenin kalkınmasını sağlamak yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılacak olan yatırım sayesinde olacaktır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının özellikle kırsal alanlara kurulması sanayi açısından pek gelişmemiş olan bölgelerin seçilerek buralarda yatırımların gerçekleştirilmesi bölge açısından avantaj bir hal ifade etmektedir.

Toplumsal açıdan en önemli hususlardan birisi ise yenilenebilir enerji kaynaklarının neden kullanılması gerektiğini, yatırımların neden önemli olduğu kamuoyuna detaylı bir şekilde artırılması gerekmektedir. Toplumsal destek ile yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı artırılıp daha fazla yaygınlaşması sağlanmalıdır.

## 4.2. Çevresel Nedenler

Enerjinin elde edilmesi sırasında CO<sub>2</sub> emisyonu fazlalığının sera gazı salınımına yol açması, bunun neticesinde gerçekleşen asit yağmurları, asit yağmurları ile birlikte ormanları zarar görmesi, canlı popülasyonun değişime uğraması ve ya azalma göstermesi, ozon tabakasının incilmesi ve delinmesi sonucunda iklim değişikliklerinin yaşanması, buna bağlı olarak sel, su baskınları, kuraklık gibi insan hayatını doğrudan etkileyen felaket senaryolarının gerçekleşiyor olması ve ilerleyen süreçte daha fazla felaketlerin gerçekleşmemesi adına enerji ve çevre ilişkisi dostça ve doğru bir şekilde ilerlemesi gerekmektedir.

### 4.2.1. Enerji-çevre ilişkisi

Çevre “*insan faaliyetleri ve canlı varlıklar üzerinde hemen ya da belirli bir süre içinde dolaylı ya da dolaysız bir etkide bulunabilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik ve toplumsal etkenlerin belirli bir zamandaki toplamıdır.*” Bu açıklamayı en çok etkileyen faktörlerden biri enerjidir. Ülkelerin gelişmesini, sanayileşmesini, sosyal ve ekonomik faaliyetlerine doğrudan etkisi olan enerji maalesef ki çevre kavramımıza olumsuz yönde etki etmektedir

[25].

Üretiminden tüketimine kadar her aşamasında çevreye karşı olumsuz etkileri olabilen enerjinin ekonomik, çevreci ve artan enerji talebine karşılık güvenilir ve doğru biçimde karşılanması enerji-çevre ilişkisini olumlu yönde etkilemesi gerekmektedir. Bu kapsamda yenilenemeyen fosil kaynaklı enerji kaynaklarının yerini hızlı bir şekilde yenilenebilen çevre dostu enerji kaynaklarının tercih edilmesi gerekmektedir.

#### **4.2.2. Enerjinin çevre ve insan sağlığına etkileri**

Tabiatın kendi işleyişinde yaptığı eylemler değil suni olarak insanın gerçekleştirdiği faaliyetler etkilemektedir. Bu faaliyetlerin çevreye en çok zarar veren kısmı enerji alanında gerçekleşen eylemlerdir. Dünyada ve bundan dolayı ile doğada olumsuz gerçekleşen; iklim değişiklikleri, doğal afetler gibi suni gerçekleşen doğa olaylarının temelinde insan faktörü yer almaktadır. Özellikle enerji üretiminden feragat etmeden bütün gücüyle tabiri caiz ise doğaya savaş açmış bir insanoğlu bulunmaktadır [26].

Fosil yakıtlardan elde edilen enerji kaynaklarının kullanılmasıyla bitki ve hayvan popülasyonu etkilendiği kadar insan sağlığı da ciddi anlamda zarar görmektedir. Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlamaya yönelik uluslararası tek çerçeve olan Kyoto Protokolü, petrolün aşırı miktarda kullanıldığı ve bunun sonucunda yüksek karbon emisyonları açığa çıkaran ülkeleri bu soruna çözüm bulmak için çeşitli çözüm odakları aramaya yöneltmiştir. Küresel iklim değişimi, Türkiye'nin AB ile olan ilişkileri ve Kyoto Protokolü, karbon emisyon indirimini zorunlu kılmaktadır. Türkiye Kyoto Protokolü'nü 2009 yılında imzalamıştır.

Enerji kaynaklarının doğal yaşama ve çevreye verdikleri zarara bakıldığında yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil kaynaklı yakıtlara nazaran daha avantajlı olduğu görülmektedir. Enerji kaynaklarının çevreye verdiği zarar değerlendirildiğinde fosil kaynaklardan elde edilen enerji kaynaklarının çevreye her alanda zarar verdiği görülürken, yenilenebilir enerji kaynaklarının iklim değişikliği, hava kirliliği gibi birçok çevre sorununa herhangi etkisinin olmadığı, diğer çevresel etkilerin ise en minimum seviyede olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevreye verdikleri zarar bakımından kendi aralarında sıralandığında ise en az zarar veren kaynaklar hidrojen ve güneş enerjisidir. Bunları rüzgâr, jeotermal, deniz-dalga ve biyokütle enerjisi takip etmektedir. Kyoto Protokolü, Türkiye'de kullanılan fosil kaynaklı enerji kaynaklarının kullanılmasına çeşitli kısıtlamalar getirmesine

karşılık yenilenebilir enerji kaynakları açısından birçok teşvik olanakları yaratmıştır. Dünya üzerinde enerjinin çok hızlı bir şekilde tüketilmesi ve bu tüketilen enerjinin kaynağının büyük çoğunluğunun ise fosil kaynaklı yakıtların oluşturması, bu kaynakların ise tükenmekte olduğu da göz önünde bulundurulursa ilerleyen zamanlarda maliyetlerinin artacağı ve günümüzde her ne kadar pahalı tüketim gerçekleştirilse de ilerleyen zamanlarda yatırım maliyetinin artmasından dolayı daha da pahalı santraller kurularak daha pahalı enerji üretimleri gerçekleşecektir [27].

