T.C
Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İktisat Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

YENİLENEBİLİR ENERJİNİN FOSİL YAKIT TÜKETİMİ AÇISINDAN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Büşra YAKŞİ
18921004

Danışman
Doç. Dr. Pelin KARATAY GÖGÜL

Diyarbakır 2021

T.C
Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
İktisat Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

YENİLENEBİLİR ENERJİNİN FOSİL YAKIT TÜKETİMİ AÇISINDAN ÇEVRESEL ETKİLERİ

Büşra YAKŞİ
18921004

Danışman
Doç. Dr. Pelin KARATAY GÖGÜL

Diyarbakır 2021

TAAHHÜTNAME

SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "Yenilenebilir Enerjinin Fosil Yakıt Tüketimi Açısından Çevresel Etkileri" adlı tezin tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve tez yazım kılavuzuna uygun olarak hazırladığımı taahhüt eder, tezimin kağıt ve elektronik kopyalarının Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü arşivlerinde saklanmasına izin verdiğimi onaylarım. Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

15/07/2021

Büşra YAKŞİ

ÖN SÖZ

Yenilenebilir enerji ve çevre konusunu araştırdığımız bu çalışmanın hazırlanma aşamasında bilgi, görüş ve önerilerini benimle paylaşmaktan sakınmayan; tez yazım sürecinde yol göstericiliğini ve öğreticiliğini esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Pelin KARATAY GÖGÜL hocama, çalışmayı tamamlarken; verilerin analizi, değerlendirilmesi ve yorumlanması gibi kritik noktalarda ihtiyaç duyduğum desteği benden esirgemeyen, sabır ve itina ile beni destekleyen, özverili çalışması ile kendime her daim örnek alacağım Doç. Dr. Mehmet SONGUR hocama teşekkürlerimi arz ederim.

Büşra YAKŞİ

Diyarbakır-2021

ÖZET

Yenilenebilir enerji teknolojileri temiz kaynak olarak kabul edilir ve bu kaynakların optimal kullanımı çevresel tahribat etkilerini minimuma indirir. Bugün karşı karşıya olduğumuz çevre sorunlarına çözüm bulmak, sürdürülebilir kalkınma için uzun vadeli potansiyel eylemler gerektirmektedir. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynakları en verimli ve etkili çözümlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Avrupa Birliği 1990 yılına kıyasla sera gazı emisyonlarını 2050 yılına kadar %80-95 oranında azaltma hedefi belirlemiştir. Bu yol haritasını uygulamak için dünyamızın kaynak kullanma kapasitesini yenilenebilir enerji ile geliştirmesi gerekmektedir. Yenilenebilir enerji ile ilgili beklenen senaryolar bu çalışmada kapsamlı bir biçimde tartışılmıştır.

Bu çalışmanın amacı enerji konusuna genel perspektiften bir bakış sunmanın ardından yenilenebilir enerji tüketimi ve fosil yakıt tüketiminin çevre üzerindeki etkilerini tartışıp, bulgulara paralel yönde yeni bir bakış açısı sunabilmektir. Bu çalışma yürütülürken yenilenebilir enerjinin yanı sıra; enerji tedarik sorununa, arz ve talep yönetimine, enerji güvenliği, verimlilik çalışmaları gibi enerji tabanlı diğer konulara da yer verilmiştir. Ayrıca yenilenebilir enerji teknolojileri ile birlikte mevcut çevre sorunlarına ve bu sorunların olası çözümlerine de yer verilmiştir.

Çalışmanın uygulama kısmında ise 1992-2014 yılları için 23 Avrupa Birliği Ülkesi ve Türkiye'deki toplam fosil yakıt tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, CO2 emisyonu ve GDP verileri Stata 14.2 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Sabit etkiler modeli ile elde edilen bulgular sonucunda yenilenebilir enerji ile fosil yakıt tüketimi arasında negatif bir ilişki olduğu ortaya konulmuştur. Bu negatif ilişki bize yenilenebilir enerjinin artmasıyla fosil yakıt tüketiminin düşebileceğini göstermektedir. Çalışmada bu ilişiğin katsayıları şu şekilde ifade edilmiştir;

yenilenebilir enerjide meydana gelen %1'lik bir artış fosil yakıt tüketimini %0.05 azaltmaktadır.

Anahtar Sözcükler

Yenilenebilir enerji, fosil yakıt tüketimi, sera gazı emisyonları, çevre, CO_2 salınımı, enerji güvenliği.

ABSTRACT

Renewable energy technologies are considered as clean resources and the optimal use of these resources minimizes the effects of environmental destruction. Finding solutions to the environmental problems we face today requires potential long-term actions for sustainable development. In this context, renewable energy sources emerge as one of the most efficient and effective solutions. The European Union has set a target of reducing greenhouse gas emissions by 80-95% by 2050 compared to 1990. To implement this roadmap, our world needs to develop its resource utilization capacity with renewable energy. The expected scenarios related to renewable energy are discussed extensively in this study.

The aim of this study is to present a new perspective in parallel with the findings by discussing the effects of renewable energy consumption and fossil fuel consumption on the environment, after presenting a general perspective on energy. While carrying out this study, besides renewable energy; The problem of energy supply, supply and demand management, energy security and other energy-based issues such as efficiency studies are also included. In addition, current environmental problems and possible solutions to these problems are also included with renewable energy technologies.

In the application part of the study, the total fossil fuel consumption, renewable energy consumption, CO2 emissions and GDP data in 23 European Union Countries and Turkey for the years 1992-2014 were analyzed using the Stata 14.2 package program. As a result of the findings obtained with the fixed effects model, it was revealed that there is a negative relationship between renewable energy and fossil fuel consumption. This negative relationship shows us that fossil fuel consumption may decrease with the increase of renewable energy. In the study, the coefficients of this

relation are expressed as follows; A 1% increase in renewable energy reduces fossil fuel consumption by 0.05%.

Keywords

Renewable energy, fossil fuel consumption, greenhouse gas emissions, environment, CO2 emissions, energy security.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

ÖN SÖZ ..... **I**
ÖZET ..... **II**
ABSTRACT ..... **IV**
İÇİNDEKİLER ..... **VI**
TABLO LİSTESİ ..... **VIII**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **X**
GİRİŞ **1**
BİRİNCİ BÖLÜM .....
ENERJİ KONUSUNA GENEL BAKIŞ **3**
1.1. ENERJİNİN BİR SORUN HALİNE DÖNÜŞÜMÜ **7**
1.1.1. Enerji Tüketimi ve Enerji Talebi 14
1.1.2. Türkiye'deki Enerji Tüketimi 19
1.1.3. Enerji Güvenliği Kavramı 27
1.1.3.1. İki Boyutlu Güvenlik Kavramı 31
1.1.3.2. Doğal Kaynak Laneti (Bolluk Paradoksu) 34
1.1.4. Enerji Verimliliği 36
İKİNCİ BÖLÜM **43**
YENİLENEBİLİR ENERJİ GÖRÜNÜMÜ **43**
2.1. YENİLENEBİLİR ENERJİNİN GELECEĞİ **50**
2.2. GÜNEŞ ENERJİSİ **54**
2.3. RÜZGÂR ENERJİSİ **59**
2.4. HİDROELEKTRİK ENERJİ **65**
2.5. JEOTERMAL ENERJİ **72**
2.6. BİYOKÜTLE ENERJİSİ **76**
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM **80**

LİTERATÜR ÖZETİ 80
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM 91
AMPİRİK ANALİZ 91
4.1. VERİ SETİ 91
4.2. MODEL 91
4.3. TAHMİN YÖNTEMİ 92
4.4. BULGULAR 94
SONUÇ 96
KAYNAKÇA 99
EKLER 110

TABLO LİSTESİ

Sayfa No.

tablo 1: Enerji Kaynaklarının Genel Sınıflandırılması 11
Tablo 2: Üretimin Tüketimi Karşılama Oranları (1991-2002) 12
Tablo 3: Enerji Oluşturmak Ve İşlemek İçin Ekonomik, Ekolojik Ve Sosyal Ön Koşullar 13
Tablo 4: Net Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı 22
Tablo 5: Türkiye'nin Birincil Enerji Kaynakları Ve Rezervleri (Milyon Ton) 25
Tablo 6: Enerji Güvenliğine Yönelik Unsurlar, Faktörler Ve Tehditler 28
Tablo 7: Standart Ve Enerji Verimliliğine Sahip Ürünlerin Karşılaştırılması 38
Tablo 8: Çok Zamanlı Tarifeye Göre Standart Ve Enerji Verimliliğine Sahip Ürünlerin Karşılaştırılması 38
Tablo 9: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Kullanım Alanları 47
Tablo 10: Yenilenebilir Kaynakların Gayri Safi Yurtiçi Enerji Tüketimindeki Payı 2015 (%) 49
Tablo 11: 2040'a Kadar Küresel Yenilenebilir Enerji Senaryosu 53
Tablo 12: Güneş Fotovoltaik Tanımları 56
Tablo 13: Türkiye'deki İllere Göre Rüzgâr Enerji Potansiyeli 61
Tablo 14: Ab Ülkelerinde Hidroelektrik Kaynaklardan Toplam Elektrik Üretimi (2010-2015) 65
Tablo 15: Ab Ülkelerinde Hidroelektrik Hariç Ye Kaynaklardan Elektrik Üretimi (2010-2015) 67
Tablo 16: Türkiye'de Devrede Olan Jeotermal Elektrik Santralleri 74
Tablo 17: Türkiye'nin Ana Biyokütle Üretimi 77
Tablo 18: Bepa'da-Türkiye'ye İlişkin Bazı Genel Bilgiler 78
Tablo 19: Ye Ve Co_2 Salınımının Ekonomik Ve Çevresel Etkilerini İnceleyen Çalışmalar 86

Tablo 20: Statik Tahmin Sonuçları (Model-1)..... 94
Tablo 21: Statik Tahmin Sonuçları (Model-2)..... 95

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No.

Şekil 1: Dünya Enerji Tüketimi-Şekil 2: Enerji Kaynaklarının Küresel Payları 16
Şekil 3: Sektörlere Göre Toplam Nihai Tüketim, Türkiye 1990-2018 24
Şekil 4: Avrupa Birliği'nde Yenilenilir Enerjiden Elektrik Üretiminin Tarihsel Gelişimi (1990-2007) 49
Şekil 5: Dünya Güneş Enerjisi Haritası 57
Şekil 6:Türkiye Rüzgâr Enerji Haritası 64

GİRİŞ

Yüksek düzeyde düzenlenmiş bir endüstriden bir başka endüstriye geçişte rekabet ortamı, ortaya çıkan belirsizlikleri uygun şekilde hesaba katmak için yeni yatırımlar için değerleme yöntemlerinin yeniden ayarlanmasını gerektirir. Bugün dünyanın alışık olduğu birincil enerji sektöründen yenilenebilir enerji sektörüne geçişi zorlukla dolu bir mücadele gibi görünse dahi gelecek senaryoları incelendiği takdirde bu alışkanlıkları değiştirmenin kayda değer olacağını söyleyebiliriz. Dünya, yenilenebilir enerji kaynaklarının %14'nden enerji elde etmektedir (Panwar,2010). Yenilenebilir enerji (YE); biyokütle, hidroelektrik, jeotermal, güneş, rüzgar ve deniz enerjileri gibi yerli, temiz veya tükenmeyen enerji kaynaklarını içermektedir. Kıyı ve diğer rüzgarlı bölgelerdeki rüzgar enerjisi umut verici bir enerji kaynağıdır. Büyük ölçekli hidroelektrik, küresel elektriğin yüzde 20'sini sağlıyor. Güneş enerjisi ise güneşlenme süresinin uzun olduğu bölgelerde oldukça umut vaad eden bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde yaşam kalitesindeki iyileşmeler, gelişmekte olan ülkelerin sanayileşmesi ve dünya nüfusunun artmasıyla birlikte fosil yakıtların tüketimi çarpıcı bir şekilde artmaktadır. Bu aşırı fosil yakıt tüketiminin yalnızca azalan fosil yakıt rezervlerinin oranında bir artışa yol açmasının yanı sıra, sağlık risklerinin artmasına ve küresel iklim değişikliği tehdidine neden olarak çevre üzerinde önemli bir olumsuz etkiye sahip olduğu uzun zamandır kabul edilmektedir. Çevresel iyileştirmelere yönelik değişiklikler, özellikle gelişmiş ülkelerde, küresel olarak politik olarak daha kabul edilebilir hale geliyor. Toplum yavaş yavaş daha sürdürülebilir üretim yöntemleri, atıkların en aza indirilmesi, araçlardan kaynaklanan hava kirliliğinin azaltılması, dağıtılmış enerji üretimi, yerel ormanların korunması ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasına doğru ilerliyor. Enerji krizi üzerine mevcut enerji taleplerini karşılamak için artan fosil yakıt tüketimi, gelişen dünyanın artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak için yenilenebilir alternatifleri teşvik etmeye olan ilginin

yeniden canlanmasına neden oldu. Fosil yakıtların aşırı kullanımı karbondioksit ile küresel ısınmaya neden olmuştur; bu nedenle, temiz enerjinin yenilenebilir teşviki hevesle gereklidir.

Yenilenebilir enerji kaynakları dünyanın geleceği ile ilgili önemli bir rol oynayacaktır. Enerji, teknolojinin dönüştürülebilir para birimidir. Enerji olmadan, bildiğimiz gibi toplumun tüm dokusu parçalanır; Bir şehre elektrik tedarikinde 24 saatlik bir kesintinin etkisi, bu özellikle yararlı enerji biçimine ne kadar tamamen bağımlı olduğumuzu gösteriyor. Bilgisayarlar ve asansörler çalışmaz hale gelir, hastaneler bakım ve bakım seviyesine düşer ve ışıklar söner. Nüfus arttıkça, çoğu ortalama %2'den daha hızlı bir şekilde, daha fazla enerji ihtiyacı daha da şiddetleniyor.

Enerji temini ve kullanımı ile ilgili sorunlar sadece küresel ısınmayla değil, aynı zamanda hava kirliliği, asit çökeltisi, ozon incelmesi, orman tahribatı ve radyoaktif madde emisyonu gibi çevresel kaygılarla da ilgilidir. İnsanlığın parlak bir başarıya ulaşması için bu konuların aynı anda dikkate alınması gerekir. Bu nedenle bu çalışmada detaylı bir şekilde enerji konusu irdelenecek. Birincil kaynakların tanımı yapılacak ve çevre üzerinde yarattığı tahribata dikkat çekilecektir. Ardından yenilenebilir enerji kaynaklarının tanımı yapılacak ve olası kullanım alanları, potansiyelleri ve maliyetlerine dikkat edilecektir. Çalışmanın son kısmında ise elde edilen verile aracılığı ile bir panel veri seti oluşturularak yenilenebilir enerji ile fosil yakıt tüketimi arasında bir bağıntı araştırılacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KONUSUNA GENEL BAKIŞ

Her nesil yaşadığı dönemde yeni fırsatlar ve keşfedilmemiş zorluklarla karşı karşıyadır. Dünya üzerinde her dönemde keşfedilen fırsatlardan önce faydalanılmış ancak zaman içerisinde fayda elde edilen bu fırsatlar sömürülmeye başlanmıştır. Bir nesil tarafından keşfedilen ve sömürülen bu fırsatlar bir diğer nesil için zorluklara neden olabilmektedir (Armaroli & Balzani, 2007). Fosil yakıtlar 20. yüzyıl için şaşırtıcı fırsatlar sunmuştur. Fakat 20. yüzyıl neslinin keşfettiği bu fırsat 21. yüzyılda insanlığı fosil yakıt kullanımından kaynaklanan zorluklarla yüzleşmek zorunda bıraktı. Sera gazı salınımları, iklim değişikliği, küresel ısınma, karbon salınımı, insan sağlığını tehdit eden kötü çevre koşulları, yetersiz rezervler vs. gibi sorunlar bir önceki nesilden bizim neslimizin omuzlarına yüklenen yük olarak kaldı.

Dünyanın enerji susuzluğu gittikçe belirginleşen bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Esasında enerjiye erişim probleminin dünya tarihi kadar eskiye dayandığı tahmin edilmektedir. Çünkü insanlık var olduğu günden bu yana enerjiden her zaman faydalanmıştır. İlk insanlar doğal hareket ve biyolojik enerjileri ile hayatta kalmaya çabalamış, sonraki dönemlerde ateş keşfedilmiş, ısınmak için güneş enerjisinden, aydınlanma için ay ışığından faydalanan insanoğlu enerjiyi farklı formlarda kullanılabilir hale getirmeyi başarmıştır ve doğa her zaman insanlık için bir tür enerji imkânı sunmuştur. İlkel dönemlerde doğal yöntemlerle ulaşılan enerji zamanla oldukça farklı formlara dönüşmüştür.

Enerji ve çevre kavramları geçmiş dönemlerde günümüzdeki gibi sıklıkla bir arada anılmamaktaydı. Gerek dönemin çevre bilinci eksikliğinden gerekse birincil kaynakların yol açtığı tahribatın habersizliğinden bu iki olgu arasındaki ilişki göz ardı edilmekteydi. Ancak yukarıda da bahsedildiği gibi; "*bir nesil tarafından keşfedilen bir fırsat bir diğer nesil için zorluklara neden olabilmektedir."* Önceki nesillerin enerji

ihtiyacını temin ederken kaynakları bilinçsiz kullanımı ve çevre faktörüne yeterli özeni göstermemesi birçok problemin kümülatif bir şekilde günümüze ulaşmasına zemin hazırlamıştır.

18. Yüzyılda sanayi devriminden hemen sonra insanlığın enerjiye olan talebi keskin bir şekilde artış göstermiştir. Tarıma dayalı geleneksel toplumdan sanayi toplumuna evrilen ülkeler için enerji üretimin bir hammaddesiydi. Çünkü sanayileşme yeni bir yaşam tarzını da beraberinde getirmişti. Evler ve işyerleri birbirinden ayrılmış, evlerde, el tezgâhlarında yapılan üretim artık fabrikalarda makinalar aracılığı ile yapılmaya başlanmıştı (Günay, 2017). Fabrikalarda yapılan üretim ise kent hayatı için bir davetiye niteliğindeydi. Sanayi etrafında başlayan kentleşmeler, şehir hayatına geçişler ve sanayileşmenin etkisi ile neredeyse tüm dünyanın enerji ihtiyacı artış eğilimi göstermiştir. Sanayi devrimi ile birlikte enerji kavramının hayatımızdaki anlamı büyük ölçüde değişmiştir. Sosyolojik ve demografik yapılardaki farklılaşmalar, gelir artışı, makineleşme, kentleşme, ekonomik büyüme vb. birçok unsur enerji talebinde artışlar meydana getirmiştir. Tüm bu ekonomik ve teknolojik gelişmelere paralel bir şekilde büyüyen enerji ihtiyacımız artan nüfus ile birlikte günden güne yukarı yönlü bir ivme kazanmaya başlamıştır.

19. yüzyıla gelindiğinde ise elektrik enerjisinin kullanım alanlarındaki çeşitlilik göze çarpmaktadır. Bu yüzyılın başlarında özellikle cadde, sokak, ev ve iş yerlerinin aydınlatılması için kullanılan elektrik 19. yy sonlarına gelindiğinde ise artık küresel bir özellik kazanmıştır. Bu dönemde dünyada pek çok yerde elektrik santralleri kurulmaya ve elektrik yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Özdemir, 2016). 20 yüzyıl ise yukarıda bahsedildiği gibi fosil yakıtların nesli olurken 21. Yüzyılın yenilenebilir ve sürdürülebilir enerjinin nesli olması beklenmektedir. Ekonomik büyüme ile enerji konusunun doğru orantılı bir ilişkide olduğunu göz önünde bulundurarak; daha fazla üretim yaparak ekonomisini büyütmek isteyen hükümetler, daha fazla kâr elde etmek isteyen işletme sahipleri, kent yaşamının rahatlığından faydalanmak ve daha yüksek gelir ile çalışmak isteyen hane halkı enerji denkleminde talebi artıran bölümü oluşturmaktadır. Öyleyse gelişmekte olan ülkelerin ekonomik gelişimlerini desteklemek ve sosyal refahı korumak için geçmiş yüzyıllarda başlayan

enerji taleplerini karşılayacak arayışlara yönelmeleri günümüzde ve sonraki kuşaklarda devamlılık göstereceğini söylemek mümkündür.

Geçmiş yüzyıllarda başlayıp günümüze kadar devam eden enerji problemi hala küresel ve ulusal düzeyde neredeyse tüm dünya ülkeleri tarafından önemini kabul ettirmiş konular arasındadır. 21 yüzyılın diğer nesillerden farkı enerji erişim problemine ek olarak iklim değişikliği, insan sağlığı tehlikesi, çevre faktörleri gibi başka problemlerin de baş göstermesidir. Ancak enerji ile ilgili problemler yalnızca küresel ısınma ile alakalı değil aynı zamanda hava kirliliği, ozon delinmesi, asit yağmurları, orman tahribatı ve radyoaktif maddelerin yayılması gibi çevresel birçok soruna neden olmaktadır (Dincer, 2000). Bu tarz çevre sorunları doğayı tahrip etmekte ve doğal yaşam dengesini bozmaktadır. Tahrip olmuş bir doğada yaşamak tüm canlılar için hayatın nimetlerinden tam anlamıyla faydalanamamayı ifade etmektedir. Hali hazırda bir yanda enerji üretimi için ihtiyaç duyulan fosil kaynaklar, diğer yanda ülkelerin yeterli fosil kaynak rezervlerinin bulunmaması ve kullanılan kaynakların çevresel zararları göz önünde bulundurulduğunda ülkelerin enerji ihtiyacını karşılamak oldukça güç bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Enerji problemlerini eski ve yeni olarak iki şekilde inceleyebiliriz. Böylece problem olarak gördüğümüz kavramların uğradığı değişikliği anlamak daha kolay olacaktır. 1970'li yıllarda yaşanan krizler petrol ve doğalgaz kaynaklıydı. Dolayısıyla politik olarak güdülenen arz kesintileri, fiyat şokları ve kaynak yoksunluğu gibi negatif etkileri ekonomi üzerinde tezahür etmiştir. Ancak yeni olarak nitelendirebileceğimiz krizler kaynak yoksunluğundan ziyade çevre ile ilgili endişeler, doğa tahribatı, küresel iklim değişikliği, sera gazı salınımları, hava kalitesizliği ve insan sağlığı gibi sosyal ve çevresel konular üzerine etki etmiştir. 1970'li yılların enerji problemi doğrudan enerji problemi ile ilgili iken günümüzün enerji sorunu enerji kaynaklarının yan etkileri ile ilgilidir (Kempton vd., 1992).

Enerji modern yaşamın ayrılmaz bir parçası olan sosyo-ekonomik kalkınmada oldukça önemli bir rol üstlenmektedir. Bu çalışmada da sıklıkla bahsedileceği üzere enerji ekonominin ve ekonomik gelişmenin temel yapı taşlarından biridir. Günümüzde enerji talebinin büyük bir kısmı fosil yakıtlar tarafından karşılanmaktadır. 20. yüzyıl için nimet niteliğinde olan fosil yakıtlardan günümüzde hâlâ faydalanılmaktadır.

Ancak farklı olarak fosil yakıtların her zaman süregelen çıkarılma, taşınma ve işlenme zorluğuna ilaveten çevre üzerinde yol açtığı tahribat ve yıkım etkisi günümüzde daha fazla irdelenen bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Artan çevre bilinci, teknolojik gelişmeler veya fosil yakıtın çıkarılmasından kaynaklanan tahribatın zamanla fark edilmesi bu konunun ilgi odağı haline gelmesine sebep gösterilebilir. Nihai neden ne olursa olsun fosil yakıtların çevreyi tahrip etmesi günümüzün başlıca problemleri arasında yer almaktadır.

Gelecek nesillerin ihtiyaç duyacağı kaynakları yağmalamadan, ekosistemi tahrip etmeden ve petrol zengini ülkelerin boyunduruğu altına girmeden enerji elde etmek her zaman ulaşılmak istenen bir amaç olmuştur. Bu arayışta ilk olarak karşılaşılan problem hızlı nüfus artışına paralel olarak yaşanan talep patlamasıdır (Devabhaktuni vd., 2013). Artan nüfusun enerji talebini yükselttiği bu talep artışının ekonomileri büyüttüğü ancak bir noktada enerji temin etmede bir problem ile karşılaşıldığında ekonomileri buhrana sürükleyeceği de bilinen bir gerçektir. Artan enerji talebi, arz-talep uyumsuzluğu, çevresel kaygılar, ulusal güvenlik, ekonomik büyüme ve toplum refahı gibi birçok kavram yenilenebilir enerji kaynaklarına dönmenin artık bir zorunluluk haline geldiğine işaret etmektedir.

Dünya sürdürülebilir kalkınma ve ekonomik büyümenin lokomotifi görevini gören enerji talebini günümüzde artık temiz kaynaklardan elde edilebileceğini anlamış bulunmaktadır. Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) ilk kez 1987 yılında sürdürülebilir kalkınmayı *"gelecek nesillerin yeterliliğinden ödün vermeden günümüz ihtiyaçlarını karşılamak"* olarak tanımladı (Goldemberg, 2007). Bu tanım çoğu sosyal bilimci arasında tartışmalara yol açsa da sanayileşmenin etkisi ile artan enerji ihtiyacı, enerji güvenliği, enerji temin etmede karşılaşılan problemlere ek olarak artık enerji sürdürülebilir temiz enerji kaynak arayışı, minimum çevre tahribatı ile enerjiye ulaşma gibi olgularla birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Çünkü artan enerji talebine karşılık ne yazık ki dünyamızda enerji ihtiyacımızı karşılayacak kadar yeterli fosil yakıt rezervi bulunmadığı bilinmektedir. Bazı araştırmacılar fosil yakıt rezervlerinin önümüzdeki 35 yıl içinde tükeneceğini söylerken bazı araştırmacılar ise bu sürenin daha uzun olabileceğini öngörmektedir. İki farklı iddianın ortak paydası ise kaynakların sonsuza kadar sürmeyeceği ve bir gün tükenme noktasına ulaşacak oluşudur. Öyleyse enerji

arzı için kaynak arayışları fosil yakıtlara yönelik değil sürdürülebilir kaynaklara yönelik olmalıdır ki gelecek nesiller enerji ihtiyaçlarını karşılarken tahrip edilmiş bir doğa ile baş etmek zorunda kalmasın.

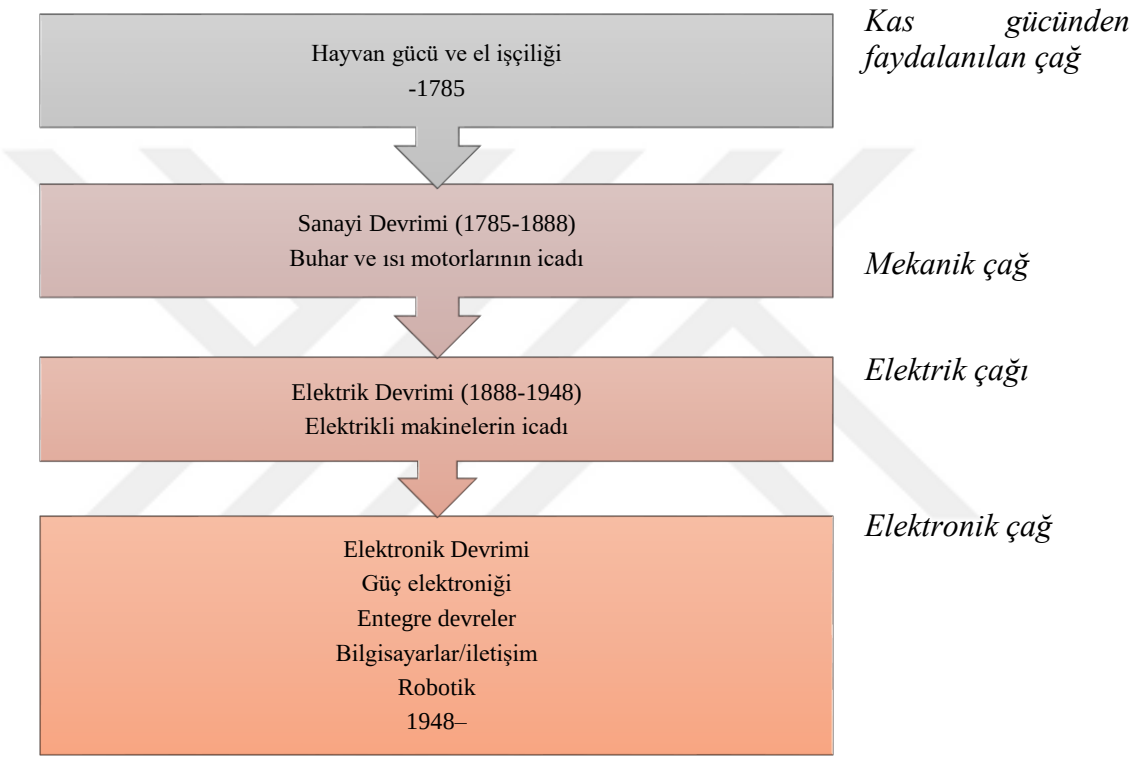
Bu bağlamda aslında yenilenebilir enerji ve fosil yakıt tüketimi üzerine hazırlanmış olan bu çalışmanın ikinci bölümünde yer verilen yenilenebilir enerji kaynaklarının tanımları, faydaları ve zorluklarının daha iyi anlaşılması için ilk bölümde enerji öznesinin bir bütün olarak ele alınması, arz kaynaklarının çeşitlendirilmesinin neden bu denli önem teşkil ettiği, enerji sorununun arka planında neler olduğu, enerjinin neden ulusal bir tehdit oluşturduğu gibi enerji konusunun algoritmalarına kavramsal çerçevede değinmek konunun anlaşılırlığı yönünden daha faydalı olacaktır. Nitekim (Suganthi & Samuel, 2012)'nin de belirttiği üzere *"ülkeler enerji taleplerini yönetirken yenilenebilir enerji sistemleri, güvenli tedarik, enerji kaynaklarının verimli yönetilmesi, enerji tasarrufu, enerji güvenliği, çevre dostu uygulamalar, uygun maliyetli seçenekler, ticari olarak uygun alternatifleri içeren bir dizi faktörü göz önünde bulundurmalıdır.*" Bu tanımdan yola çıkarak; "enerji konusu irdelenirken veya herhangi bir çözüm önerisi sunulurken bu konu ekonomik, siyasal, sosyal ve çevresel elementleriyle birlikte değerlendirmeli ve bir zincirin iç içe geçen halkaları gibi düşünülmeli" yargısına varabiliriz. Olası çözümler, yatırımlar ve yürütülecek çalışmalar gelecek nesiller için de atılmış bir adım olmalı ve nesiller boyunca varlığını sürdürmelidir. Tıpkı Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nun tanımında yer aldığı gibi gelecek nesillerin yeterliliğinden ödün vermeden, onların sağlıklı bir çevrede ulaşılabilir kaynaklarla yaşama hakları gözetilerek kendi ihtiyaçlarımız için çabalamak en makul çözüm yöntemi olacaktır.

1.1. ENERJİNİN BİR SORUN HALİNE DÖNÜŞÜMÜ

Enerji teminatı insanlığın neredeyse her döneminde karşılaştığı bir sorun olmuştur. Toplumsal gelişme sürecine baktığımızda ilkel topluluklar fizyolojik ihtiyaçları için enerji talep ederken; tarım toplumu toprağın işlenmesi için enerjiye ihtiyaç duymuştur. Sanayi toplumunda ise buharlı makinelerin icadı ile enerji sağlanmış fakat bu durum kaynak ihtiyacını arttırmıştır. Sanayi devrimiyle birlikte enerji ihtiyacı şekil değiştirmeye başlamış ve artık fizyolojik güç ile hayvan gücünden elde edilen ve el yapımı aletlerle sağlanmaya çalışılan enerji ilk kez makineler aracılığı

ile kullanılmaya başlanmıştır. Farklılaşan enerji ihtiyacımızı anlamak, teknolojinin enerji talebi üzerinde ne denli etkili olduğunu göstermek için figür 1'de endüstriyel uygarlığın devrimine yer verilmiştir. Yaşanan endüstriyel devrim 4 farklı çağın yaşanmasına zemin hazırlamıştır. Makineleşme, elektrik hizmetlerinin artması ve teknolojik gelişmeler enerji talebini artırmış bu da mevcut kaynakların (o dönemler için çoğunlukla kömür) kullanımını hızlandırmıştır.

Figür 1. Endüstriyel Uygarlığın Devrimi



Kaynak: (Bose, 2010)

1700'lü yıllarda tarım toplumlarının üretim yapıları teknolojik gelişme ve kümülatif sermaye birikiminden mahrum olduğu için basit üretim yöntemlerine dayanmaktaydı. O dönemlerde daha çok kas gücü ve hayvan gücü enerjide bir girdi olarak kullanılmıştır. Ancak bu yetersiz girdiler üretim hızını nispeten yavaşlatmıştır (Kim vd., 2010).

Bose'nin kas gücü olarak isimlendirdiği (figür 1) ilkel dönem toplumlarında enerji el işçiliği ve hayvan gücünden sağlanıyordu. Dolayısıyla üretim çıktıları da daha basit ölçekteydi. Bu durum üretim hızının yatay eksende ilerlemesine yol açmıştır.

Çünkü teknoloji ve sermaye birikiminin yarattığı geniş üretim yapısına sahip toplumlar ilerlemek ve üretimi artırmak için ihtiyaç duyulan enerjiyi makinalar aracılığı ile sağlarken tarım toplumunda hala basit yöntemler kullanılmaktaydı. Mekanik çağ ise tarih kitaplarından aşina olduğumuz sanayi devrimini temsil etmektedir. Buharlı makinelerin icadı ile üretim hızla artmış bu durum enerjiye olan talebin artmasına yol açmıştır. 1880'li yılların sonunda icat edilen elektrikli makinalar elektrik devriminin yaşanmasına sebep olmuştur. Bu dönemde elektriğe olan talebin doğrudan artması enerji hizmetleri talebini dolaylı bir biçimde artırmıştır.

Elektronik çağ olarak isimlendirilen dönem (bazı kaynaklarda bilişim veya teknoloji çağı olarak da geçer) aslında sanayi toplumundan evrildiğimiz günümüz bilgi toplumunu temsil etmektedir. Üst düzey teknolojinin kullanıldığı, bilgisayar sistemlerinin, entegre devrelerin ve robotların söz sahibi olduğu bu dönemde tüm enerji hizmetlerine olan talep neredeyse had safhadadır. Figür 1'de görüldüğü gibi kas gücünden fayda sağlanan dönemden mekanik çağa, sanayi devriminden günümüz bilgi toplumuna kadar tüm toplumsal süreçlerde gereksindiğimiz enerjiyi elde etmenin bir yolu her zaman bulunmuştur. Ve nihayetinde bir takım farklılıklara bürünmüş olsa dahi enerji hâlâ bir gereklilik olmaya devam etmektedir.