Son yıllarda gerçekleşen küresel sorunlar ve çevre kirliliği gibi konuların artması sonucunda çevreye karşı hassasiyetin artması ve uluslararası örgütlerin gerçekleştirdikleri organizasyonlar ve yaptıkları çalışmalar neticesinde enerji üretim tesislerinin sera gazı salımını minimum seviyelere çekebilmek için birtakım yaptırımlar hayata geçirmişlerdir. Otomobillerin ve fabrikaların çıkardıkları CO<sub>2</sub>'nin hava kürede birikerek dünyaya büyük zararlar verdiği bilinmektedir. Karbon içeren yakıtların kullanımı sonucu, hava küredeki CO<sub>2</sub> oranları artmaktadır. Bu artışın küresel olarak bir felakete yol açacağı bilinmesine rağmen, yakıt ve enerji üretimi hala daha doludizgin devam etmede, tüketilmesinde ise herhangi bir azalma görülmemektedir. Son yıllarda ise enerji sektöründe yenilenebilir enerji kaynakları verimli bir şekilde kullanılarak bu zararın giderilmesi için gerekli önlemler alınmaktadır. Karbon içeren yakıtların kullanılması neticesinde hava kürenin zarar görmesi ile birlikte atmosferde oluşan bu kirlilik neticesinde, ormanların solunum yolları da tıkanmaktadır. Ağaçların gerçekleştirdiği fotosentez olayında kullanılan ve nefes almasını sağlayan yaprakların üzerinde bulunan küçük deliklerin (bitkilerin besinleri parçalayarak enerjiye dönüştürmesini sağlamamaktadır) tıkanarak ölmesine sebebiyet vermektedir. Bu olaylar neticesinde kirlenen hava küre asit yağmurlarına sebep olmaktadır. Asit yağmurları, bitki ve ağaçların yapraklarına zarar vermekte, toprakta bulunan minerallerin ise erimesine yol açmaktadır [28]. Toprakta bulunan vitaminlerini ve besinlerini sağlayan bitki ve ağaçlar bu eriyen minerallerin zararlı olanları filtrasyon yapmayacakları için bu zararlı mineralleri de bünyelerine aktarmış olacaktırlar. Asit yağmurlarına maruz kalan toprak ise çeşitli mahsul üretemeyen ve üretime elverişsiz bir hal almaktadır. Öncelikle CO<sub>2</sub> (Karbondiyoksit), CO (Karbon monoksit), SO<sub>2</sub> (Kükürt dioksit), NO<sub>x</sub> (Azot oksitler), tozlar ve CH (Hidrokarbonlar) gibi gazlar sera etkisi yaparak yer kürenin ısınmasına, çevre ve özellikle atmosfer kirliliğine neden olmaktadır. Tozlar ve hidrokarbon gazlar hava kirliliğine yol açan en etkin faktörlerdir. Asit yağmurlarının oluşmasında SO<sub>2</sub> ve zehirleyici olan NO<sub>x</sub>'ler etkili olmaktadır. Küresel ısınmaya sebep olan sera gazlarının en önemlisi CO<sub>2</sub> gazıdır ve

toplam sera gazının %80 oluşturmaktadır. Özet olarak, fosil kaynaklı enerjilerin yoğun bir şekilde tüketilmesi sonucunda başta karbondioksit olmak üzere, atmosfere salınımı gerçekleştirilen sera gazlarının aşırı derecede artması ve bunun sonucunda bu gazların oluşturduğu olumsuz enerjinin dünya dışarısına çıkamaması yüzeyinde kalması ile dünyanın ısınması, sera etkisi olarak tanımlanmaktadır. Güneş, doğal yaşamın ilerlemesi ve canlıların normal hayatlarını devam ettirebilmesi için gün içerisinde ısı ve ışınlarını atmosferden içeriye göndererek insanlara ve canlılara yaşam kolaylığı sağlamaktadır. Bu işlem sırasında zararlı ışınlar olarak bilinen ışınların büyük bir bölümü atmosferden dışarıya tekrar geri dönmesi gerekmektedir. Fakat sera gazlarının etkisi ile bu ışınlar atmosferden dışarıya atılmayarak dünya yüzeyinin ısınmasına bu sebeple küresel ısınmaya yol açmaktadır. Bu olay da iklimlerin değişmesine ve zaman dilimlerinin değişmesine neden olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, sera gazı salınımlarının azalmasını sağlayarak bu iklim değişikliklerini önleyebilmeye olanak sağlamaktadır [29].

İklim değişikliği, çevreyi olumsuz etkilemesi sebebiyle insan sağlığını da olumsuz yönden etkilemektedir. Hatta bu olumsuz etkiler insanları ölüme götürebilecek düzeyde olumsuz ve geniş bir etki alanına sahiptir. Bu etkiler doğrudan olabileceği gibi dolaylı yollardan da ortaya çıkabilir. Kalp-damar ve solunum güçlükleri geçebilecek hastaların artması, sıcak hava dalgalarının şiddetindeki değişimler ve bu dalgaların sürelerinin artması insanları dolaylı yoldan ölümle sonuçlanabilir. Akarsularda oluşabilecek yükselme veya azalmalar taşkınlara ya da fırtınalara yol açarak ölüm, yaralanma ve psikolojik sonuçlara sebebiyet verebilmektedir. Ayrıca bu yükselmeler neticesinde tatlı su kaynaklarında kirlenmeler de görülmektedir. İklim değişikliğinin diğer dolaylı yoldan olumsuz etkileri enfeksiyon hastalıklarının artmasıdır. Özellikle bu enfeksiyonların taşıyıcı organizmalarla etkin olduğu en önemli bölgeler coğrafi alanların sınırlarındaki ve mevsimlerdeki genişlemeden kaynaklanmaktadır. Bu organizmalar genellikle malarya (sıtma), bazı virüs kökenli beyin iltihapları gibi hastalıklara yol açabilmekte ve taşıyıcı oldukları için potansiyel artışa sebep olabilmektedirler. Bir diğer çevresel sorun teşkil eden enerji kaynağı ise nükleer enerji kaynağıdır. Radyoaktif atıklar günümüz dünyasının en önemli sorunlarından biridir. Fakat diğer fosil kaynaklı enerji üretimi gerçekleştirilen sistemler de nükleer enerji kadar, hatta daha fazla radyoaktif atık üretebilmektedirler. Avrupa Birliği değerlendirmelerine göre 1000 MWe gücündeki günümüzde kullanılan bir nükleer reaktörün bir yıllık atık üretimi 30 ton civarındadır. Aynı gücü elde etmemizi sağlayan bir kömür santrali ise yılda 600 bin ton kül açığa çıkarmaktadır. Böyle bakıldığında enerji elde etmek için kullanılan bir kömür

santralinin toksin ve radyoaktif atığı bir nükleer santral atığından neredeyse 100 kat daha fazla olabilmektedir. Fakat üretim gerçekleştirilen herhangi bir nükleer santralde meydana gelebilecek bir kaza öngörülemez bir felakete sebebiyet vermekle birlikte yıllar boyunca sürebilecek kalıtsal hastalıkların da sebebi olabilmektedir.

### 4.3. Kentsel Dirençlilik

Kentsel dirençlilik kavramı, sabit bir özellik olmamakla beraber içerisinde bulundurduğu değişken şartları da göz önünde bulundurursak kentsel sistemin zaman içerisinde kendisini değiştirmesi ya da aynı şartlar altında kendisini geliştirmesini ifade etmektedir. Bu nedenle kentsel dirençlilik, tarih boyunca yaşanan şoklar ve zorluklar karşısında şehrin ekonomik açıdan, sosyal açıdan, kurumsal ve çevresel açıdan önemli özelliklerini devamlı bir şekilde idame ettirmesini ve ilerleyen süreçlerde ortaya çıkabilecek tehditlere karşılık uyum, absorbe etme, dönüşüm ve hazırlık kapasitesi gibi önemli hususları sürekli geliştirmeyi ifade etmektedir. Bu nedenle kentsel dirençlilik kapsamında yaşanan olumsuzluklar neticesinde eski duruma dönmekten ziyade yeni duruma adapte olması ve gelişmesi ön görülmektedir. Dirençli bir kent, olumsuzluklara maruz kaldığı süre zarfında sabit ve kararlı durum sergileme aşamasından, uyum ve değişim göstereceği bir aşamaya geçecektir. Bu durumların gerçekleşebilmesi muhakkak kentsel sistemin etkiyi absorbe etme/üstesinden gelme, uyum ve dönüşüm kapasitesi ile doğru orantılıdır. Bu sistemin olumlu şekilde sonuç verebilmesi için kentlerin gelişmeye açık olması elbette önemli bir husustur. [30] Bu hususu gerçekleştirebilmek için kentin ekonomik, sosyal kaynaklar ve altyapı, beceri, yenilikçilik ve sosyo-kültürel açıdan farklı imkânlarının geniş bir alana etki etmesi gerekmektedir.

Kentsel dirençlilik, kente bulunan her tabakayı aynı kademede değerlendirerek, özellikle kent yoksulları ve diğer toplumsal hassas gruplarda içerisinde bulunmak üzere, toplumun bütün bireylerini ve topluluklarını şokların ve streslerin sonuçlarını ve etkilerini eşit şekilde ve temelinde maliyet unsurunu en etkin şekilde kullanarak çözümlenmesi gerekmektedir. Bu direnci anlatıldığı üzere bu kapsamda sonuç verebilmesi için kentlerin işlevlerini devam ettirebilecek imkânlarla ve kapasiteye sahip olması gerekmektedir. [31] Aşağıda bir kentin dirençli olmasını sağlayacak temel özellikler bulunmaktadır:

- **Uyum sağlama:** herhangi bir olumsuz duruma uyum sağlamayı başaran bir kentsel sistem, belirsizlikleri, tarihinde ve toplum hafızasında bulunan alışkanlıkları değiştirerek yöneten; kendi paydasındaki çözümlerine tarihindeki kanıtlardan ve

toplum hafızasından ki çözümlerden yararlanarak geleceğe ilişkin kararlar veren ve gelişmekte olan bir sistemdir.

- **Sağlam olma:** Temeli iyi tasarlanmış bir kent sistemi herhangi bir ani değişimlerde ya da acil durumlarda önemli bir özellik kaybı olmadan gerçekleşen bir bu değişimi absorbe edebilmektedir. Tasarı her ne kadar büyük önem teşkil etse de bu sistemin sağlam yapılmış ve yönetiliyor olması da gerekmektedir.
- **Yedekli olma:** Yedekli kentsel sistemler, beklenmedik bir durumda; yıkıcı bir afet ve ya saldırı, herhangi bir talep gibi durumlarda yedek kapasitelerine dayanan sistemlerinin ihtiyacı karşılayabilmesi durumudur. Bu durum birden fazla kaynağı, hizmeti ya da hizmet sağlayıcısını bilinçli olarak geliştirmeyi ve ihtiyaç halinde bunlara erişmeyi gerektirmektedir.
- **Esneklik:** Esnek bir özelliğe sahip kentsel yapı bireylerin, hane halklarının, işletmelerin, toplulukların ve yerel yönetimin içerisinde bulunduğu mecburi değişim ya da isteğe bağlı olan değişimlere hızlı bir şekilde reaksiyon göstererek adapte olmasını içermektedir.
- **Kaynaklara sahip olma:** Kaynaklara sahip bir kentsel sistem, mevcut hizmetlerle birlikte, bir krizde veya çok kısıtlı koşullar altında temel hizmetlerin ve sistemlerin işlevselliğini etkin ve hızlı bir şekilde geri yükleyebilen bir sistemdir.
- **Kapsayıcılık:** Kapsayıcı bir kentsel sistem, çeşitli aktörlerin ve toplulukların, politika belirleme aşamasından başlayarak tüm politika sürecine tam olarak katılımını sağlar.
- **Entegrasyon:** Entegre bir kentsel sistem, tutarlı kararları ve etkili yatırımları iyi bir biçimde sağlamak için sektörel ve idari sınırları aşan, politika belirleme ve programlamada iş birliğine dayalı ve katılımcı bir yaklaşım geliştirir.

## 5. TÜRKİYE'DE YENİLEBİLİR ENERJİ DİRENÇLİLİĞİ

Yenilenebilir enerjinin önemi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de giderek artan bir yatırım alanı olarak gösterilmektedir. Türkiye'de yerli üretim imkânlarının artması ile birlikte yenilenebilir enerji sistemlerini de talebin giderek arttığı gözlemlenmektedir. Yerli üretim sayesinde kurulum aşamasından en son dağıtım aşamasına kadar olan bölümlerde ihtiyaç duyulan bütün malzemelerin iç pazardan karşılanması yatırımcılar açısından avantajlı bir durum olarak görülmektedir. Bu sayede yatırımcılar yenilenebilir enerji sistemlerinin hayata geçmesi için ciddi yatırımlar yapmaktadırlar. Devletin uyguladığı yatırım teşvikleri ve yenilenebilir enerjinin önemini vurgulayan politikalar sayesinde bu sektör ülkemizde hızlı bir ivme kazanmaya başlamıştır.

Ülkemizde genellikle güneş enerjisi ve rüzgâr enerjisi sistemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Bölgesel olarak farklı coğrafi alanların bulunduğu bir ülke yapısına sahip olmamızdan dolayı, bu bölgelerde gerçekleşen iklim olayları da farklılık göstermektedir. Şöyle ki güneyinde ve doğusunda güneş ışınları ile güneş sistemlerinden avantajlı bir şekilde yararlanma söz konusu iken İç Anadolu ve Güney Anadolu bölgelerimizde rüzgâr enerjisinden daha avantajlı bir sistem elde etmemiz söz konusudur. Bunların yanı sıra biyoenerji ve jeotermal enerji de ülkemizde sıklıkla kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Ülkemizin jeotermal bir bölge olması bu kaynaktan en üst verimde faydalanmamızı sağlamaktadır.