Yukarıda belirtildiği üzere enerji temin etmek her dönemin koşullarına göre çeşitli zorluklarla karşı karşıya kalmıştır. Ancak günümüzdeki enerji teminatının bir problem olması temelde 1970'li yıllardaki petrol krizine dayanmaktadır. Çünkü 1970 öncesi dönemde petrolün siyasal bir silah olacağa pek akla gelmemekteydi (Öztürk & Saygin, 2017). Dünya, 1973 yılında petrol şokuna tanıklık etti. O yıl petrol üreten ve ihraç eden ülkeler (OPEC) aniden tek taraflı olarak petrol fiyatlarını artırdı ve bu durum üretim maliyetleri üzerinde bir baskı oluşturdu. Artan petrol fiyatları ve yükselen maliyetler tüm dünya ekonomileri üzerinde kademeli olarak tahrip edici etkilere yol açtı. Enflasyon artışları, alım gücünün azalması ve bazı mal ve hizmet üretimlerinin düşmesini bu tahribatın örnekleri arasındadır (Çaha, 2006).

Enerji sorununu, ulusların enerji arz kesintilerinden muzdarip hallerine; ulusal güvenliklerini ve ekonomilerini tehdit eden hızlı fiyat artışlarının da eşlik ettiği bir durum olarak tanımlayabiliriz. Ekonomiye yönelik tehdit büyüme hızının düşmesi, enflasyon artışı, ülkeden sermaye çıkışı olması ve yüksek miktarlardaki yatırımların

kaybedilmesini temsil ederken; ulusal güvenliğe yönelik tehdit ise devletin enerji konusunda yetersizliğinden ötürü meydana gelebilecek sorunları temsil etmektedir (J. L. Williams & Alhajji, 2003).

Görüldüğü üzere atıfta bulunulan iki yazar da enerji arzında meydana gelebilecek problemlerin ekonomik büyüme üzerindeki olumsuz etkilerine değinmektedir. Enerji sorununun yanı sıra yaşanan siyasal krizler de ekonomik gerilemeye yol açmaktadır. 1973'te yaşanan petrol krizinin yıkıcı etkileri yıllar içerisinde etkisini göstermeye devam etmiştir. 1979 yılında tekrar tezahür eden ikinci petrol şokunun yaşanmasına zemin hazırlayan unsurlardan birinin de birinci petrol krizi olduğu düşünülmektedir.

1979 yılında yaşanan ikinci petrol şoku, 1980 yılında iki petrol zengini ülke arasında (İran-Irak) gerilimi artırmıştır. Yaşanan bu kriz dönemi, petrol fiyatlarını yükseltmekle kalmamış enerji güvenliği sorununu da gündeme getirmiştir. Çünkü dünya, petrol zengini ülkelere bağımlı olmanın her zaman risk altında olmayı gerektirdiğini anlamıştı. Günümüzde ise petrol ve fosil yakıtlara olan bağımlılık, enerji güvenliğinin yanı sıra ulusal güvenlik için de tehlike oluşturmaktadır (Abbasi vd., 2011).

1973 ve 1979 yıllarında yaşanan iki enerji krizi ele alındığında bazı ortak unsurlar göze çarpmaktadır. Bu unsurlar incelendiğinde her iki krizde;

- Petrol üreten ülkelerde yaşanan siyasal krizlerle başladı
- Az sayıdaki tedarikçi ile yapılan yüksek ithalat yoğunluğu
- Düşük petrol stokları
- ABD'de petrol üretimindeki düşüş
- Yüksek petrol ithalatına bağlılık
- Petrol endüstrisi harcamalarının düşük seviyesi
- Spekülasyonlar
- Ekonomik gerilemeye neden olması
- Orta Doğu'da bir veya daha fazla tedarikçinin kesintiye uğraması durumunda sınırlı ABD politika seçenekleri ile ilişkilendirildi.

Yaşanan krizleri yetersiz petrol, ithalat payının fazlalığı, ekonomik gerileme ve tedarik yoksunluğu olmak üzere 4 ana neden ile genellemek mümkündür. Bu genellemeden yola çıkarak 1970'li yıllarda (yukarıda eski enerji problemi olarak bahsedilen dönem) enerjinin bir sorun haline gelmesinin başlıca nedenleri arasında yetersiz rezervler, dışa bağımlılık, ekonomik refah eksikliği ve kaynak çeşitliliğinin sağlanamamasını sayabiliriz. Eski enerji problemleri olarak adlandırılmış olsa bile günümüzde bu sorunlar hâlâ devam etmektedir. Yetersiz rezervler nedeniyle enerjide dışa bağımlı gelişmekte olan ülkeler tedarik problemini minimize edebilmek için kaynak çeşitlendirme politikaları izlemektedir. Kaynak çeşitlendirme politikalarında eğer enerji ihtiyacı ithalat yolu ile giderilecekse kendi içinde 2'ye ayrılan kaynaklardan yenilenemeyen sınıfını tercih etmek durumundadır (J. L. Williams & Alhajji, 2003). Bu yorumun daha iyi anlaşılması açısından aşağıda enerji kaynaklarına yer verilecektir.

Enerji kaynakları kullanımlarına göre ve dönüştürülebilir olup olmadıklarına göre ayrılmaktadır. Tablo 1'de enerji kaynakları kullanım ve dönüşüm şekillerine göre verilmiştir.

Tablo 1: Enerji Kaynaklarının Genel Sınıflandırılması

Enerji Kaynakları	
Kullanımlarına Göre Kaynaklar	Dönüştürülmelerine Göre Kaynaklar
A) Yenilenemeyen Kaynaklar a) Fosil Kaynaklı - Kömür - Petrol - Doğalgaz a) Çekirdek Kaynaklı - Uranyum - Tonyum	**A) Birincil Kaynaklar** - Kömür - Petrol - Doğalgaz - Nükleer - Biyokütle - Hidrolik - Güneş - Rüzgâr - Dalga, Gel-git
B) Yenilenebilir Kaynaklar - Hidrolik - Güneş - Rüzgâr - Biyokütle - Jeotermal - Dalga, Gel-git - Hidrojen	**B) İkincil Kaynaklar** - Elektrik, benzin, mazot - İkincil kömür - Kok, petrokok - Hava gazı - Sıvılaştırılmış petrol gazı

Tablo 1'de yer aldığı üzere yenilenemeyen kaynaklar sayısal bir şekilde ifade edilebilecek türden kaynaklar olduğu için belli bir ömre sahiptir. Ve gelecekte tükenme riskiyle karşı karşıyadır. Doğanın bize bir hediyesi olan yenilenebilir kaynaklar ise dünya var olduğu sürece varlığını sürdürmeye devam edecek belli bir kullanım ömrü olmayan kaynak türleridir. Hem yenilenemeyen hem de yenilenebilir kaynakları içeren birincil kaynaklar ise *Kaynak: (Koç & Kaya, 2015)* doğrudan enerjiye dönüştürülen kaynakları ifade ederken ikincil kaynaklar bir işlem sonrası kullanılabilir enerjiyi ifadeyi etmektedir.

Yukarıdaki tabloda yer alan petrol, kömür, doğalgaz gibi yenilenemeyen kaynakların belirli bir ömre sahip olması nedeniyle gelişmekte olan ülkeler için uzun soluklu bir çözüm olamayacağını söyleyebiliriz. Dünya üzerinde yenilenemeyen kaynak rezervinin sınırlı olduğu ve bu rezervlerin gelecek 30 yıl içinde tükeneceğine dair teoriler göz önüne alındığında ithalat yoluyla bu kaynaklardan faydalanmak yine kalıcı bir çözüm olmayacaktır. Bununla birlikte olası iç ve dış politikalar sonucu yaşanabilecek siyasi gerilimler de ithal edilen enerjinin kesintiye maruz kalmasına veya daha ağır fiyat politikaları ile fiyatlandırılmasına yol açabilecektir. Bu tür kesintileri önlemek için enerji tüketimini kontrol altına almak, enerji talep ve arzı arasındaki dengeyi sağlamak, enerji bağımsızlığını kazanmak gibi makro ölçekli önlemlerle enerji problemine bir çözüm koridoru sağlamak mümkündür. Bunun yanı sıra mikro sayılabilecek bazı önlemler ile enerji oluşturmak veya enerjiyi korumak da mümkündür. Zira yurtiçi enerji tüketiminin büyük bir kısmı tüketici davranışları ile doğrudan bağlantılıdır. Büyüyen nüfus, kent hayatı, istihdam artışı, farklılaşan iş kolları gibi ekonomik ve sosyal etkenler enerji talebini artırırken bu alanlarda önlem alınması farkındalığını da yaratmaktadır. Aşağıda tablo 2'de 1991 ile 2002 yılları arasındaki üretimin tüketimi karşılama oranlarına yer verilmiştir.

Tablo 2: Üretimin Tüketimi Karşılama Oranları (1991-2002)

Yıllar	**1991**	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**
Üretim (bin tep)	26232	27571	27241	27341	27592	28293	29177	28821	28797	27934	27407	24569
Tüketim (bin tep)	55008	57460	61065	59957	64552	70770	74746	75808	78510	82628	78185	78403

Üretimin tüketimi karşılama oranı (%)	47,68	47,98	44,61	45,6	42,74	39,97	39,03	38,01	36,67	33,8	35,05	31,33

Kaynak: (Selici & Utlu, t.y.)

Tabloya bakarak yıllar içerisinde üretimin tüketimi karşılama oranının azaldığını görebiliriz. Bu durum 2002 yılından sonrası için de devam etmekte ve her geçen gün birincil kaynaklarla üretilen enerjinin tüketimi karşılama oranının azaldığı bilinmektedir. Bu noktada kısa vadede birincil kaynaklardan vazgeçmenin ve yenilenebilir kaynaklara dönmenin zaman alacağı göz önünde bulundurularak bazı mikro ölçekli önlemlerle enerjiyi koruma yoluna gidilebilir. Tüketicilerin ihtiyacını azaltmak, enerji tasarrufu sağlamak, geri dönüşümü mümkün kaynaklarla çevreci önlemler almak, kaynak sınırlandırması ve bölgesel tedbirler gibi ekonomik, çevreci ve sosyal önlemler alarak enerji oluşturmak ve mevcut enerjiyi korumak gibi unsurları bu önlemler arasında sayabiliriz.

Enerji koruma konusunda nüfuslu alanlara yönelmenin enerji bağımsızlığı ve enerji verimliliği üzerinde pozitif bir etkisi olduğunu savunan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar enerji üzerindeki tüketim baskısını azaltacak unsurlardan birinin de tüketici davranışlarını düzenlenmesi ile mümkün olduğu paydasında buluşmaktadır. Bu konuda çalışması bulunan Ilona Yasnolob enerji oluşturabilmek, bu enerjiyi işleyebilmek ve enerji tasarrufu sağlayabilmek için sosyal, ekonomik ve ekolojik ön koşulların sağlanması gerektiğini belirtmektedir (Yasnolob vd., 2019). Tablo 3'te bu çalışmadan derlenen ön koşullara yer verilmiştir.

Tablo 3: Enerji Oluşturmak ve İşlemek İçin Ekonomik, Ekolojik ve Sosyal Ön Koşullar

Kategoriler	Ön şartlar

Ekonomik	1. Tüketicilerin enerji girdilerine olan ihtiyaçlarının azaltılması 2. Enerji tasarruf sistemlerinin gelişimini teşvik etmek ve alternatif enerji kaynakları için yeni alan araştırmak 3. Projelerin geliştirilmesi ve uygulanması için yatırımları çekmek 4. Yerel nüfusun gelirlerini artırma 5. Fazla enerjiyi satarak devlet bütçesi ve yerli nüfus için kâr kaynaklarını artırmak 6. Kaynak çeşitliliğinin sağlanması, yakıt-güç kaynak türlerinin çeşitlendirilmesi 7. Proje uygulaması sırasında ortam sağlanması ve ortak ilişkilerin kurulması 8. Enerji tasarrufu için reklam sağlanması
Ekolojik	1. Doğal çevre kirliliğinin azaltılması 2. Yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımının sınırlandırılması veya sonlandırılması 3. Atıkları veya yan ürünleri üretime dâhil etme 4. Yerli yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı
Sosyal	1. Toplumu ortak hedeflerler çevresinde birleştirmek 2. Yerli nüfusun yaşam standartlarının yükseltilmesi 3. İstihdam düzeyini artırmak 4. Kırsal bölgenin imkânlarını iyileştirmek 5. Kırsal bölgelerde enerji tasarrufunun yaygınlaştırılması 6. Enerji tasarruf sistemleri ve mevcut yerel alternatif enerji türlerini kullanma deneyimini paylaşmak

Kaynak: (Yasnolob vd., 2019)

Bu tabloya göre tüketici hareketlerinin düzenlemesi, bu çalışmada da üzerinde durulan alternatif kaynaklar için yeni alanlar oluşturulması, kaynak artırımı ve kaynak çeşitliliğinin sağlanması, ortaklık ilişkileri gibi unsurlar enerji oluşturmanın ekonomik ön koşulları arasında yer almaktadır. Ekolojik koşullar arasında ise çevre kirliliğini azaltma, geri dönüşüm projeleri, alternatif kaynaklara yönelim gibi unsurlar yer almaktadır. Sosyal olarak bölgesel olarak uygulanabilecek bir takım iyileştirmeler, enerji tasarruf bilincinin aşılanması, toplumda çevre bilinci farkındalığının oluşturulması gibi adımlar atılarak enerji oluşturmaya zemin hazırlanabileceğini söylemek mümkündür. Enerji tüketim davranışlarının daha iyi anlaşılması için bir alt başlıkta enerji tüketimi ve talebi konusuna yer verilecektir. Artan enerji tüketim oranları tüketim hareketlerini sınırlamanın gerekliliğini ortaya koyacaktır.

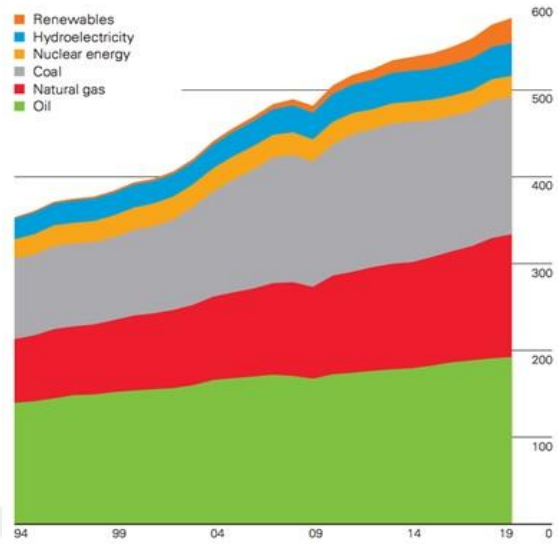
1.1.1. Enerji Tüketimi ve Enerji Talebi

Enerji ekonomik gelişme, sosyal eşitlik ve çevresel sürdürülebilirlik arasındaki köprüyü inşa eden bir element olması sebebiyle "*Altın İplik*" olarak adlandırılmaktadır

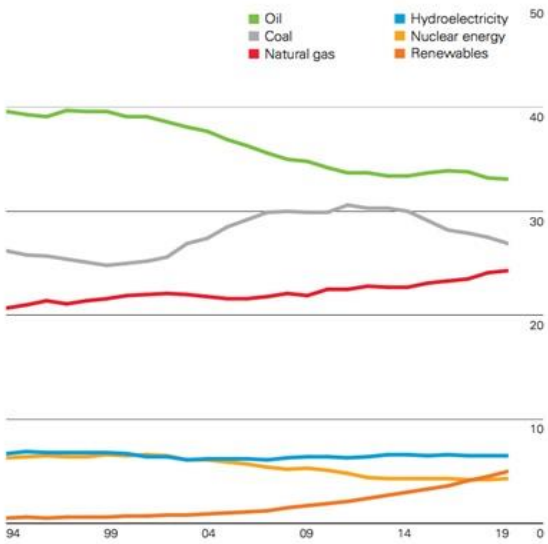
(Jeuland vd., 2021). Ülkelerin yatırım atılımlarının atar damarı olan enerji girdisi aynı zamanda sosyal gelişmişlik ve toplumsal refah ile yakından ilişkilidir. Enerji ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki ilişki günümüz toplumları tarafından büyük ölçüde anlaşılmıştır. Ayrıca ekonomik faaliyetler ile enerji arasındaki pozitif yönlü ilişkiye dair geniş bir literatür bulunmaktadır. Bu durumun anlaşılması kalkınma indikatörleri arasında enerji tüketim göstergelerine yer verilmesinin gerekliliği açsından önemlidir. Çünkü gelişmiş ülkelerde enerji tüketimi gelişmekte olan ülkelere göre daha düşük düzeydedir. Bu durumun enerji tüketim eğrisinin eğitim seviyesi, yaşam standartlarının kalitesi ve gelişmişlik seviyesi ile zıt bir biçimde seyrettiğini ortaya koymaktadır.