Yapılan çalışmada Türkiye'de il bazında yenilenebilir enerji kaynaklarının üretiminin hali hazırda miktarı değil potansiyel miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Şehirlerin çeşitli dirençlere karşılık elde ettikleri enerji miktarları hesaplamalar yapılmış ve bu hesaplamalar neticesinde şehirlerin potansiyelleri hesaplanmak istenmiştir. Hesaplamanın ana adımları ise şu şekildedir:

- Veri toplama;
  - Şehirlerin toplam elektrik tüketim miktarları [19],
  - Şehirlerin ortalama güneş enerjisi potansiyel üretim miktarları [32],
  - Şehirlerin ortalama rüzgâr enerjisi potansiyel üretim miktarları [33],
  - Şehirlerin ortalama biyoenerji potansiyel üretim miktarları [34],

- Dirençlilik hesaplaması;
  - Yenilenebilir enerji potansiyel üretim miktarlarının hesaplanması,
  - Dirençlilik değerinin hesaplanması,

Dirençlilik hesaplamasına örnek olması açısından bir şehir için yapılan hesaplamalar aşağıda verilmiştir.

- $R_{GES} = \frac{GES_{potansiyeli}}{E_{tüketim}}$  ,  $R_{GES}$ : Güneş Enerjisi Dirençliliği
- $R_{HES} = \frac{RES_{potansiyeli}}{E_{tüketim}}$  ,  $R_{HES}$ : Rüzgar Enerjisi Dirençliliği
- $R_{BİYO} = \frac{BİYO_{potansiyeli}}{E_{tüketim}}$  ,  $R_{BİYO}$ : Biyoenerji Dirençliliği

Malatya ili için örnek hesaplama:

Toplam Enerji Tüketimi :49768 MWh

Güneş Enerjisi Sistemleri için potansiyel : 8663456 MWh

Rüzgar Enerjisi Sistemleri için potansiyel : 3362400 MWh

Biyo Enerji Sistemleri için potansiyel : 15405542 MWh

$$R_{GES} = \frac{GES_{potansiyeli}}{E_{tüketim}} = \frac{8663456}{49768} = 174,07 \cong 174$$

$$R_{RES} = \frac{RES_{potansiyeli}}{E_{tüketim}} = \frac{3362400}{49768} = 67,561 \cong 68$$

$$R_{BİYO} = \frac{BİYO_{potansiyeli}}{E_{tüketim}} = \frac{15405542}{49768} = 309,54 \cong 310$$

Dirençlilik endeksinin hesaplanması.

- $R_{DEĞERİ} = 0.4 R_{GES} + 0.4 R_{RES} + 0.2 R_{BİYO}$  ,  $R_{DEĞERİ}$ : Enerji Dirençliliği

Malatya ili için örnek hesaplama

$$R_{DEĞERİ} = 0.4 R_{GES} + 0.4 R_{RES} + 0.2 R_{BİYO}$$

$$R_{DEĞERİ} = (0.4 \times 174) + (0.4 \times 68) + (0.2 \times 310) = 159$$

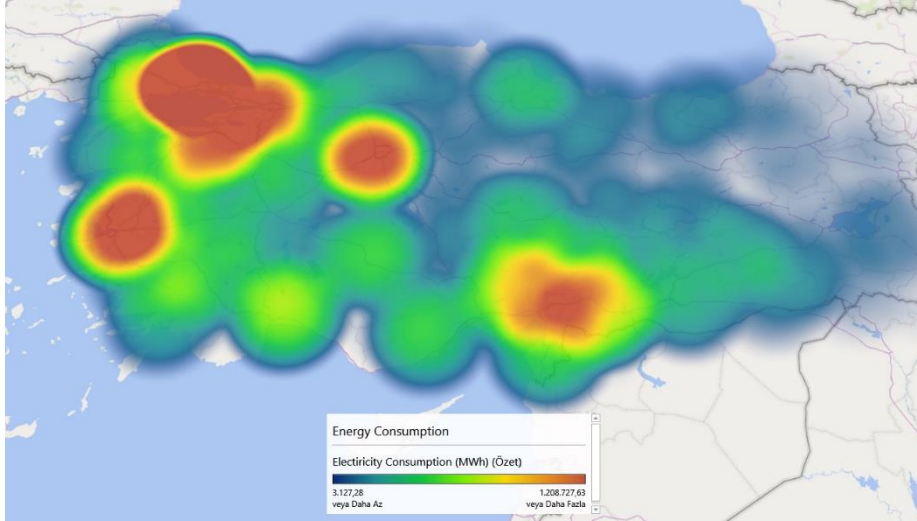
## 5.1. Şehirlerin Verileri ve Coğrafi Özellikleri

Türkiye’de bulunan şehirlerin enerji kullanımına ilişkin değerler Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)’nun Ocak 2021 verilerine göre alınmış ve dirençlilik değerleri ve verilere göre hesaplanmıştır. Bu rapor Türkiye’de üretilen ve tüketilen elektrik miktarına yönelik



çok çeşitli bir analiz imkânı sunmaktadır.

Hesaplamalara ilişkin verilerin görselleştirilmesi, Microsoft Excel'in 3-B Harita Aracı olan Coğrafi Bilgi Sistemi ile hesaplanmış ve görsel olarak veriler sunulmuştur. Her şehir için veriler ayrı ayrı hesaplanmış ve coğrafik şartlarından kaynaklanan bütün özellikler hesaplamalara ilave edilmiştir.



Şekil 5.1. Türkiye’de kullanılan enerjinin şehirselle olarak dağılımı (MWh)

Özellikle büyük şehirlerde ve sanayinin geliştiği şehirlerde enerji tüketimi yüksek miktarda gerçekleşmektedir. Şekil 5.1.’de görüldüğü üzere başta İstanbul, Ankara ve İzmir olmak üzere metropol olan şehirlerin elektrik tüketim miktarı diğer şehirlere göre yüksek miktardadır. Ayrıca sanayi bölgeleri genişlemiş olan Gaziantep ve Bursa gibi illerimizde de elektrik tüketim miktarının yüksek olduğu görülmektedir. Sanayileşme açısından gelişmiş bölgelerin yenilenebilir enerji kullanıyor ya da kullanacak olması hem enerji ithalatı hem de ekonomik açıdan çok önemlidir.



Şekil 5.2. Türkiye’deki şehirlerin potansiyel güneş enerjisi kapasiteleri (MWh)

Ülkemizin bölgesel açıdan mevsimsel farklılıklar göstermesi ve iki kıtanın benzersiz özellikleri taşımasından dolayı farklı bölgelerde farklı sıcaklıklar görülmektedir. Şekil 5.2.’de görüldüğü üzere özellikle Akdeniz bölgesinin güneş ışınlarına yüksek derecede maruz kalması sebebiyle güneş enerjisi yatırımına oldukça elverişli bir bölgedir. Buna karşılık bölgede Türkiye’nin en büyük 10 güneş enerjisi panelinden yalnızca bir tanesi Antalya’da bulunmaktadır.

İç Anadolu bölgesinin de potansiyeli oldukça yüksektir. Türkiye’de bulunan en büyük güneş enerjisi santralleri genellikle Konya şehrinde bulunmaktadır. Şehrin gerek güneş ışınlarını alma kapasitesi gerekse coğrafi özelliği açısından yatırıma elverişli bir durumu bulunmaktadır. Şehrin gerek santral kurulması için gerekli alan açısından gerekse düz bölgelerinin bol miktarı bulunması açısından yatırımcılar için gayet avantajlı bir durum söz konusudur.

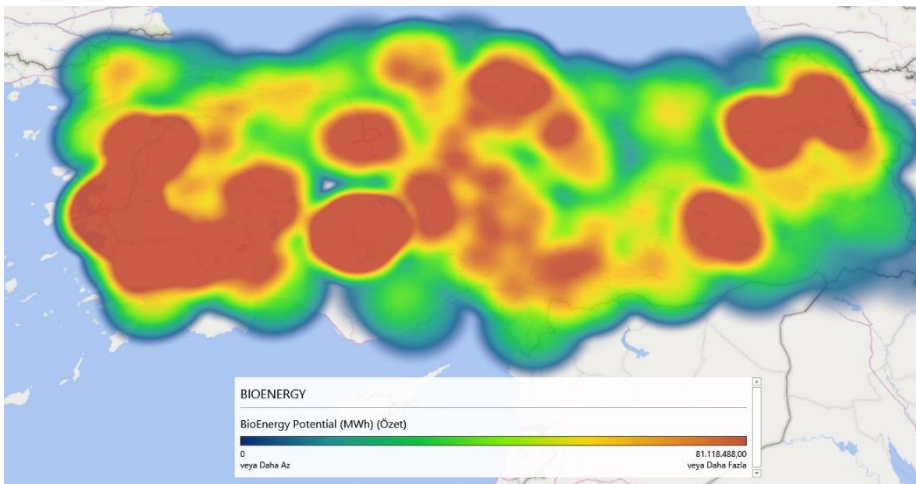
Doğu Anadolu bölgesinde Van ili ve çevresinde de güneş enerji potansiyeli oldukça yüksektir. Şehrin rakım bakımından yüksek bir yerde bulunması ve güneş ışınlarının oldukça dik olarak bölgeye gelmesi sebebi ile yatırım açısından olumlu olabilecek bir bölge olarak görülmektedir.



Şekil 5.3. Türkiye’deki şehirlerin potansiyel rüzgar enerjisi kapasiteleri (MWh)

Özellikle denize komşu olma sebebi ile kıyı kesimlerdeki şehirlerin rüzgar çeşitlerine fazlaca maruz kalması rüzgar türbinlerinin bu bölgelere kurulması açısından oldukça akılcı bir yöntem olacaktır. Şekil 5.3.’de görüldüğü üzere özellikle Ege denizine kıyısı bulunan şehirlerin rüzgar enerjisi üretme potansiyeli oldukça yüksektir. Türkiye’nin en büyük rüzgâr enerjisi santralleri Manisa ve İzmir şehirlerinde bulunmaktadır.

Karadeniz’e kıyısı bulunan şehirler de yüksek bir potansiyel görülmektedir. Özellikle Orta Karadeniz bölgesinde potansiyelin yüksek olması bu illere de zaman içerisinde rüzgâr enerjisi santrallerinin yatırımının gerçekleşmesinin enerji sektörü bakımından pozitif katkı sunacağı görülmektedir.



Şekil 5.4. Türkiye’deki şehirlerin potansiyel biyoenerji kapasiteleri (MWh)

Türkiye’nin tarım ve hayvancılık ülkesi olduğu, gerek coğrafik özellikleri gerek iklim özellikleri gerekse bitki yapısı ile her zaman su götürmez bir gerçek olarak gösterilmektedir.

Ülkemizin topraklarının son derece verimli olduğu, ülkemizde üretilen meyve ve sebze çeşitliliğinin bir kanıtıdır.

Şekil 5.4.'de ülkemizdeki illerin biyoenerji kaynakları bakımından potansiyel zenginlikleri görülmektedir. Özellikle Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz'de halkın geçim kaynağının genellikle hayvancılık olmasından dolayı bu bölgelerde hayvansal atıkların bol miktarda ortaya çıkması söz konusudur.

Ege bölgesinde ise iklim ve coğrafi özelliklerinden kaynaklı olarak özellikle zeytin ve ayçiçek gibi ürünlerin çok miktarda üretimi gerçekleşmektedir. Bu üretimden dolayıdır ki bu bölgede bitkisel atıkların bulunması söz konusudur.

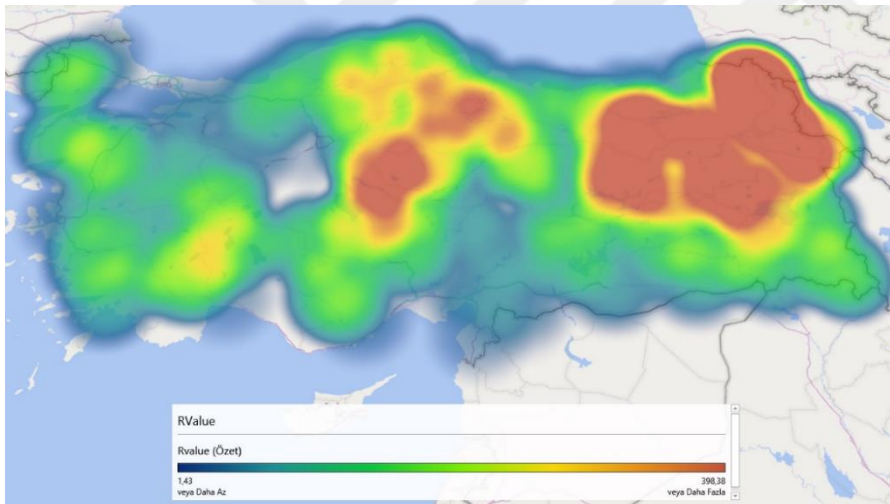
Çizelge 5.1. Şehirlerin enerji tüketimi ve yenilenebilir enerji değerleri

Plaka Numarası	Şehirler	Elektrik Tüketimi (MWh)	Güneş Enerjisi Potansiyeli (MWh)	Rüzgar Enerjisi Potansiyeli (MWh)	BiyoEnerji Potansiyeli (MWh)
1	Adana	612971	12787681	3236400	52721236
2	Adıyaman	105495	6930229	4309200	25246868
3	Afyonkarahisar	156228	11806195	3096000	88004763
4	Ağrı	39065	9681569	180000	53761039
5	Aksaray	65685	6975983	0	63365173
6	Amasya	53765	3802709	4320000	40417661
7	Ankara	1307822	19716150	288000	96568049
8	Antalya	612794	19999870	4212000	38399446
9	Ardahan	10580	3355436	32400	46544160
10	Artvin	35250	4425030	36000	10697305
11	Aydın	224333	7609768	9086400	99518981
12	Balıkesir	307958	11108594	49777200	121477966
13	Bartın	73856	1447131	223200	12649943
14	Batman	79239	4003434	28800	17538516
15	Bayburt	8681	2746973	0	15619363