Gelişmiş ülkelerde her ne kadar enerji tüketimi nispeten daha az olsa da 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizleri sonrası artan enerji fiyatları tüm ülkeler için enerji tüketimlerini kısmaları noktasında bir uyarı niteliğindeydi. Hem gelişmiş ülkeler hem de gelişmekte olan ülkeler o dönemlerde ciddi bir enerji sorunu ile karşı karşıyaydı. Artan petrol fiyatları, globalleşen dünya, hızlı nüfus artışları, çarpık kentleşmeler, sanayileşme gibi yeni dünyanın ayak uydurmaya çalıştığı bu gelişmeler enerji tüketimi üzerinde de ciddi bir artış yaratmıştı. Ancak 70'li yıllarla birlikte başlayan petrol savaşları akıllara politik sorunları ve tükenmekte olan rezervleri getirmişti. Yine de bu olumsuz duruma karşın gelişmekte olan dünya ticareti ve büyüyen ekonomiler son 50 yılda enerji tüketiminde ciddi bir artış yaratmıştır. Bu artışa karşın birincil kaynak tüketimi terk edilmemiş ve günümüzde hala tüm dünyada kullanılmakta olan enerjinin büyük bir kısmı birincil kaynaklardan elde edilmektedir.

BP (British Petroleum) verilerine göre 2017 yılında dünya ekonomisindeki büyümenin de etkisiyle birincil enerji tüketimi önceki yıla göre %2,2 artmıştır. Bu rakam önceki yılla kıyaslandığında ciddi bir artışı ve durumun ciddiyetini göstermektedir. Mevcut enerji kaynaklarının sınırlılıkları göz önüne alındığında birincil enerji tüketimindeki artış endişe vericidir. Aşağıda şekil 1 ve 2'de dünya enerji tüketimi ve enerji kaynaklarının küresel paylarına yer verilmiştir.



Şekil 1: Dünya Enerji Tüketimi



Şekil 2: Enerji Kaynaklarının Küresel Payları

Kaynak: https://www.dunyaenerji.org.tr/bp-2020-dunya-enerji-raporu-ozeti (Erişim: 10 Mart 2021)

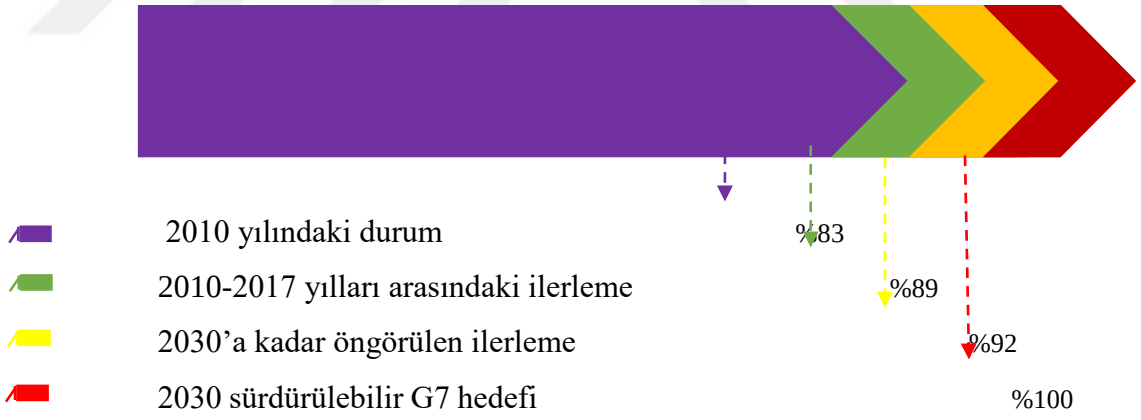
Yukarıda yer alan şekillere göre dünyada enerji tüketimindeki en büyük pay petrole aittir. Kömür ve doğal gaz diğer iki büyük dilimi oluştururken; nükleer enerji, hidroelektrik ve yenilenebilir kaynakların payı ise oldukça küçüktür. Azalmakta olan kaynaklar enerji teminatı ile ilgili şüpheleri artırmaktadır. Çünkü ekonomik gelişimin anahtarlarından biri olan enerjinin var olmaması tüm ekonomik büyümeleri, üretimi, politikayı, siyasi ilişkileri ve doğrudan dünya refahını olumsuz bir biçimde etkileyecektir.

Enerji ile refah arasındaki ilişki anlaşılmasına karşın günümüzde hâlâ birçok insan enerji yoksulluğu çekmektedir. Dünya'nın %15'nin enerjiye yeterli düzeyde ulaşamadığı bilinmektedir. 2020 yılında yayımlanan Enerji İlerleme Raporu (The Energy Progress Report-2020) verilerine göre; 2010 yılında 1.2 milyar insan elektrik enerjisine ulaşamazken 2020 yılında bu oran 789 milyona gerilemiştir. Benzer şekilde; 2010 yılında yenilenebilir kaynaklardan elde edilen nihai enerji tüketimi %16.3 iken bu tüketim oranı 2017 yılında %17.3'e yükselmiştir. Birincil enerji yoğunluğu 2010 yılında 5.9 MJ/USD olarak kaydedilirken 2017 bu oran yılında 5.0 MJ/USD'ye düşmüştür (*Tracking SDG 7: The Energy Progress Report.*, t.y.). Raporda belirtilen oranlar 2010 yılından şimdiye dek durumun iyileşmekte olduğunu göstermektedir. Ancak bu iyileşme dünyada hâlâ 789 milyon insanın yetersiz enerji ile baş etmek

zorunda olduğu gerçeğini değiştirmemektedir. Raporda göze çarpan diğer önemli unsur ise yenilebilir enerji tüketiminde gözlenen %1'lik artıştır. Geçen yedi yıllık süre yenilenebilir enerji tüketiminin artması bu alana dair umut vadeden bir gelişmedir.

Aynı raporun devamında yer alan verilere göre elektrifikasyon[1] trendi 2015 yılında hız kazanmaya başladı. 2015 ile 2017 yılları arasında %1'lik bir artışla 153 milyon kişinin daha elektriğe ulaşımı sağlanmıştır. Artan elektrifikasyon trendi bir takım ulaşım, kırsal bölge ve altyapı zorlukları nedeniyle bölgeler arası eşit hızla gelişmemektedir. Bazı iç kesimler, kırsal bölgeler ve yüksek yerleşim yerlerinde yavaş bir büyüme yaşanırken birçok gayri resmi yerleşim yerlerinin hâlâ elektrifikasyon ağının dışında kaldığı bilinmektedir. Tüm aksamalara karşın gelişen dünyamızdaki kayda değer çabalar sayesinde 2010 yılında %83 olan elektrifikasyon oranı 2017 yılında %89 oranına ulaşarak ilerlemekte ve her yıl daha fazla insan enerji hizmetlerine daha kolay erişim sağlamaktadır. Figür 2'de yıllar içerisinde dünya nüfusunun elektriğe erişim yüzdeleri gösterilmiştir.

Figür 2. Elektrik Erişimi İle Nüfus Yüzdesi (%)



Kaynak: *http://documents1.worldbank.org/curated/en/517781558037625254/pdf/Main-Report.pdf; (Erişim: 18.02.2021)*

Figürde belirtildiği üzere 2010 yılında nüfusun %83'ü elektriğe erişim sağlarken 2017 yılında dünya nüfusunun %89 elektriğe erişebiliyordu. Gelecek yıllarda elektrifikasyon artış hızının umulan ilerlemeleri kaydetmesiyle birlikte erişim

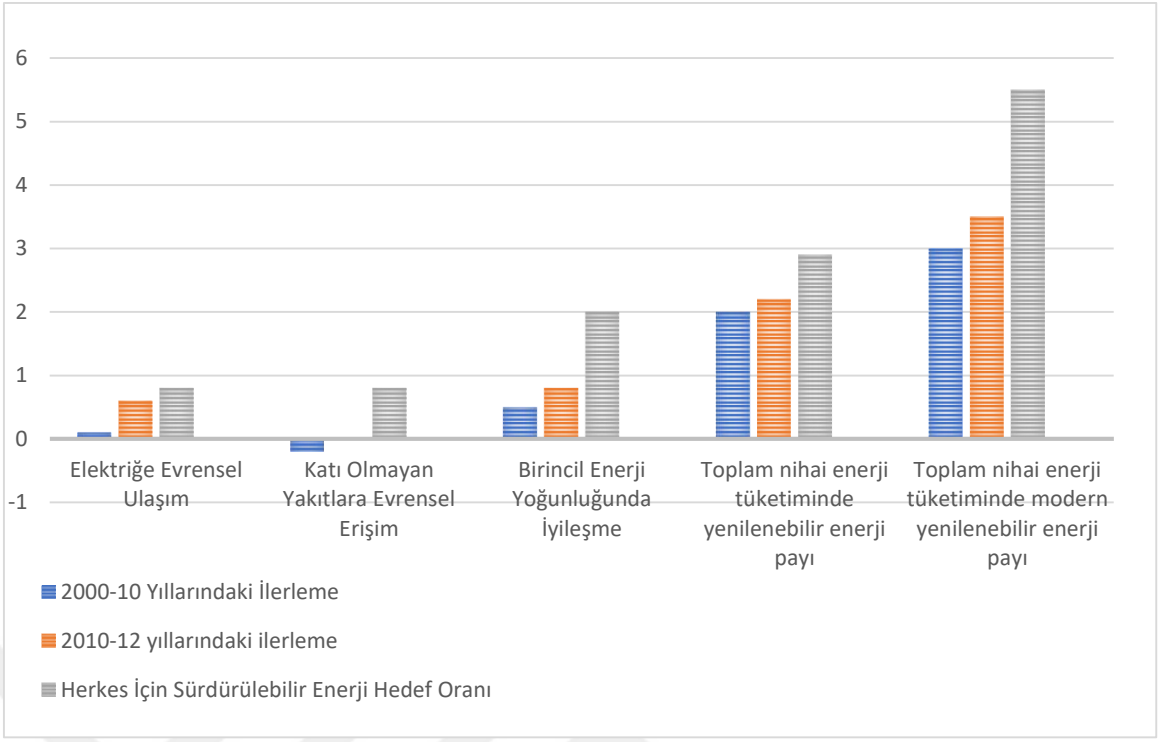
[1] Elektrifikasyon: Elektrik enerjisini gündelik hayata ve ulaşıma uygulama, elektriği her alanda kullanılır hâle getirme.

oranlarında iyileşmelerin görülmesi beklenmektedir. Böylece 2030 yılına gelindiğinde tüm dünya nüfusunun elektriğe erişmiş olması beklenmektedir.

Son yıllarda enerji hizmetlerine erişim bağlamında kayda değer artışlar görülse de hâlâ bu oranın artırılması için önemli çalışmalar yürütülmektedir. 2011 yılında kurulan *"Sustainable Energy For All-SE4ALL (Herkes İçin Sürdürülebilir Enerji)"* isimli uluslararası organizasyon da enerjiye erişim konusunda önemli çalışmalar yürütmektedir. SE4ALL küresel ilerleme sürecini hızlandırmak ve sonuçları yakından takip edebilmek amacıyla 3 temel hedef belirlemiştir. Bunlardan ilki; enerji hizmetlerine evrensel erişimi mümkün kılmaktır. İkinci somut hedef; enerji verimliliğindeki küresel iyileşme oranlarını 2 katına çıkarmaktır. Son hedefini ise küresel enerji karışımındaki yenilenebilir enerjinin payını 2 katına yükseltmek olarak belirlemiştir (*2015 - Progress Toward Sustainable Energy - Global Tracki.pdf*, t.y.). Öyleyse *2030 yılına kadar küresel ölçekte her bireyin temiz, ekonomik, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye ulaşmasını* yukarıda bahsi geçen iki çalışmanın da ortak hedefi olarak özetleyebiliriz.

Neredeyse tüm enerji senaryolarında baz alınan 2030 yılı için SE4ALL organizasyonun da bir tahmini bulunmaktadır. Bu tahmini bir grafik yardımıyla göstermiş ve baz alınan yıla kadar enerji hizmetlerine küresel erişim için gereken ilerleme oranı belirtilmiştir. Aşağıda figür 3'te bu grafiğe yer verilmiş ve küresel anlamda her bireyin elektriğe ulaşabilmesi için gereken ilerleme oranı gösterilmiştir.

Figür 3. SE4All'e Ulaşmak İçin Gereken İlerleme Oranı Ne Kadar?



Kaynak: https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=1699&menu=1515; (Erişim: 22 Şubat 2021)

Figür 3'te görüldüğü üzere 2000-10 yılları arasında elektriğe evrensel ulaşım hızı yok denilecek kadar düşüktür. Katı olmayan yakıtlara evrensel ulaşımın ise sıfırın altında olduğu görülmektedir. Birincil enerji yoğunluğundaki iyileşme de diğer yıllara kıyasla oldukça düşük düzeylerde seyretmektedir. Toplam nihai enerji tüketimindeki YE'nin ve modern enerjinin payı hedeflenen oranın bir hayli gerisinde kalmaktadır. Geçen 10 yıllık süreçte mevcut durum istenen iyileşmelerle ilerlememiş olsa da; yeterli altyapı sağlanması koşuluyla figürde belirtildiği gibi nihai tüketimde yenilenebilir enerji payının 2030 yılına kadar belirlenen somut hedeflere ve herkes için sürdürülebilir enerji hedefine ulaştırmak mümkün görünmektedir.

1.1.2. Türkiye'deki Enerji Tüketimi

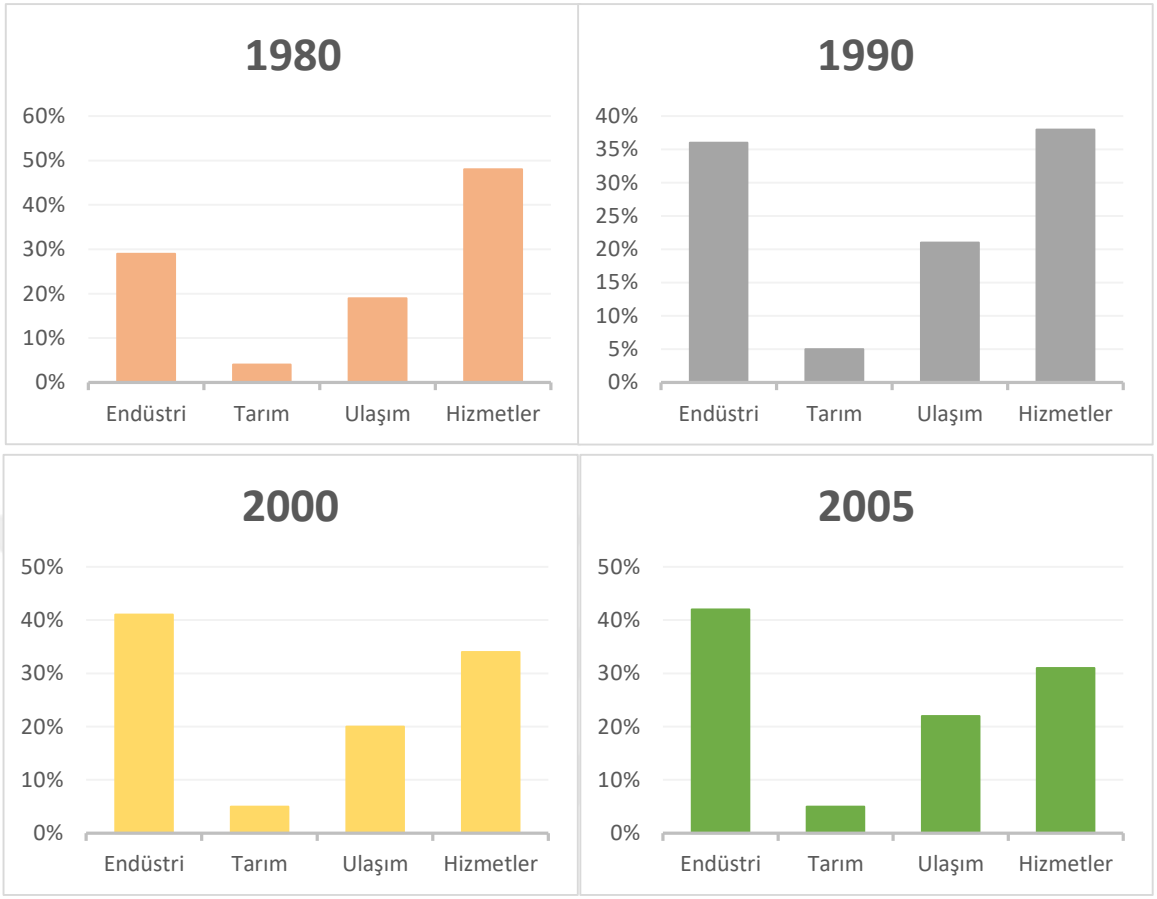
Türkiye sahip olduğu coğrafi konum nedeniyle enerji zengini olan Orta Doğu ile Orta Asya ülkeleri arasında doğal bir köprü olarak var olmaktadır. Genç ve büyüyen nüfusu, dinamik ekonomisi ve hızlı kentleşmesi sayesinde dünyanın en hızlı büyüyen enerji piyasalarından biri olarak yer almaktadır. Son yıllarda hızla büyüyen ekonomisi birincil enerji tüketiminde artışa yol açmıştır. 2002 yılında yapılan bir çalışmada Türkiye'deki toplam enerji üretiminin birincil talebin yaklaşık %48'ini karşıladığı

söylenmiştir. Yine aynı çalışmada 2020 yılına gelindiğinde bu yerli üretim oranının %26'ya kadar gerileyeceği beklentisi vurgulanmıştır (Oğulata, 2002).