16	Bilecik	187270	2860683	1112400	8945581
17	Bingöl	24787	6929300	219600	22890307
18	Bitlis	27733	7157324	144000	16008984
19	Bolu	94621	5670863	421200	27456579
20	Burdur	76362	6881026	208800	54483076
21	Bursa	1029908	7576442	13975200	52770767
22	Çanakkale	254969	7577988	46846800	51010323
23	Çankırı	46854	5430312	1134000	29096335
24	Çorum	72833	8856464	561600	49240112
25	Denizli	302557	11316705	860400	70992602
26	Diyarbakır	205478	11676172	2286000	95132347
27	Düzce	88148	1582185	0	10201297
28	Edirne	92654	4371975	12492000	35920803
29	Elazığ	101074	8430535	3700800	36066954
30	Erzincan	52816	9535237	1378800	23174588
31	Erzurum	71487	17444546	180000	127874792
32	Eskişehir	256808	10188254	320400	32067499
33	Gaziantep	727654	6410053	961200	54307973
34	Giresun	57057	4606960	576000	19093511
35	Gümüşhane	33025	4698940	3600	15794466
36	Hakkâri	28195	8014342	104400	6554838
37	Hatay	430688	5085827	12290400	33326005
38	Iğdır	18831	3376080	7200	28212799
39	Isparta	84128	8886205	5122800	30835850
40	Istanbul	3355375	5314875	15037200	19825314
41	İzmir	1337120	9377128	42674400	178827911
42	Kahramanmaraş	338741	12972331	7459200	43011063
43	Karabük	57640	2724059	262800	7600570

44	Karaman	49768	8663456	3362400	15405542
45	Kars	27045	7613078	144000	77841137
46	Kastamonu	97157	8531879	1854000	60098568
47	Kayseri	335361	15317448	6786000	68643715
48	Kırıkkale	47500	3704478	144000	12211489
49	Kırklareli	203051	4484597	11084400	0
50	Kırşehir	33748	5506323	604800	45872003
51	Kilis	47186	1323221	144000	2597937
52	Kocaeli	927008	2142635	482400	21063938
53	Konya	451556	38060885	6696000	207450562
54	Kütahya	153961	8871879	684000	42353905
55	Malatya	138537	11263390	5022000	33897356
56	Manisa	332937	11258756	19087200	50697092
57	Mardin	118402	8235517	1832400	19044328
58	Mersin	417810	15422126	12711600	23285160
59	Muğla	277146	12209794	18615600	59129574
60	Muş	33341	7393027	0	49800301
61	Nevşehir	50022	4778376	28800	19491503
62	Niğde	88868	6867381	223200	42220660
63	Ordu	110094	3456453	8193600	26724776
64	Osmaniye	374428	3050064	2584800	18036965
65	Rize	50853	2285639	0	4059800
66	Sakarya	339769	3053048	648000	32939524
67	Samsun	287522	6008475	18799200	64225688
68	Siirt	40482	5145454	54000	5639909
69	Sinop	33095	3564391	5367600	16542663
70	Sivas	113159	22983593	5911200	69208439
71	Şanlıurfa	279487	18512105	3600	53815453

72	Şırnak	53596	6742467	0	10020265
73	Tekirdağ	613105	4313467	16657200	36824569
74	Tokat	71808	7081586	10807200	55012569
75	Trabzon	113514	2750891	108000	23725010
76	Tunceli	11341	6503178	46800	5875007
77	Uşak	169168	4772671	205200	29948129
78	Van	99517	21220756	180000	29549090
79	Yalova	68635	519180	1918800	2673629
80	Yozgat	57709	10975005	3873600	50810106
81	Zonguldak	103593	2088710	432000	15904341



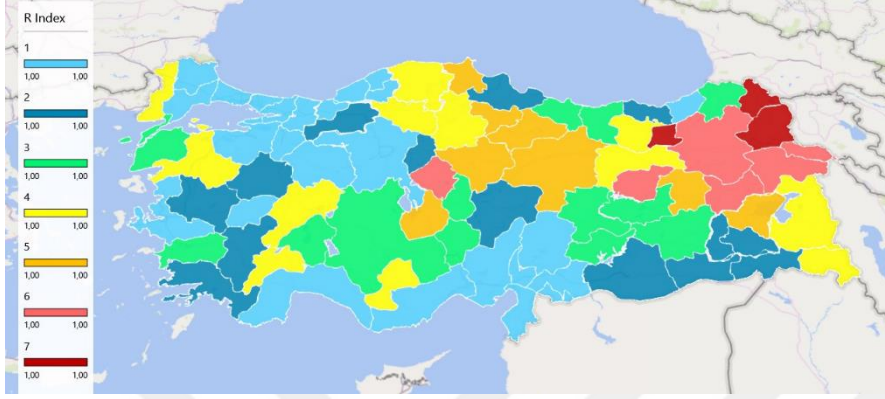
Şekil 5.5. Türkiye’deki illerin enerji dirençliliği değerleri

Özellikle Doğu Anadolu ve Doğu Karadeniz bölgelerinde enerji dirençliliğinin yüksek olduğu şekil 5.5’ de görülmektedir. Bu bölgelerde hayvancılığın fazla olması ve batı illerine göre nüfus yoğunluğunun az olması bu sonucu elde etmemizi sağlayan faktörlerden biridir. Bunun sonucunda ise enerji talebinin ya da tüketiminin az olması bu bölgenin yenilenebilir enerji direncini yükseltmektedir.

Hem sanayi olarak hem de şehirselleşen batı illerinin gelişmesine rağmen enerji dirençlilikleri doğu illerine göre düşüktür. Bunun birkaç nedeni olabilir. Özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olması ve buna paralel olarak elektrik tüketiminin yüksek miktarlarda



olması başlıca nedenlerinden biri olarak sayabiliriz. Özellikle İstanbul ve Marmara bölgesi civarındaki düşük dirençlilik gözden kaçmamaktadır. Bu bölgede herhangi bir yüksek kapasitede yenilenebilir enerji kaynağının bulunmaması ve enerji tüketiminin yüksek olması böyle bir sonuçla karşılaşmamıza sebep olmuştur.



Şekil 5.6. Türkiye'deki illerin enerji dirençlilik endeksi (EDE)

Çalışmamızın temel sonucu olarak gösterebileceğimiz enerji dirençlilik endeksi şekil 5.6' da görüldüğü üzere il bazında gösterilmektedir. Dirençlilik kavramını etkileyen faktörleri göz önünde bulundurursak, birkaç önemli etkinin de doğru sonuç verdiği görebilmekteyiz. Şehirlerin coğrafik özellikleri, nüfus yoğunlukları, enerji talebi ve tüketimleri en önemli unsurlar arasında yer almaktadır.

İstanbul ve Marmara bölgesinin genel olarak enerji dirençlilik endeksinin çok düşük olduğu açıkça görülmektedir. Gerek güneş ışınlarının verimli bir şekilde kullanılamaması, herhangi bir yenilenebilir enerji santrali yatırımının bulunmaması fakat buna karşılık bölgenin hem nüfus yoğununun fazla hem de sanayi bölgesinin geniş olmasından kaynaklı olarak elektrik ihtiyacının çok miktarda talep edilmesinden dolayı enerji dirençlilik seviyesi oldukça düşüktür.

Akdeniz bölgesinde de aynı durum söz konusudur. Fakat Marmara bölgesinin aksine güneş ışınlarının bu bölgedeki verimliliği tam tersi bir durum göstermektedir. Son yıllarda bu bölgeye yapılan güneş enerji santralleri ile ilerleyen zamanlarda bu dirençliliğin yükselmesi beklenmektedir. Sanayi bölgesinden ziyade bir turizm bölgesi olan Akdeniz bölgesi, Marmara bölgesindeki gibi büyük bir enerji tüketim talebi göstermemektedir.

Enerji dirençlilik endeksinin en yüksek olduğu bölge Doğu Anadolu bölgesindeki illerdir. Hiç şüphesiz doğudan batıya yapılan göç, şehir yapılması ve sanayinin az gelişmiş olması



bu durum için en önemli unsurlardır. İlerleyen zamanlarda özellikle Van ve çevresine yapılacak olan güneş enerjisi santralleri ile ayrıca bütün bölgenin hayvancılıkla olan yüksek ilgilenme oranına bakarak biyoenerjinin üretilebilmesi için yapılacak olan tesislerin üretimi sonucunda bölgenin yenilenebilir enerji direnci daha da artırılabilir ve enerji ihracatı kapasitesi de arayabilir bir konuma gelmesi ülke açısından da son derece önemlidir.

Genel olarak bakıldığında enerji direnci en yüksek olan 3 il Türkiye'deki şehirlerin %3,7'sini oluşturmaktadır. Şehirlerin çoğunluğu 1 ila 3 arasında yer almaktadır. (Çizelge 5.2)

Çizelge 5.2. Şehirlerin enerji direnci sınırları ve seviyeleri

<b>Enerji direnci seviyesi</b>	<b>Alt limit</b>	<b>Üst limit</b>	<b>Şehir sayıları</b>
1	0	50	25
2	51	90	14
3	91	140	13
4	141	200	12
5	201	330	8
6	331	480	6
7	481	1007	3

Çizelge 5.2 hazırlanırken alt limit olarak 0 değeri ve üst limit olarak dirençlilik değeri en yüksek olan ilinin dirençlilik değeri alınmıştır. Yapılan korelasyon sonunda alt ve üst limitler çizelgedeki gibi olmuştur.

## 6. SONUÇ

Yapılan araştırmalar ve uygulanan metotlar çerçevesinde Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelleri, Türkiye geneli için enerji direnci iller bazında hesaplanmış, yeni ve özgün bir endeks olan Türkiye yenilenebilir enerji dirençliliği endeksi oluşturulmuş olup, illere göre kıyaslaması yapılmıştır. Sonuçlar neticesinde Türkiye'nin yenilenebilir enerji direncinin düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, batı illerinin doğu illerine kıyasla enerji talebinin fazla olması, yeterli üretimin o bölgeler özelinde olmaması ve nüfus dağılımının orantısız olması ile ilişkilidir.

Enerji sektöründeki yatırımlar, yenilikler ve teşvikler sayesinde bu talebin karşılanması, Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelini kullanmak için göstereceği atılımlar ile ülke genelinde ve enerji dirençliliğinin çok düşük seviyelerde olduğu batı illerinde dirençliliğin artacağı düşünülmektedir. Yapılan bu çalışma ülke genelinde nerelerde dirençliliğin düşük olduğu ve ne gibi önlemler alınması gerektiğine dair yol gösterici olacaktır. Dirençliliği artırmak ve özellikle batı illerinin bu enerji talebinin yenilenebilir enerji türünde karşılanması son derece önemlidir. Ülkemizin her türlü doğa kaynakları açısından zengin bir coğrafi alana sahip olduğunu düşünürsek yapılacak olan yenilenebilir enerji santralleri son derece hayati önem taşımaktadır. Bölgedeki enerji direncinin artırılması, bölgede bulunan nüfus orantısızlığının giderilmesi, bölgede bulunan insanlara istihdam sağlama ve bölgenin ekonomik özelliklerini üst seviyelere çıkarmak için uygulamaların yıllar içerisinde hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Her bölgenin yenilenebilir enerji türü bakımından farklılık gösterdiği yapılan çalışmalar sonucunda görülmektedir. Güneş enerjisi potansiyeli yüksek bulunan bölgelere ya da rüzgâr türbinlerinin kurulması gereken bölgelere hızlı bir şekilde teşvik verilmeli ve şirketlerin bu oluşum için gerekli yatırımlarını yapmaları gerekmektedir. Biyoenerji kullanımının yaygınlaştırılması hem doğa açısından hem de yaşamsal faaliyetlerin daha verimli hale getirilmesi bakımından önem arz etmektedir. Bu santrallerin ve yatırımların gerçekleştirilmesi illerin enerji direncini yükselterek, enerji bakımından refah elde edilen seviyelere çıkarması öngörülmektedir. Bunun yanında yoğun enerji tüketimi olan bölgelerde klasik enerji üretim yöntemlerine göre daha temiz olarak üretilen yenilenebilir enerji kullanımını kentlerde ve ülkemiz nezdinde küresel ısınmaya karşı bir pozitif bir adım olacağı öngörülmektedir. Yapılan çalışma ile ülkenin var olan enerji dinamiklerinin olumsuz bir

koşulda ya da yenilenebilir enerji kaynaklarının küresel ısınma, mevsimsel değişimler ile ne ölçüde etkilenebileceği ve bu değişimler karşısında hayatta kalma olanakları da ortaya çıkacaktır. Nüfus ve sanayide yayılma dürtüsü, %64'lük bir oranla çalışmanın sonuçlarından görülmektedir. Türkiye'deki şehirler dirençlilik endeksine 1 ila 3 arasında enerji direncine sahipken, şehirlerin sadece %3.7'si EDE'nin 7. seviyesindedir. Türkiye'de karşılaşılan entegrasyon sorunlarının bir sonucu olarak yenilenebilir enerji değişkenlerinin mevcut payına göre ülke genelinde yenilenebilir enerjiye bağımlılık ve dirençlilik faktörü düzeyi ikinci sırada yer almaktadır.