Türkiye'deki enerji tüketimine baktığımızda ise nüfus ile enerji tüketimi arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğunu söyleyebiliriz. Türkiye'deki nüfus artışı, enerji hizmetleri ve doğal kaynaklara olan talebi artırmaktadır. Gözlemlenen son verilere göre Türkiye, OECD'de yer alan ülkeler içerisinde enerji talebi en hızlı büyüyen ülke olarak görülmenin yanı sıra; Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) tahminlerine göre ise gelecek 10 yılda Türkiye'deki enerji kullanımının 2 katına çıkacağı öngörülmektedir (Okumuş, 2020). Enerji talebini artıran unsurların başında yer alan nüfusun gelecek 10 yılda enerji talebi üzerindeki baskıyı daha da artıran bir faktör olacağı tahmin edilmektedir.

Nüfus ve teknoloji ile bağıntılı olan enerji talebi ayrıca sektörlere göre de farklı talep oranlarında karşımıza çıkmaktadır. Sektörel olarak var olan verilere baktığımızda enerji tüketiminin en fazla sanayi sektöründe yoğunlaştığını söylemek mümkündür. Daha önce de bahsedildiği gibi hane halkının tüketim denklemindeki payı da oldukça yüksek seyirlerdedir. Aşağıda figür 4'te sırasıyla 1980, 1990, 2000 ve 2005 yıllarına ait toplam enerji tüketiminde sektörlerin ağırlıklı paylarına yer verilmiştir. Hane halkı tüketimlerinin yer almadığı bu grafikte sanayi ve hizmet sektörleri enerji tüketiminde birinci sırada, ulaşım sektörü ikinci ve tarım sektörü ise en alt sıralarda yer almaktadır.

Figür 4. Sektörel Enerji Tüketim Değerleri (1980-2005)



Kaynak: (Yilmaz & Atak, 2010)

Buna göre 1980 yılında endüstrinin payı %29, hizmet sektörünün payı ise %48'dir. Ulaşım sektörü %19, tarımın payı ise %4'dür. 1990 yılında endüstrinin payı %36'ya yükselmiş, hizmet sektörü ise %38'e gerilemiştir. Ulaşım sektörü %2'lik artış göstererek %21'e çıkmış ve tarım %5'e yükselmiştir. 2000 yılında endüstrinin payı %41, hizmetler %34'dür. Ulaşım %20'ye düşmüş ve tarım %5 ile aynı seviyede kalmıştır. 2015 yılına gelindiğinde ise endüstrinin payı %42'ye çıkmış hizmet sektörü %31'e düşmüş ve ulaşım %22'de iken tarımın yine aynı seviyede devam ettiği görülmektedir. Enerji tüketimi içinde ulaşım ve tarım değerlerinde ciddi bir değişiklik görülmezken sanayinin payı giderek artmıştır. Hizmetlerin payı nihai enerji tüketiminde 2. büyük değere sahip olsa da yıllar içerisinde bu değer azalmıştır.

Günümüzde Türkiye'de sektörel dağılımın ne durumda olduğunu anlamak ve sektörlerin geçmişten günümüze enerji yoğunluklarının ne ölçüde değişime uğradığını görebilmek amacıyla aşağıda 1970-2019 yılları arasındaki net enerji tüketiminin

sektörlere göre dağılımını gösteren tablo 4'e yer verilmiştir. Bu tabloda sektörler kısmına hane halkının tüketimleri de dahil edilmiştir. Bu kalemin sektörler içine eklenmesi yurtiçi tüketimde hane halkı enerji tüketim yoğunluğunun ne ölçüde önemli olduğunun vurgulanması için önemli bir noktadır.

Tablo 4: Net Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı

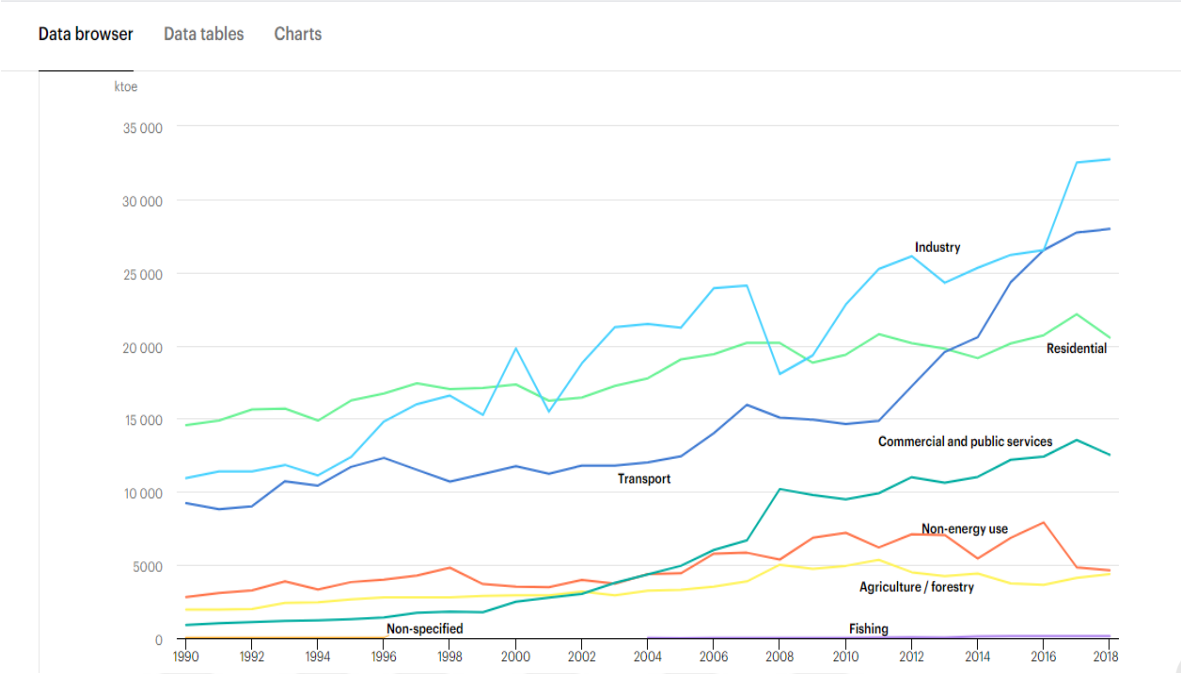
Distribution of net electricity consumption by sectors

Yıl Year	**Toplam** Total	**Mesken** Household	**Ticaret** Commercial	**Resmi daire** Government	**Sanayi** Industrial	**Aydınlatma** Illumination	**Diğer**[1] Other[1]
	(GWh)	(%)					
1970	**7.308**	15,9	4,8	4,1	64,2	2,6	8,4
1971	**8.289**	16,3	4,6	4,1	64,5	2,4	8,1
1972	**9.527**	16,1	4,7	3,8	65,0	2,2	8,2
1973	**10.530**	14,8	4,3	3,5	67,3	2,1	8,0
1974	**11.359**	15,2	5,1	3,8	66,7	2,0	7,2
1975	**13.492**	17,5	4,9	3,7	64,8	1,9	7,2
1976	**16.079**	17,5	4,7	3,5	65,3	1,6	7,4
1977	**17.969**	17,7	5,0	3,1	66,7	1,4	6,1
1978	**18.934**	18,9	4,9	3,2	65,5	1,5	6,0
1979	**19.633**	20,1	5,7	3,2	63,9	1,5	5,6
1980	**20.398**	21,5	5,6	3,0	63,8	1,4	4,7
1981	**22.030**	20,9	5,7	2,9	64,5	1,4	4,6
1982	**23.587**	20,9	5,8	2,5	64,4	1,3	5,1
1983	**24.465**	21,0	5,7	2,8	63,7	1,2	5,6
1984	**27.635**	19,8	5,7	2,8	65,2	1,2	5,3
1985	**29.709**	19,0	5,5	3,0	66,0	1,4	5,1
1986	**32.210**	19,0	5,2	3,2	64,8	2,1	5,7
1987	**36.697**	18,9	4,8	3,2	65,1	2,1	5,9
1988	**39.722**	20,0	5,0	3,2	63,6	2,1	6,1
1989	**43.120**	19,6	5,3	3,0	64,0	2,1	6,0
1990	**46.820**	19,6	5,5	3,1	62,4	2,6	6,8
1991	**49.283**	22,0	6,2	3,8	57,9	2,9	7,2
1992	**53.985**	21,3	6,1	3,7	58,4	3,4	7,1
1993	**59.237**	21,2	6,1	3,8	57,8	3,8	7,3
1994	**61.401**	21,9	6,0	5,4	55,6	4,1	7,0
1995	**67.394**	21,5	6,2	4,5	56,4	4,6	6,8
1996	**74.157**	22,1	7,7	4,0	54,8	4,2	7,2
1997	**81.885**	22,6	8,4	4,6	53,1	4,0	7,3

1998	**87.705**	22,8	8,8	4,9	52,6	4,2	6,7
1999	**91.202**	24,8	9,0	4,1	51,0	4,6	6,5
2000	**98.296**	24,3	9,5	4,2	49,7	4,6	7,7
2001	**97.070**	24,3	10,2	4,5	48,4	5,0	7,6
2002	**102.948**	22,9	10,6	4,4	49,0	5,0	8,1
2003	**111.766**	22,5	11,5	4,1	49,3	4,5	8,1
2004	**121.142**	22,8	12,9	3,7	49,2	3,7	7,7
2005	**130.263**	23,7	14,2	3,6	47,8	3,2	7,5
2006	**143.071**	24,1	14,2	4,2	47,5	2,8	7,2
2007	**155.135**	23,5	14,9	4,5	47,6	2,6	6,9
2008	**161.948**	24,4	14,8	4,5	46,2	2,5	7,6
2009	**156.894**	25,0	15,9	4,5	44,9	2,5	7,2
2010	**172.051**	24,1	16,1	4,1	46,1	2,2	7,4
2011	**186.100**	23,8	16,4	3,9	47,3	2,1	6,5
2012	**194.923**	23,3	16,3	4,5	47,4	2,0	6,5
2013	**198.045**	22,7	18,9	4,1	47,1	1,9	5,3
2014	**207.375**	22,3	19,2	3,9	47,2	1,9	5,5
2015	**217.312**	22,0	19,1	3,7	47,6	1,9	5,7
2016	**231.204**	22,2	18,8	3,9	46,9	1,8	6,4
2017	**249.023**	21,8	19,8	4,1	46,8	1,8	5,7
2018	**258.232**	21,1	20,4	4,6	45,6	1,8	6,5
2019	**257.273**	21,8	19,3	5,3	45,0	2,0	6,6

Kaynak: Tuik (Erişim: 13.04.2021)

Bu tabloya göre hane halkı tüketim yoğunluğu her geçen yıl artış göstermiş, 2000'li yıllarda bu artış bir ivme kazanmış ve 2019 yılında önceki yıllara nispeten bir azalma görülmektedir. Sanayinin payı ise yukarıda figür 4'te belirtildiği gibi oldukça yüksek düzeylerdedir. Yıllar içinde belli dalgalanmalar yaşansa da enerji tüketimi içinde sanayinin payı her zaman birinci sırada olmuştur. Son olarak Dünya Bankasının yayınlamış olduğu 1990-2018 yıllarına ait sektörlere göre nihai üretim grafiğine sektörel dağılımda sanayi yoğunluğunu ortaya koyan bir diğer veri olarak aşağıda yer verilmiştir.



Şekil 3: Sektörlere göre toplam nihai tüketim, Türkiye 1990-2018

Kaynak: World Bank (Erişim: 09.04.2021)

Bu grafiğe göre zaten 2005 yılına kadar tüketimdeki payı yüksek olan sanayi sektörü bu yıldan sonra artmaya devam etmiş ancak 2008 yılında önemli bir düşüş yaşamıştır. Ancak bu düşüş oldukça kısa sürmüş ve 2013 yılına kadar endüstrinin payı artmaya devam etmiştir. 2013 yılında tekrar kısa süreli bir düşüş yaşamış ancak artma hızına çabuk dönmüştür. 2018 yılına gelindiğinde ise endüstri sektörünün toplam tüketimdeki payının diğer sektörlere göre en üst düzeyde olduğu görülmektedir. Öte yandan yukarıdaki grafikte hizmetler sektörünün net bir şekilde belirtilmediği bunun yerine ticari ve kamu hizmetleri sektörüne yer verildiğine dikkat edilmelidir. Bu bağlamda hizmet sektörünü göz ardı ederek ulaşım sektörünün toplam tüketimdeki payının 2. sırada yer aldığını söyleyebiliriz. Endüstrinin payının toplam enerji tüketiminde artması endişe vericidir. Çünkü enerji arzının büyük çoğunluğu yenilenemeyen kaynaklardan karşılanmaktadır bu da yine enerji kaynak problemine işaret etmektedir.

Türkiye'nin enerji kaynakları bulunmasına rağmen bu kaynaklar sınırlıdır. Enerji tüketiminin yarısından fazlası ithalat yoluyla temin edilmektedir ve her geçen

yıl ithalat kaleminde enerjinin payı artmaktadır. Türkiye'nin birincil enerji kaynakları arasında yer alan taş kömürü, linyit, bitümlü şist, asfalt, hidroelektrik, petrol, doğalgaz, jeotermal, güneş enerjisi, odun, hayvan ve bitki atıklarından yeterli oranda enerji üretimi yapılmamaktadır. Linyit birincil kaynaklar içerisinde %43 'lük bir oranla en büyük paya sahiptir. Petrolün payı %13, doğalgazın ise %1'dir (Sözen vd., 2005). 2017 yılı itibarıyla AB-28 ülkeleri birincil enerji tüketiminin %18,3' katı yakıtlardan, %34,8'i petrol ve petrol ürünlerinden, %23,8'i doğalgazdan, %12,6'sı nükleer enerjiden, %13,9'u yenilenebilir enerjiden ve %1'i diğer kaynaklardan karşılanmıştır (*http://www.eigm.gov.tr/tr-TR/Denge-Tablolari/Denge-Tablolari; Erişim: 14.06.2021).*

Yukarıda verilen oranların payı toplam üretim içinde geniş bir yer kaplasa da bu üretim artan enerji talebimizi karşılamada yeterli olmamaktadır. Ayrıca bu kaynakların tükenebilir oluşu göz önünde bulundurulduğunda Türkiye'nin enerji arzına olan bağımlılığının artması ve 21. yy'da ciddi bir enerji kıtlığı ile karşı karşıya kalmasının kaçınılmaz olması beklenmektedir. Türkiye'nin birincil enerji üretimi ile tüketimi arasındaki makas günden güne açılmaktadır. Türkiye'de üretilen enerjinin tüketimi karşılama oranı %3'tür (Ünalan, 2003). BP Dünya Enerjisinin İstatiksel Değerlendirmesi (2018) raporuna göre Türkiye'nin 2017 yılı sonu itibarıyla elektrik üretiminin 295,5 milyar kWh, tüketiminin ise 294,9 milyar kWh olduğu görülmektedir. Ülkemizin yıllık elektrik enerjisi tüketim artış hızı son 15 yılda ortalama %5'in üzerinde gerçekleşmiş ve 2010 yılında 210 milyar kWh olan elektrik tüketimimiz 2017 yılında neredeyse 2 katına ulaşmıştır. Elektrik enerjisi talebindeki artış ise 2017 yılında %6 olarak gerçekleşmiştir. Aşağıda tablo 5'te Türkiye'nin birincil enerji kaynakları ve rezervleri gösterilmektedir.