## KAYNAKLAR

1. İNTERNET : OECD/IEA (2010) Organisation for Economic Co-operation and Development/ The International Energy Agency, Clean Energy Progress Report, IEA input to the Clean Energy Ministerial, (OECD/IEA Temiz Enerji İlerleme Raporu). URL: www.iea.org Son Erişim Tarihi:18.07.2021
2. Satman A. (2007). İTÜ Rapor: Türkiye‘de Enerji ve Geleceği, İTÜ Görüşü.
3. OECD/IEA (2011). Organisation for Economic Co-operation and Development /The International Energy Agency (IEA), *Overseas Investments by China’s National Oil Companies*.
4. OME (2008). Mediterranean Energy Perspectives, OME (Observatoire Mediterranéen de l’Energie), Turkey,315-375.
5. Frondel, M. ve Schmidh, C. M. (2008).Measuring Energy Security- A Conceptual Notel, Ruhr Economic Papers, c.52, ss.1-19.
6. Alkin, K., Atman, S. (2006). Küresel Petrol Stratejilerinin Jeopolitik Açıdan Dünya ve Türkiye Üzerindeki Etkileri, İstanbul Ticaret Odası, Yayın No: 2006-48.
7. Sabah, E., Mart, U.ve Çelik, M. S. (2002). 1970-2000 Yılları Arası Türkiye’nin Birincil Enerji Tüketiminde Kömürün Yeri, Madencilik, c. 41, s.2, ss. 31-42.
8. OECD/IEA (2008). Organisation for Economic Co-operation and Development/ International International Energy Agency International Energy Agency.
9. Kıncay, O., Utlü Z., Ağustos H., Akbulut U., Açıkgöz Ö., (2009),. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarında Birleşme Eğilimi, Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 27, 60-8.
10. Cleveland, C., (2004). Encylopedia of Energy, Boston, Elsevier Academic Press.
11. Demirbaş, A., (2009). Green Energy and Technology, Biohydrogen Future For Engine Fuel Demands, London, Springer.
12. Anonim, (1987). Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, Sayı 1, 12, 37.”

13. Çukurçayır, M. A. ve Sağır, H. (2008). Enerji Sorunu, çevre ve alternatif enerji kaynakları. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 20, 257.
14. McKendry, P., (2002). Energy Production From Biomass (Part 2): Conversion Technologies, Biosource Technology, 83, 47-54.
15. Ataman, A.R. (2007). Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
16. Doğan, M. (2001). Sanayileşme ve çevre sorunları. YEKS’01 Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 12-13 Ekim 2001. Kayseri, s.245-250.”
17. Bilen, K., Özyurt O., Bakırcı K., Karlı S., Erdoğan S., Yılmaz M. ve Comaklı, O. (2008) Energy Production, Consumption, and Environmental Pollution For Sustainable Development: A Case Study in Turkey, Renewable and Sustainable Energy Reviews, ss.1529-1.
18. Laçiner, S. (2006). Türkiye’nin Enerji Güvenliği.
19. EPDK, Enerji Piyasası Ocak 2021 Sektör Raporu, 2021.
20. Holling, C., S. (1973). Resilience and stability of ecological systems.
21. Gunderson, L.H. ve Holling, C.S. (2002). Panarchy: understanding transformations in human and natural systems. Washington D.C.: Island Press.
22. IPCC. (2014). AR5 Report, working group II: Climate change: Impacts, adaptation and vulnerability, summary for policy makers.
23. Arslan, M. L. (2008). Yenilenebilir enerji sistemlerinin simülasyonu ve optimizasyonu, yüksek lisans tezi.
24. Savrul, M. (2010). AB ilişkileri çerçevesinde Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynaklarının iktisadi açıdan değerlendirilmesi, yüksek lisans tezi.
25. Mutlu, E. (2013). Türkiye’de yenilenebilir enerji ekonomisi ve Ankara iline ait swot analizler, yüksek lisans tezi.
26. İpek,O. (1999).Enerji Üretimi ve Kullanımında Çevre Risk Faktörünün Etkinliği ,

Güneş Enerjisi Enstitüsü Dergisi, 3 (1), S:71-80.

27. Dincer, İ. Rosen A. Marc. (1999). Energy, environment and sustainable development', Applied Energy , S:427-440.
28. Ege Üniversitesi Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayınları. (1999). 'Çevre Bilimi Sürdürülebilir Dünya' No:1,
29. Koçak, K. İklim Değişiminde İnsan Faktörü', İTÜ Meteoroloji Böl.
30. A. Sharifi. (2019) Resilient urban forms: A review of literature on streets and street networks, Build. Environ. 147171–187.
31. S. Roostaie, N. Nawari, C.J. Kibert. (2019). Sustainability and resilience: A review of definitions, relationships, and their integration into a combined building assessment framework, Build. Environ. 154132–144.”
32. İNTERNET :“GNS Solar, Türkiye Güneş Haritası, (2021). URL :<https://www.gnssolar.com/icerik/860/turkiye-gunes-haritasi>. Son Erişim Tarihi: 21.08.2021
33. İNTERNET: Enerji Atlası, Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyeli Haritası, (2021). URL : <https://www.enerjiatlası.com/ruzgar-enerjisi-haritasi/turkiye>. Son Erişim Tarihi: 21.08.2021
34. İnternet: TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Haritası, (2021). URL: [Bepa.enerji.gov.tr](http://Bepa.enerji.gov.tr). Son Erişim Tarihi :21.08.2021

**DİZİN**

---

**B**

Biyokütle ·4,10,11,14

---

**D**

Dirençlilik·4,7,10,22,23,28,29

---

**E**Enerji · 1,2,4,5,27,28,41  
Enerji Yönetimi· iv  
Enerji dirençliliği· 10,39,46,

---

**F**

Fosil yakıtlar ·5,6,9,17,18,46

---

**G**

Güneş enerjisi·3,4,10,11,12,20,21

---

**H**

Hidroelektrik enerjisi ·11,15,46

---

**K**

Kömür·1,3,5,6,7,8,9,10,17rüzgar

---

**N**

Nükleer Enerji· 1,3,5,9,10,17,18

---

**P**

Petrol·1,3,5,6,7,8,9,10,17

---

**R**

Rüzgar enerjisi ·10,12,34,35,45

---

**Y**Yenilenebilir  
enerji·4,5,9,10,11,17



**TEKNOVERSİTE**





teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

**İSTE**