Tablo 5: Türkiye'nin Birincil Enerji Kaynakları ve Rezervleri (milyon ton)

Rezerv	**Görünür**	**Muhtemel**	**Mümkün**	**Toplam**
Taşkömürü	423	456	245	**1124**
Linyit				
Elbistan	3226	-	-	**3226**
Diğer	3752	823	148+308	**5031**
Toplam	6978	823	148+308	**8257**
Asfaltit	45	29	6	**80**
Bitümlü şist	555	1086	-	**1641**
Turba	179	-	-	**179**

Hidroelektrik (MW)	35540	-	-	**35540**
Ham petrol	40	-	-	**40**
Doğalgaz (milyar m^3)	10.2	-	-	**10.2**
Nükleer Enerji Kaynakları (Ton) Uranyum Toryum	 9129 380 000	 - -	 - -	 **9129** **380 000**
Jeotermal Enerji (MW) Elektrik Isı	 350 2600	 - -	 - -	 **350** **2600**
Biyomas (Milyon Tep/ yıl)	6			**6**
Güneş Enerjisi (Milyon Tep/yıl) Elektrik Isı	 8.8 26.4	 - -	 - -	 **8.8** **26.4**
Rüzgâr Enerjisi (MW)	10 000	-	-	**10 000**

Kaynak: (Ünalan, 2003)

Görüldüğü üzere birincil enerji kaynak rezervlerinin nihai rakamları oldukça düşündürücüdür. Tabloda yer alan rezerv rakamlarına karşılık Türkiye %73 oranında (bazı kaynaklar bu oranı %52 olarak belirtmiştir.) enerjide dışa bağımlı olduğu bilinmektedir. Bu oran ve IEA'nın belirtmiş olduğu *"gelecek 10 yılda Türkiye'deki enerji kullanımı 2 katına çıkacaktır"* tahmini göz önüne alındığında Türkiye'nin gelecek yıllarda enerji kullanımını artırmasının daha fazla ithalata yol açacağını söyleyebiliriz. Mevcudiyette %73 dolaylarında seyreden bir bağımlılık oranının mevcut rezerv rakamlarına bakılarak gelecek 10 yılda bu oranın katlanarak artması kaçınılmaz olacaktır. Bu durum enerji tüketimi konusunda temkinli davranılması gerektiğini ve enerji üretiminde kendine yeten bir ülke konumuna geçebilmenin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Tüketilen enerji ile talep edilen enerji birbirinden farklı kavramlardır. Şöyle ki; iktisat bilimine göre ekonomi sınırsız ihtiyaçların kıt kaynaklarla karşılanması arasında kurulan dengeden oluşmaktadır. Buradan yola çıkarak sınırsız ihtiyaç ve kıt kaynak kavramlarını enerji olgusuyla bağdaştırdığımızda insanlığın enerjiye talebi sınırsız ihtiyacı, enerji kaynakları ise kıt kaynağı temsil etmektedir. Sonsuz bir enerji

talep eden insanoğlunun enerji talebini baskılayacak gerçek ise yetersiz enerji rezervleridir. Neredeyse tüm dünyada yetersiz enerji rezervleri ülkeleri enerji açığı problemi ile karşı karşıya bırakmaktadır. Ülkelerin özellikle birincil enerji üretiminde kendilerine yetememesi enerjiyi ithal etmelerine neden olmaktadır. Enerjide dışa bağımlılık oranlarının yüksek olması ve tecrübe edinilen enerji kesintileri *"enerji güvenliği"* konusuna dikkat çekmektedir. Bir alt başlıkta yer verilen enerji güvenliğinin gelecek yıllarda tüm dünya ülkeleri için belki de 1 numaralı sorun olacağı düşünülmektedir. Günümüzde tam bir enerji güvenliğinden bahsedebilmek tüm enerji kaynaklarının korunması, bağımsız enerji üretilmesi için gerekli altyapı ve tedariklerin sağlanması ile mümkündür. Yetersiz rezervler ve artan enerji tüketimi dikkate alındığında enerji güvenliğini sağlamanın maliyetli bir atılım olacağını söyleyebiliriz. Enerji güvenliğinin tüm dünya ülkeleri için ne denli önemli olduğunun altını çizmek adına bir sonraki bölümde yer verilen enerji güvenliği kavramını incelemek çalışmanın bütünlüğü için faydalı olacaktır.

1.1.3. Enerji Güvenliği Kavramı

Enerji güvenliği teriminin kullanımı 1970'li yıllarda dünya enerji rejiminin dönüşümü ile gerçekleşti. Fosil yakıtların egemenliğinin artması, petrol savaşları, enerji piyasasının serbestleşmesi, ülkelerin enerji taleplerinin artma eğiliminde olması, büyük ölçekli doğa olayları, siyasal istikrarsızlığın negatif etkileri ve nükleer enerjinin gelişmesi bu dönüşümü tetikleyen unsurları oluşturmaktadır (Chester, 2010). Enerji güvenliği, işletmelerin yanı sıra, politikacılar, hissedarlar, yaşam kalitesi kesintisiz enerjiye bağlı olan daha büyük ölçekli topluluklar ve firmalar için de son derece önem teşkil etmektedir (Ang vd., 2015).

Enerji güvenliği ile ilgili literatürde birçok çalışma, rapor ve bildiri bulunmasına rağmen üzerinde fikir birliğine varılmış yaygın bir tanımı bulunmamaktadır (Vivoda, 2010). Ancak mevcut literatürde en yaygın kullanılan tanım şudur; enerji güvenliği, güvenilir enerji arzının makul fiyatlarla ekonomi ve endüstriyi desteklemesidir (Dorian vd., 2006). Enerji güvenliğinin tanımı kısa dönem ve uzun dönem enerji arzları olarak 2 ayrı perspektiften incelenmelidir. Kısa dönem enerji arzı, beklenmeyen bir fiyat artışı veya enerji kesintisinin tahrip edici bir etkiye yol açmasını ifade etmektedir. Genellikle kazalar, grevler, sabotajlar, olumsuz hava

şartları veya teknik arızalar ile alakalıdır (Balat, 2010). Uzun dönem enerji arzı ise daha çok istikrarlı bir ekonomik gelişme için sürdürülebilir enerji arzını ifade etmektedir (Costantini vd., 2007).

Enerji güvenliği, enerji tedarikinin temel unsurudur. Makro ve mikro ekonomik gelişmeler ile yakından ilişkilidir. Enerji ihracatı ve ithalatı, ödemeler bilançosu üzerinde son derece önemli bir etkiye sahiptir ki bu etki devletin elde ettiği gelirleri, maliyetleri, sübvansiyon harcamalarını ve vergileri önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca enerji güvenliği, enflasyon oranları, uluslararası rekabet ve ülkenin sosyo-ekonomik refahı açısından da son derece önem arz etmektedir (Correljé & van der Linde, 2006). Enerji güvenliğinin sağlanabilmesi için bu alanda ciddi yatırımların yapılması gerekmektedir. Bu yatırımlar da oldukça yüksek maliyetleri sebebiyle enerji problemine kalıcı çözüm sunmalıdır. Kalıcı bir çözüm için yatırım kararı alınmadan önce detaylı inceleme, doğru arazi planlaması, doğru kaynak kullanımı gibi birçok unsur dikkatle çalışmayı gerektirmektedir. Bu noktada enerji güvenliğine yönelik unsurların, faktörlerin ve tehditlerin yer aldığı tablo 6 aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 6: Enerji Güvenliğine Yönelik Unsurlar, Faktörler ve Tehditler

Unsurlar	**Faktörler**	**Tehditler**
Ulaşılabilirlik	-Üreticilerin fiziksel gücü -Üreticilerin, transit(geçiş) ülkelerinin ve tüketicilerin ticaret şartları üzerinde anlaşmaları - Üretim, nakliye, dönüştürme, depolama ve dağıtıma yönelik teknolojik çözümler - Sermaye yatırımı - Uygulanabilir yasal ve düzenleyici işlemler - Çevre ve diğer düzenleyici gereksinimler ile uyum	-Oldukça maliyetli bir şekilde çıkarılan rezervlerin tükenmesi - Yerli kaynak politikaları ve devletlerarası sözleşmeler gibi gelişen fırsatlar üzerindeki limitler - Konumlandırma altyapısındaki sorunlar - Yatırımları engelleyen mali, yasal, düzenleyici politik engeller
Güvenilirlik	- Çeşitlendirilmiş enerji değer zinciri - Yeterli rezerv kapasitesi	- Olumsuz hava koşulları ve doğal afetler nedeni ile enerji sisteminde oluşabilecek arızalar - Zayıf bakım veya düşük yatırım sebebiyle meydana gelen arıza

	- Politik sarsıntılar veya terör saldırılarından korunma - Küresel enerji pazarları hakkında yeterli bilgi kaynağı	- Askeri güç veya terör saldırısı tehdidi - Ambargolar gibi siyasi müdahaleler ile yaptırım
Ödenebilirlik	-Adil fiyatlar -Şeffaf fiyatlandırma -Gerçekçi beklentiler -Tam maliyetleri yansıtan fiyatlar	-Oldukça maliyetli bir şekilde çıkarılan rezervlerin tükenmesi - Düşük gelirli hane halklarının gelirlerinin büyük kısmını enerjiye ulaşmak için harcamaları - Fiyatları bozan aşırı sübvansiyonlar - Gelecekteki fiyatlar için doğru fiyatlandırma politikası oluşturamama
Sürdürülebilirlik	-Düşük sera gazı emisyonları -Yerel, bölgesel ve küresel çevre kirliliğine minimum katkı -Enerji sistemlerinin iklim değişikliğinden korunması	-Enerji üretimi ve kullanımı için çevresel ve sosyal maliyetleri bir araya getirmede başarısızlık - Karbon yoğunluklu enerjinin benimsenmesi ve desteklenmesi - Enerji kullanımı ile ilişkili iç ve dış hava kirliliğinin etkileri - Şiddetli hava koşulları, fırtına, deniz yükselmesi gibi değişen iklimin etkileri

Kaynak: (Elkind 2010; Bazilian vd., 2013)

Tabloya göre enerji güvenliğinin sağlanması için ulaşılabilirlik, güvenilirlik, ödenebilirlik ve sürdürülebilirlik olmak üzere 4 unsurun bir arada olması gerekmektedir. Şöyle ki; bir ülkede enerji kaynağı-potansiyeli bulunduğu halde bu potansiyele erişmede fiziki zorlukların olması, yetersiz sermaye yatırımı, teknolojik yetersizlik ve politik engeller gibi olumsuz faktörlerin olması ulaşılabilirliği ve potansiyelden faydalanmayı zayıflatacağı için tam bir enerji temininden ve dolayısıyla da enerji güvenliğinden söz edilemez. Bununla birlikte kaynağa ulaşıldığı halde daimi bir enerji teminini engelleyen bir tehdit olması veya yetersiz rezerv gibi sorunlar nedeniyle enerji kesintilerinin yaşanması yine o kaynağın güvenilirliği ile alakalı ciddi sorunları da beraberinde getirecektir.

Enerji güvenliğinin diğer iki unsuru olan ödenebilirlik ve sürdürülebilirlik ise enerji kaynağının maliyet ve devamlılık ayağını oluşturmaktadır. Kaynağa ulaşıldığı takdirde bu kaynaktan faydalanmak için maliyet giderlerinin karşılanması ve hane

halkına ödenebilir fiyatlar ile sunulması; kaynağın gelecek nesillerin de enerji ihtiyacı için bir fırsat sunması enerji güvenliğinin unsurları açısından oldukça büyük bir önem arz etmektedir. Öyleyse bu dört unsurdan birinin eksik veya kusurlu olması halinde tam bir enerji güvenliğinden bahsetmenin mümkün olmadığını söyleyebiliriz. Bunlara ek olarak altyapı sorunları, şiddetli hava şartları, düşük yatırım oranları, politik ve mali sorunlar, siyasi müdahaleler ve rezerv yetersizliği gibi enerji güvenliğinin unsurlarını tehdit eden bir dizi faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden yola çıkarak tam bir enerji güvenliğinden bahsedebilmek için o kaynağın yeterli, güvenli, satın alınabilir, temiz, kesintisiz olması gerektiğini söyleyebiliriz.

Görüldüğü üzere enerji güvenliği konusu önem arz ettiği kadar enerjinin ulaşılabilirliği, kullanılabilirliği ve fayda elde edilebilirliği de son derece kritik bir öneme sahiptir. Son yıllarda, artan sanayileşme, enerjiyi endüstriyel yaşamın ayrılmaz bir parçası haline getirmiştir. Enerjiye olan talebin artış hızı kazanması, enerji kesintilerinin sıklaşması ve enerji arzının bir tehdit unsuruna dönüşmesi uluslararası arenada da enerji politikalarının artmasına zemin hazırlamıştır. Jeopolitik gerilimler, iklim değişikliği, enerji bağımlılığı gibi sorunlar enerji güvenliği ile ilgili endişeleri artırmaktadır. Geçmişten günümüze artan enerji ihtiyacı, enerji güvenliği tehdidi ile karşılaşınca ülkelerin, hükümetlerin ve politikacıların da enerjiye olan bakış açısı şekil değiştirmiştir. Artık, ülkeler ekonomik ve sosyal refah için enerji bağımsızlığı ve enerji çeşitliliği gibi konuların üzerine daha sık eğilmeye başlamıştır. Hâl böyle olunca, enerji güvenliğini temin etmenin en sağlam adımının enerji kaynaklarını çeşitlendirmek olduğu anlaşılmıştır. Böylece enerji arzı çeşitli kaynaklara paylaştırılarak yukarıda sayılan riskler azaltılacak ve enerji temini daha güvenli bir hâle gelecektir.

Arz kaynaklarının çeşitlendirilmesi yoluyla enerji ithalatçısı ülkeler risklerini azaltabilir. Enerji güvenliğinden daha fazla söz edilebilir. Ancak enerjinin kullanılması ve kaynakların farklılaştırılmasında jeopolitik faktörlerin önemi göz ardı edilmemelidir. Çünkü bir enerji kaynağına ulaşmada jeopolitik faktörler rol oynamaktadır. Jeopolitik endişeler şunları içermektedir:
- Petrol veya doğalgaz gibi kaynakların kesintisine yol açabilecek bölgesel gerilimler,

- savaşların patlak vermesi,
- istikrarsız rejimler (Ang vd., 2015).

Jeopolitik endişeleri en hafif düzeye indirmek için enerji ithalatçısı olan bir ülke, ithalat yaptığı ülkeleri çeşitlendirerek belirli bir konumdaki kritik olayların etkisini azaltabilir ve böylece herhangi bir anlaşmazlıkta yaşanabilecek enerji kesintilerinin önüne geçebilir. Ayrıca arazi yapısı elverişli olan ülkeler YE için olası maliyetleri göze aldığı takdirde kendi enerji bağımsızlığı için önemli bir adım atmış olacaktır.

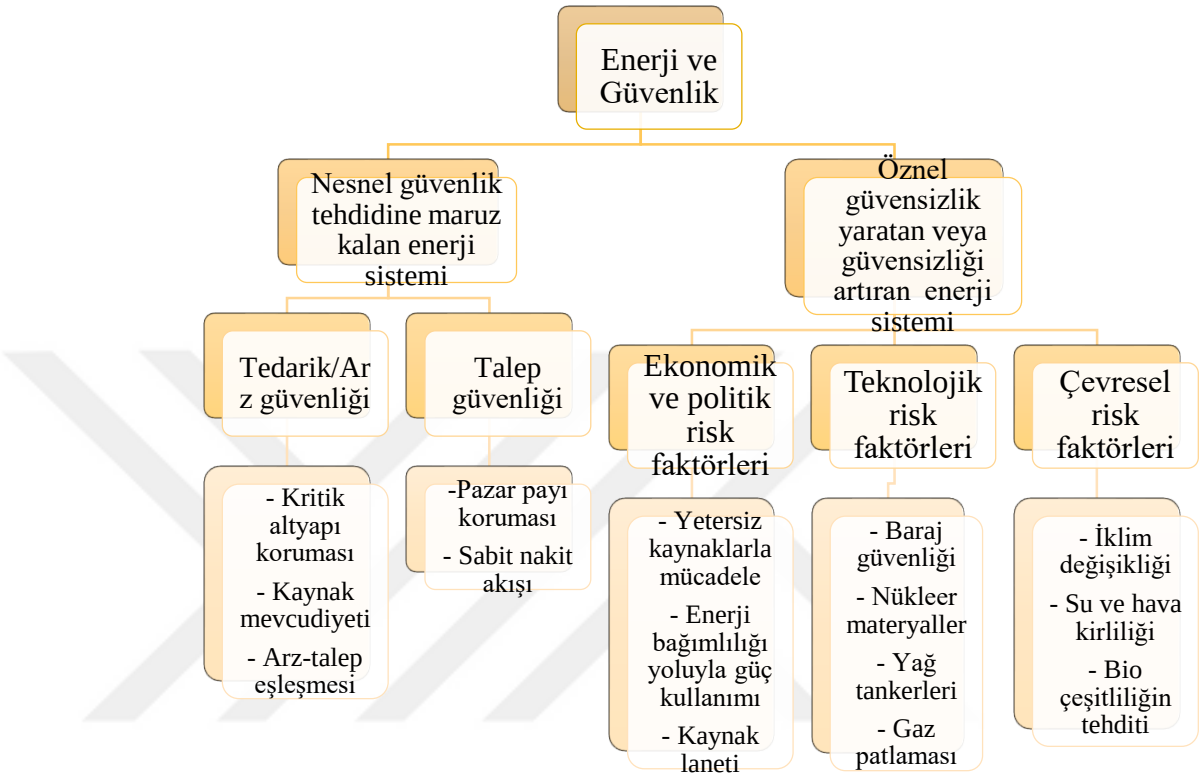
1.1.3.1.İki Boyutlu Güvenlik Kavramı

Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nın güvenlik tanımında yer alan iki kilit nokta vardır. Bunlar güvenliğin öznel ve nesnel olmak üzere 2 farklı boyutunun bulunması durumudur. Nesnel boyut güvenliği dış kriterlere karşı ölçülen davranışsal ve çevresel faktörleri içermektedir. Öznel boyut ise bireylerin güvenlik algıları ve düşünceleri ile ilgilidir. Daha çok toplumu oluşturan hane halklarının öznel güvenlik algısını temsil etmektedir (Nilsen, 2004). Ulusal ve uluslararası boyuttaki güvenlik tehditlerini nesnel güvenlik boyutuna; devlet görevlileri, bilim insanları ve halk tarafından meydana gelebilecek olası tehditler ise öznel güvenlik boyutuna örnek gösterebiliriz (Brauch, t.y.).

Arnold Wolfers da güvenlik kavramını nesnel ve öznel olarak iki boyutu ile incelemiştir. Wolfers'a göre nesnel anlamda güvenlik elde edilen (kazanılmış) değerlere yönelik tehditlerin yokluğunu; öznel anlamda güvenlik ise bu tür değerlerin saldırıya uğrama korkusunun olmaması durumudur (Møller, t.y.). Öyleyse güvenliği tehdit eden unsurlar içerden ve dışardan (öznel ve nesnel boyutlardan) kaynaklanabilir. Ve enerji politikaları bu iki unsurla da başa çıkmak durumundadır. Çünkü yapılacak olan büyük ölçekli yatırımlar hem günümüz hem de gelecek nesiller için bir çözüm sunmalıdır. Sunulan çözümün doğa olayları haricinde herhangi bir ulusal veya uluslararası bir tehdit unsuruna maruz kalması veya hatalı politikalar, yanlış yönlendirmeler ve hane halkı tarafından tehdit edilmesi yani nesnel veya öznel anlamda bir tehdit ögesiyle karşılaşması enerji güvenliği problemini tekrar gündeme getirecektir. O halde yatırım yapılmadan önce tüm tehdit unsurlarının değerlendirilip bu çerçevede bir adım atılması sürdürülebilir politikalar açısından faydalı olacaktır.

Bahsi geçen tehditler Figür 5'te enerji ve güvenlik arasındaki analitik ilişki analizinde toplu bir biçimde gösterilmiştir.

Figür 5. Enerji ve Güvenlik Arasındaki Analitik İlişki



Kaynak: (Johansson, 2013)

A) *Nesnel Güvenlik Tehdidine Maruz Kalan Enerji Sistemi:* Nesnel boyuttaki bir enerji sistemi iki tehdit unsuruna maruz kalmaktadır. Bu tehditler enerji arzını ve talep güvenliğini kapsamaktadır. Dayanıklı, iyi işleyen bir enerji sistemi için enerji tedarikinin sorunsuz bir şekilde sağlanması gerekmektedir. Bunun içinse öncelikle mevcut bir kaynak bulunması, bu kaynağa ulaşılabilirlik için sağlam bir altyapı sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Sonrasında enerjinin çıkarılması, işlenmesi, rafine edilmesi ve enerjinin son kullanıcıya kadar ulaştırılması gibi bir dizi işlem gerekmektedir (Johansson, 2013). Bu işlemlerden birinde dahi bir aksama olursa bu durum enerji tedarik zinciri için tehdit oluşturmaktadır. Talep güvenliği ise enerjiyi ihraç eden ülkeler için en az arz güvenliğinin sağlanması kadar önemlidir. Bu ülkeler için mevcut pazar paylarının korunması ve genişletilmesi, enerji rezervleri ve talep edilen enerji ile

ilişkilidir. Talepte düşüş yaşanması, pazar hacmini kaybetme veya nakit akışının sağlanamaması gibi durumlar bu ülkeler için tehdit unsuru oluşturmaktadır.

B) *Öznel Güvensizlik Yaratan Enerji Sistemi:* Bu sistem ise ekonomik ve politik riskler, teknolojik riskler ve çevresel risk faktörleri olmak üzere 3 temel risk faktörünü içermektedir. Ekonomik ve politik riskler birinci bölümde yer verildiği gibi yetersiz kaynaklarla mücadele, kaynak kıtlığı probleminin beraberinde getirdiği enerji problemleri ve enerji bağımlılığı gibi riskleri içermektedir. Ancak birinci bölümden farklı olarak *Johansson* çalışmasında "kaynak laneti" problemine yer vermiştir. Doğal kaynak laneti kavramına aşağıda detaylı olarak yer verilecektir.

Güvenlik ve enerji arasındaki öznel güvensizlik sisteminde yer alan bir diğer risk faktörü teknolojik risklerdir. Bu risk türü enerjinin fiziksel, çevresel ve coğrafik koşullardan etkilenerek bir kesintiye uğramasını ifade etmektedir. Barajlarda, nükleer enerji kullanan ülkeler için teknik santrallerde oluşabilecek teknik bir problem mevcut kaynağa ulaşmada zorluk yaratacağı için enerji güvenliği tam anlamda sağlanmış olmaz.

Çevresel risk faktörlerinden bahsedildiğinde iklim değişikliği sıkça öne çıkan bir tehdit unsuru olmaktadır. Güçlü bir enerji güvenliğini barındıran sağlam bir enerji sisteminden bahsedebilmek ancak güçlü iklim değişikliği gündemleri ile mümkün olabilir. Enerji güvenliği gündemiyle yakından ilgili pek çok ülkenin (özellikle gelişmekte olan ülkeler) gösterdiği gibi enerji güvenliği ve iklim değişikliği konusu toplumlar için farklı paradigmalar içerse dahi bu iki kavram birbirinden bağımsız düşünülmemektedir (Cherp, 2015). Çünkü fosil kaynakların kullanımı en fazla iklim değişikliği üzerinde tahribata yol açmıştır. İklim değişikliği ise öngörülemez hava değişimleri, şiddetli hava koşulları problemlerine sebep olmaktadır. Bu durumda dolaylı olarak enerji güvenliğini etkileyen bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Hava ve su kirliliği ise çevresel bir risk olmanın yanı sıra insan sağlığı için de önemli bir risk unsurudur.

Çevresel tehditler arasındaki bir diğer risk unsuru ise bio çeşitliliğin tehdididir. Bio çeşitliliği tehdit eden unsurların başında iklim değişikliği

gelmektedir. İklim değişikliği ile birlikte eriyen buzullar pek çok canlının doğal yaşam alanlarını yok etmektedir. Bununla birlikte kirlilikte bio çeşitlilik için kayda değer bir tehdit olarak karşımıza çıkmaktadır. Su, hava ve toprağın kirlenmesi birçok hayvan ve bitki türünün tükenmesi ile sonuçlanmaktadır. Ayrıca aşırı ve bilinçsiz avlanma da birçok hayvan türünün neslini yitirmesine neden olmuştur. Bio çeşitliliği tehdit eden unsurları sıraladığımızda aşağıdan yukarı doğru gidildikçe aslında bu unsurların çevresel risk faktörleri kümesini oluşturduğunu söylemek yanlış olmayacaktır.

1.1.3.2.Doğal Kaynak Laneti (Bolluk Paradoksu)

Doğal kaynakların fazla olması, kaynak zengini olma fikrinin bir nimetten çok probleme yol açabileceği fikri 1950-1960'lı yıllarda düşük ve orta gelirli ülkelerin ekonomik problemleri hakkındaki tartışmalar ile gündeme gelmiştir. Ancak teorik anlamda ilk olarak 1993 yılında Richard Auty tarafından kullanıldığı bilinmektedir. Auty bu terimi maden kaynakları bakımından zengin olan ülkelerin bu zenginliği ekonomilerine neden yansıtamadıklarını açıklamak için kullandı.[2] 1995'te Amerikalı ekonomistler Jeffrey Sachs ve Andrew Warner tarafından yapılan bir çalışma ile doğal kaynak ile ekonomik zayıflık arasında güçlü bir ilişki saptandı. Devam eden dönemlerde farklı ekonomistler tarafından ele alınan bu kavram günümüzde hâlâ geçerliliğini sürdürmektedir. Doğal kaynak laneti (The Curse of Natural Resources) veya bolluk paradoksu (Paradox of Plenty) olarak isimlendirilen kavram doğal kaynak zengini ülkelerin ekonomik gelişimlerinin neden yeterince ilerlemediği; kaynak bakımından yetersiz olan ülkelerin kaynak zengini ülkelere kıyasla neden daha gelişmiş ekonomilere sahip olduğu sorusu üzerinde durmaktadır.

Sachs ve Warner'a göre modern ekonomik yaşamın şaşırtıcı özelliklerinden biri de bol miktarda doğal kaynağa sahip olan ekonomilerin kaynak yoksunu ekonomilere kıyasla daha yavaş büyüme performansı göstermesidir. Diğer bir deyişle ekonomik büyüme ile kaynak yeterliliği arasındaki negatif yönlü ilişkiye dikkat çekmek istemektedir (Sachs & Warden, 1995). Yapmış oldukları çalışmada gelişmekte olan 97 ülkeden bir örüntü oluşturulmuş ve her bir ülkenin 1970-89 yılları arasındaki yıllık ortalama GSYİH oranları ölçülmüştür. Ortalama sonuçlarına göre GSYİH'sı

[2] *(bkz: https://en.wikipedia.org/wiki/Resource_curse)*

değerli kaynak ihracatına dayalı olan ülkeler (doğal kaynak zengini olan ülkeler) daha düşük büyüme eğilimi gösterirken kaynak kıtlığı yaşayan ülkelerde daha fazla bir büyüme gözlenmiştir. Teorik olarak henüz kanıtlanmış bir etkisi bulunmasa da kaynak laneti yenilenebilir kaynaklardan ziyade yenilenemeyen doğal kaynaklarda (petrol, toprak verimliliği, doğalgaz, çeşitli mineraller, arazi yapısı) görülmektedir (Kolstad, 2009). Esasen bolluk paradoksu kaynak zengini olan birçok ülkenin zayıf altyapısını, düşük sosyal refahını, geride kalmış ekonomilerini anlamak için kilit bir noktadır (Yakut, 2017). Zira doğal kaynak zengini ülkelerin gelirlerinin yüksek seviyeler olmasına karşın bu ülkelerde gelişmişlik düzeyi oldukça düşüktür.

Büyük ekonomilerin gelişmekte olan ekonomilere göre daha yavaş büyümesi kalkınma ekonomisi tarafından da kabul gören bir olgudur. Nijerya, Zambiya, Sierra Leone, Angola, Suudi Arabistan ve Venezuela gibi ülkeler kaynak bakımından oldukça zengindir. Ancak bu ülkeleri Asya Kaplanları olarak bilinen Kore, Tayvan, Hong Kong ve Singapur gibi kaynak bakımından yoksul olan ülkeler ile karşılaştırdığımızda birinci gruptaki ülkelerin kaynak mülkiyeti yüksek olmasına karşın büyüme oranları oldukça düşüktür. Fakat Asya ülkelerinde ise büyüme, kalkınmışlık ve refah seviyesi oldukça gelişmiştir (Mehlum vd., 2006).

Kaynak zengini olan birçok ülke uzun yıllardır bu kaynaklara sahiplik yapıyor. O halde kaynak mülkiyetine sahip olmak kalkınmaya yardımcı oluyorsa neden günümüzde doğal zenginlik ile ekonomik kalkınma arasında pozitif bir ilişki göremiyoruz? (Sachs & Warner, 2001). Bol kaynak sahibi ülkelerin kaynak yoksunu ülkelerin gerisinde kaldığı çıkarımı bu konuyla ilgilenen neredeyse tüm araştırmacılar tarafından kabul görmektedir.

Teorik ekonomi literatüründe bol miktarda doğal kaynağa sahip olmasına karşın yeterli ekonomik büyüme gösterilmemesinin 3 temel nedeni bulunmaktadır (Sala-i-Martin & Subramanian, 2008). İlki, doğal kaynak kira geliri üretirler ki bu gelir rant arayışında olanları (hırs etkisi) ciddi ölçüde etkilemektedir. Rant peşinde olanların olumsuz tezahürleri ekonomi üzerinde hissedilir ki bu durum yolsuzluğu artırır. Artan yolsuzluk siyasi ve politik çatışmaları doğurur ve nihayetinde yaşanan olumsuz ortam ekonomik büyümeyi olumsuz etkiler.

İkincisi, doğal kaynak mülkiyeti ülkeleri dalgalanmaya maruz bırakır. Özellikle emtia mallarının (ticarete konu olan mallar) fiyatlarında yaşanan dalgalanmalar ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemektedir. Son olarak kaynak mülkiyetinin ülkeleri Hollanda Sendromuna[3] (Dutch Disease) karşı duyarlı hâle getirdiği düşünülmektedir.

Kaynak zengini ülkeler yüksek fiyat gösterme eğilimindedir. Bu durum bahsi geçen ülkelerin güçlü bir ihracata sistemine dayalı büyüme fırsatını kaçırdıkları anlamına gelmektedir. Bu ülkeler kalkınma denkleminin hem kaybeden hem de kazanan kısmını oluşturmaktadır. Çünkü kaynak mülkiyeti ülkeler için bir yandan bağımsızlık yaratırken öte yandan bu kaynakların gerektirdiği maliyetlere de katlanmayı şart koşmaktadır. Bu şekilde bolluk paradoksu, kaynak varlığının tek başına bir çözüm üretemeyeceğini; kaynak zengini olunsa dahi o kaynaktan doğru şekilde faydalanılmaması, kaynağın verimli kullanılmaması ve yanlış politikaların bir çıktısı olarak gerekli kalkınma ve gelişmenin sağlanamayacağını bir kez daha göstermektedir.

1.1.4. Enerji Verimliliği

Günümüzde birçok ülke ve pek çok politikacının enerji tüketimini azaltmaya veya talebi karşılamak için enerji üretimini artırmaya yönelik politikalar ile ilgili olduğu bilinmektedir. Temel anlamda ekonomi teorisi, enerji fiyatının diğer mallara göre göreceli olarak artmasının enerji yoğunluğunu düşüreceğini ileri sürüyor. Bu durum insanlarda davranışsal değişikliğe yol açacaktır (Newell vd., 1999). Petrol ile çalışan arabalar yerini elektrikli ve şarjlı arabalara bırakacak, evlerde kullanılan yüksek enerji harcayan ampul, fırın, buzdolabı gibi elektronik eşyalar tasarruflu formlara dönüşerek enerji tasarrufu elde edilecektir.

Enerji sektörü, gelişmekte olan ülkelerde büyük ölçüde önemli yatırımlara ihtiyaç duyar. Ancak bu yüksek maliyetli yatırımları sadece basit gereksinimleri ve çağın ihtiyacı olan rahatlığı sağlamak için kullanmak yeterli olmayacaktır. Bu yatırımlar şimdiye dek karşılanmamış ihtiyaçların yükünü ortadan kaldırıncaya dek

[3] Hollanda Sendromu (Dutch Disease): Beklenmeyen bir zenginleşme kaynağına sahip olan ekonomilerin mevcut üretim faktörlerinin diğer alanlardan çekilip yeni kaynağa yöneltmesi neticesinde toplam üretimin azalması durumudur

sürdürülmeli ve yatırımların uzun soluklu olması beklenmektedir (Kaygusuz, 1999). Bu bağlamda karşımıza enerjinin doğru ve etkili kullanımı kavramları çıkmaktadır. Birçok ülke enerji kaynaklarının kıtlığı sebebiyle mevcut enerji kaynağını daha az kullanarak en yüksek verimi elde etmeye çabalamaktadır. Enerji verimliliği en basit tanımı ile aynı görevin daha az enerji ile ifa edilmesini ve böylece enerji israfının önüne geçilmesini ifade etmektedir. Enerji verimliliğini artırmak çoğu zaman fosil yakıt kullanımını azaltmanın en ucuz ve hızlı yoludur (*EESI*, t.y.). Bir başka tanıma göre ise enerji verimliliği birim başına enerji girdisinden sağlanan enerji hizmetleridir (Gillingham vd., 2009).

Enerji verimliliği uzun zamandır enerji politikasının unsurlarını oluşturan kritik kavramlar arasında yer almaktadır. Hem ekonomik kalkınma hem de çevresel bozulmalar ile ilgili endişeler enerji verimliliği ile ilgili yatırımları uyarmaktadır. Politikacılar ve yüksek karbondioksit salınımı yapan büyük işletme sahipleri ekonomik ilerleyişin yanı sıra çevresel çıkarları da gözeten yeni arayışlar içindedir. Son 10 yılda enerji fiyatlarındaki düşüşe rağmen enerji verimliliği için yapılan yatırımların miktarı önemli ölçüde artmıştır (Laitner vd., 2020). Ancak kaynak eksikliği ve finansal problemler yatırım yoluyla sağlanacak verimlilik çıktıları konusunda karşılaşılan başlıca problemler arasında yer almaktadır. Bu alanlarda yaşanan bilgi eksikliği yatırım için ayrılacak fonların yanlış kullanılmasına sebebiyet verebilir. Bilgi, eğitim, Ar-Ge çalışmaları ve ortak çalışma tam ve doğru bir enerji verimliliğinin araçları işlevindedir.

Enerji verimliliği temelde iki şekilde iyileştirilebilir. Ya enerji verimliliği için daha teknolojik çözümler sağlanmalı ya da tüketici davranışları ve alışkanlıkları değiştirilmeli. Her iki durumda da her bir alternatif hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirir (Henryson vd., 2000). Günümüzde enerji verimliliği elde edebilmek için küçük ve büyük ölçekli adımlar atılmaktadır. Bu adımlar gündelik yaşantımızda var olan standart ürünlerin, tasarruflu ürünlere tercihini içeren mikro ölçekli önlemler olabilirken; iklim değişikliği, ulaşım, altyapı, politik unsurlar gibi makro düzeyde değişiklikler olarak da nüfuz edebilmektedir.

Evlerde kullanılan elektronik araçların (çamaşır makinesi, bulaşık makinesi, buzdolabı vs.), küçük ev aletlerinin (ütü, su ısıtıcı, blender vs.), ampullerin ve daha az

enerji ile çalışabilecek daha pek çok standart makinenin tasarruflu versiyonları duyarlı üreticiler tarafından tüketiciye sunulmaktadır. Yüksek miktarda enerji harcamayan A++ buzdolapları, daha az su harcayarak yıkama yapan çamaşır ve bulaşık makineleri, daha tasarruflu ampuller gibi gündelik yaşamımızda enerji kullanımımızı etkileyen pek çok ürünün düşük enerjili muadillerini küçük ölçekli teknolojik çözümlere örnek gösterilebiliriz. Tablo 7'de standart ürünler ile enerji verimliliğine sahip tasarruflu ürünlerin aylık bazda karşılaştırması gösterilirken Tablo 8'de bu ürünlerin çok zamanlı tarifeye göre kıyaslaması verilmiştir.

Tablo 7: Standart ve Enerji Verimliliğine Sahip Ürünlerin Karşılaştırılması

Aylık Enerji Tüketimi		
	Standart Ürünler İçin Aylık Enerji Tüketimi (kWh)	Enerji Verimliliği Yüksek Ürünler İçin Aylık Enerji Tüketimi (kWh)
Bulaşık Makinesi	21,8	13,6
Buzdolabı	34,11	17,85
Çamaşır Makinesi	14,25	11,25
Fırın	58	48
Televizyon	9,33	4,75
Aydınlatma	33,6	9,6
Elektrik Süpürgesi	36	18
Ütü	9,6	9,6
Davlumbaz	4,05	4,05
Bilgisayar	5,4	5,4
El Blenderi	0,825	0,825
Su Isıtıcı	2,2	2,2
Saç Kurutma Mak.	4,8	4,8
Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	233,965	149,925
Fatura Bedeli (TL)	76,58	49,25

Kaynak: (Yumurtacı & Dönmez, 2013)

Tablo 8: Çok Zamanlı Tarifeye Göre Standart ve Enerji Verimliliğine Sahip Ürünlerin Karşılaştırılması

Aylık Enerji Tüketimi						
	Standart Ürünler İçin Aylık Enerji Tüketimi (kWh)			Enerji Verimliliği Yüksek Ürünler İçin Aylık Enerji Tüketimi (kWh)		
	Gündüz (kWh)	Puant (kWh)	Gece (kWh)	Gündüz (kWh)	Puant (kWh)	Gece (kWh)
Bulaşık Makinesi	0	0	21,8	0	0	13,6
Buzdolabı	15,63	7,11	11,376	8,184	3,72	5,952
Çamaşır Makinesi	0	0	14,25	0	0	11,25
Fırın	0	0	58	0	0	48

Televizyon	0	7,02	2,34	0	3,51	1,17
Aydınlatma	0	20,16	13,44	0	5,76	3,84
Elektrik Süpürgesi	36	0	0	18	0	0
Ütü	0	0	9,6	0	0	9,6
Davlumbaz	4,05	0	0	4,05	0	0
Bilgisayar	0	0	5,4	0	0	5,4
El Blenderi	0,825	0	0	0,825	0	0
Su Isıtıcı	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Saç Kurutma Makinesi	0	0	4,8	0	0	4,8
Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	57,235	35,02	141,736	31,789	13,72	104,342
Fatura Bedeli (TL)	61,52			36,73		

Kaynak: (Yumurtacı & Dönmez, 2013)

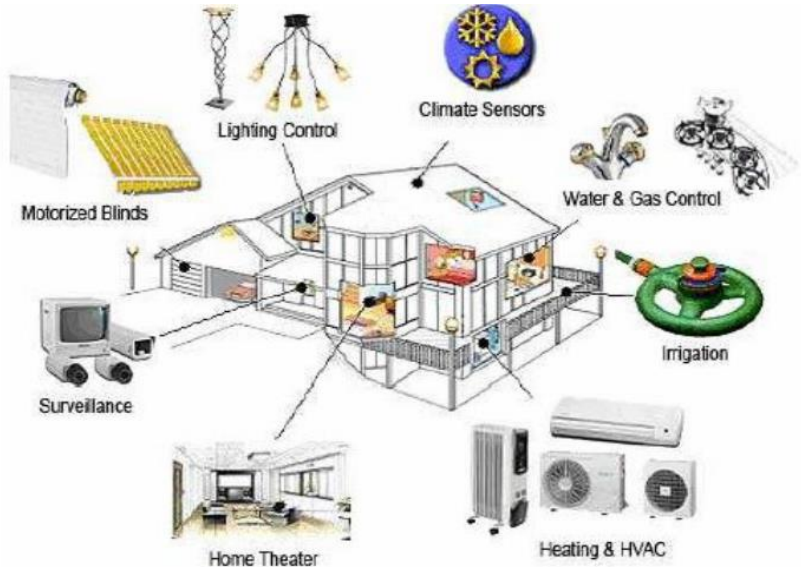
Türkiye'de elektrik enerjisi tüketimi gündüz, gece ve puant olmak üzere 3 şekilde hesaplanmaktadır. Gündüz 06.00 ile 17.00 arasındaki zaman dilimine işaret ederken; puant zaman dilimi 17.00 ile 22.00'ı göstermektedir. Gece ise arta kalan zamanı yani 22.00-06.00'ı göstermektedir. Bu bilgiden hareketle yukarıdaki tabloda yer alan göstergelere baktığımızda puant ve gece zaman dilimlerinde elektrik kullanımının arttığını söyleyebiliriz. Standart ürünler, tasarruflu ürünler ile ikame edildiğinde enerji maliyetleri %35 azalırken; bu ürünler çok zamanlı tarifede kullanıldığında ise yaklaşık %50 azalma görülmektedir. Bu sonuç bize mikro ölçekte alınacak önlemlerin, gündelik yaşamda yapılacak küçük ürün ikamelerinin ve tüketici davranışlarının enerji verimliliği sağlamada ne denli önemli olduğunu göstermektedir..

Enerji tasarrufu/verimliliğinin iyileştirilmesi için alınan önlemler birçok farklılık içerir. Bu önlemler hane halkı tarafından alınabileceği gibi hükümetler, karar mekanizmaları, özel şirketler vs. tarafından da alınabilmektedir. Yukarıda mikro önlemlerle hane halkının gündelik yaşamda elde edebileceği enerji tasarrufa değinildi. Bu önlemlere ek olarak konutlarda enerji verimliliği konusunda makro düzeyde de bir takım atılımlar mevcuttur. Çünkü dünya genelinde enerji tüketiminin büyük bir kısmı konut, ticari, kamu ve endüstriyel tesisler için iç mekân sistemleri ile yakından ilgili olmaktadır. Bugün konut ve ticari binaların dünyadaki toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 20'sini oluşturduğu bilinmektedir (De Paola vd., 2014). Türkiye'de ise bu

oran %26'lara çıkmaktadır. Türkiye'de evlerde harcanan elektriğin toplam enerji tüketimi içindeki payı %26'dır (Yumurtacı & Dönmez, 2013).

İç mekânlarda tüketilen enerji miktarının yüksek olması enerji politikaları ile ilgilenen ülkeler için önemli sorunların başında gelmektedir. Son yıllarda binalarda enerji tüketiminin azaltılması ekonomik avantajlar, uzun vadeli sürdürülebilir etkileri ve çevresel farkındalık sebebiyle oldukça dikkate alınan bir konu olmuştur. Bu bağlamda geliştirilen bir diğer çözüm ise akıllı ev sistemlerdir. Akıllı ev sistemleri daha çok mühendislik alanı ile ilgili gibi görünse de enerji tasarrufuna önemli ölçüde katkı sağlaması nedeniyle sosyal bilimcilerin de ilgilendiği bir konu olmuştur. İki alan birbirine entegre olarak enerji tasarrufu sağlayabilir. Enerji tüketiminin azaltılması teknolojik değişikliklerin yeniden yapılandırılması ve mevcut altyapının verimli kullanımı ile mümkün olabilir (Asare-Bediako vd., 2012). Öyleyse bu iki alanın birbirinden bağımsız değerlendirilmesinin yanlış olduğunu söyleyebiliriz. Çalışmada daha önce de bahsedildiği üzere hane halkının bilinçli davranışları, enerji tüketim alışkanlıklarını değiştirmesi ile enerji talebini azaltmak ve var olan enerjiyi korumak mümkündür. Bu bağlamda yürütülen projeler arasında akıllı ev sistemleri hızla ilgi odağı haline gelmektedir. Aşağıda akıllı ev entegrasyon hizmetlerini gösteren figür 6'ya yer verilmiştir.

Figür 6. Akıllı Ev Entegrasyon Hizmetleri



Kaynak: (Kadam vd., 2015)

Akıllı ev sistemleri evdeki teknolojik cihazların akıllı telefonlar aracılığı ile uzaktan kullanımına imkân veren, fiziksel yakınlık olmaksızın kontrol sağlayan sistemdir.

- Aydınlatma kontrolü
- İklim sensörleri
- Su ve gaz kontrolü
- Otomatik sulama
- Isıtma & HVAC
- Uzaktan gözetim
- Ev tiyatrosu
- Motorlu panjurlar

Figür 6'da yer alan hizmetlerin tamamı kullanıcılar için gündelik yaşamda kolaylık sağlarken aynı zamanda açık unutulan bir aydınlatmanın uzaktan kapatılması, uzaktan sulama sistemi ile gereksiz su kullanımını önlemek gibi enerji israflarını önleyerek enerji talebini de düşürmektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi konut ve binaların toplam enerji talebinin %20'sini oluşturduğunu (bu oran Türkiye'de %26 idi) göz önüne alırsak binalardan sağlanacak enerji tasarrufunun toplam enerji talebi üzerindeki baskıyı azaltacağı yadsınamaz bir gerçektir.

Günümüz dünyasında akıllı evler çevre bilincine sahip kullanıcı için yeterli görülmese de enerji verimliliğinin anahtarı olarak görülmektedir (Salman vd., 2016). Zira binalarda minimum enerji ile yüksek verim sağlamak kirletici emisyonların önemli ölçüde azalmasına ve gereksiz enerji kullanımının önlenmesine katkıda bulunacaktır. Bu da enerji talebini düşürmeye yardımcı olacaktır. Enerji talebi kısılırken hizmetleri azaltmak yerine kaynak optimizasyonuna odaklanılmalı ve her bir kullanıcı için yeterli miktarda enerji sağlanmamalıdır (De Paola vd., 2014).

Enerji verimliliği, enerji güvenliği ve küresel ısınma iklim değişikliği gibi konularla da yakından ilişkilidir. Çünkü enerji verimliliği hem hane halkının hem de ülke ekonomilerinin maliyetlerini azaltmakta, sera gazı emisyonlarını düşürmekte ve enerji ithalatını azaltmaktadır. Enerji verimliliğinin iklim değişikliğini azaltmada önemli bir etkisi olduğu kabul edilmesine karşın ekonomik büyüme ile enerji

verimliliği arasında uzun vadeli ilişki henüz tam olarak anlaşılmamıştır (Rajbhandari & Zhang, 2018). Buna rağmen ülkeler enerji verimliliği konusunu önemsemeye devam etmektedir. Çünkü enerji talebini azaltmanın mümkün olmadığı durumlarda mevcut enerjiyi en verimli şekilde kullanmak enerji talebini en aza indirgemede önemli bir unsurdur. Akıllı enerji kullanımı, mevcut enerjinin doğru alanda ve doğru miktarda kullanımı, karadan ve havadan enerji sağlanabilmesi ve kalan enerji ihtiyacının yenilenebilir kaynaklar ile sürdürülmesi enerji talebini düşürmek için etkili unsurlardır (Omer, 2012). Bu önlemler ülkelerin enerji bağımsızlığı için daha sağlam adımlar atmasına zemin oluşturacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ GÖRÜNÜMÜ

Yaşam kalitemizi sağlamak ve ekonomik unsurları desteklemek için enerji çok önemlidir. Yenilenebilir enerji teknolojileri güneş, rüzgâr, toprak, bitki gibi kendini yenileyebilen kaynaklardan temiz, sürdürülebilir ve bol enerji vaadi sunar. Güneş, rüzgâr, biyokütle vb. kaynakların her biri farklı teknoloji, Ar-Ge ve yatırım planlaması gerektirmektedir. Bugün yenilenebilir enerji piyasasında artan sayıda uygun maliyet ve ticarileştirme adımları atılmaktadır. Çünkü geleneksel kaynaklara kıyasla YE teknolojisi önemli ve istikrarlı faydalar sunmaktadır. YE sistemleri ekonomik faydalarının yanı sıra çevresel ve sosyal olarak da birçok faydasını saymak mümkündür. Bu kaynaklar çok az atık üretir, sağlık sorunları, hava kirliliği, çevre tahribatı gibi doğrudan bireyi etkileyen çevresel ve sağlık sorunlara yol açmaz (Bull, 2001). Ayrıca küresel iklim değişikliği, aşırı karbon salınımı ve sera gazı emisyonlarının atmosferde yarattığı hasara eklemeler yapmaması nedeniyle hem dünyamız hem de bizler için oldukça önem arz etmektedir.

İnsanoğlunun sürdürülebilir bir enerji mirası elde edebilmesi için ilk bakışta politik gibi görünen enerji konusunun çevre ve insan sağlığından bağımsız bir konu olmadığı artık tüm dünya tarafından kabul edilmektedir. Petrol, kömür ve doğalgaza dayalı geleneksel enerji kaynaklarının ekonominin itici gücü olduğu ancak aynı zamanda bu kaynakların çevre ve insan sağlığı üzerinde yarattığı tahribatın etkileri kanıtlanmıştır. Fosil yakıt temelli bu kaynakların yetersiz rezervler ve çevreci cepheden gelen baskıların da etkisiyle gelecekte terk edileceği ve fosil kaynaklarla işleyen küresel bir ekonomiye dayanamayacağı açıktır.

Tarihsel olarak fosil yakıtlardan YE kaynaklara yönelim enerji güvenliği probleminin gün yüzüne çıkmaya başladığı tarih olan 1970'lerin başında başladı. 70'li yıllara kadar ucuz ve nispeten ulaşılması daha kolay olan enerji o yıllarda bir takım

engellere (birinci bölümde bahsedilen petrol krizleri, iç çatışmalar vs.) tabi tutuldu. 1970'li yılların ortasında yaşanan enerji kriziyle birlikte dünya ülkeleri geleneksel fosil kaynakların tükenme riskini algılamıştır. Bu algı üzerine alternatif enerji kaynaklarına ilgi hızla artmıştır ancak 1980'li yıllara gelindiğinde fosil kaynakların tükenme riskine çevresel kaygılar da eklenmiştir. Enerji ile ilgili problemler yalnızca küresel ısınma ile alakalı değil aynı zamanda hava kirliliği, ozon delinmesi, asit yağmurları, orman tahribatı ve radyoaktif maddelerin yayılması gibi çevresel birçok soruna neden olmaktadır (Dincer, 2000). Çevrenin yanı sıra insan sağlığını da olumsuz etkileyen fosil kaynağın çıkarılması, işlenmesi ve transferi esnasında doğada meydana getirdiği tahribatın daha fazla dikkat çekmesiyle temiz içerikli yenilenebilir kaynaklara yönelim kaçınılmaz olmuştur (Turner, 1999).

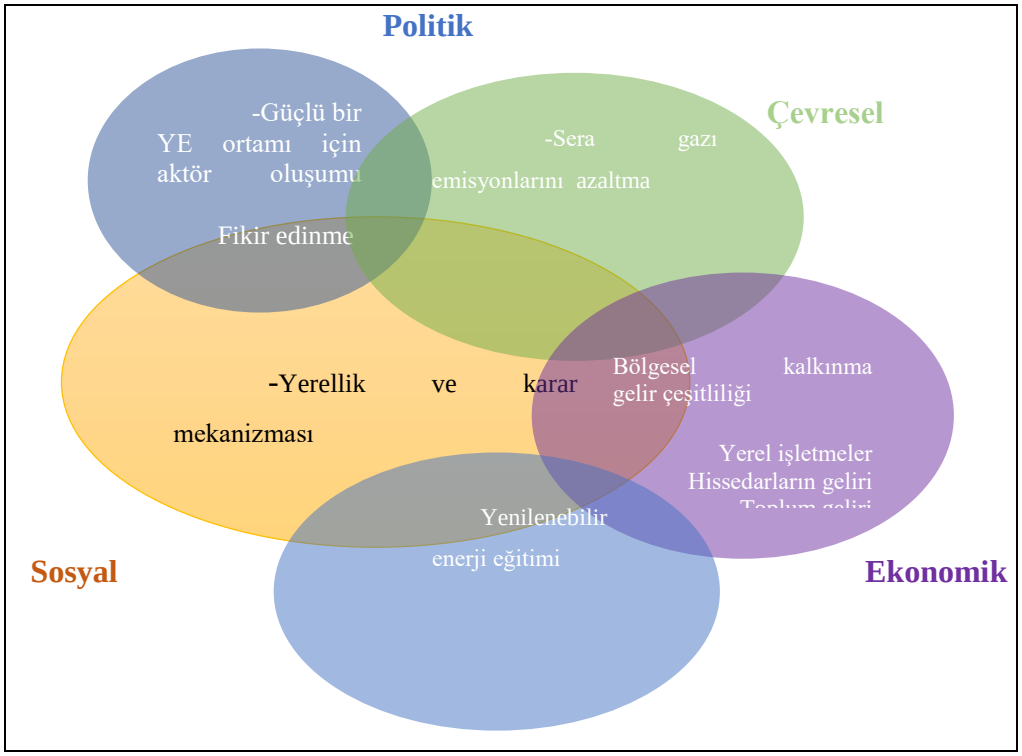
Yenilenebilir kaynakları bu denli ön sıralara taşıyan iki önemli unsur bulunmaktadır. Birincisi, uzun zaman önce başlayan küresel iklim değişikliğinin hala tüm hızıyla devam etmesi ve beraberinde yıkıcı etkilerini de arttırmasıdır. Bunun ana nedeni ise fosil yakıtların artan tüketimidir. İkincisi ise, enerji piyasasındaki köklü dönüşüm, ülkelerin devlet-tekelci yaklaşımı, talepteki önlenemez büyüme, petrol rezervlerinin giderek tükenmesi gibi sebepler enerjiyi sürekli bir endişe haline getirmiştir (Abolhosseini vd., 2017). Gelişmekte olan toplumlar için tek amaç enerji kaynaklarına ulaşmak ve enerji bağımsızlığını kazanmak olmamalı; gelecek nesiller için ve ekolojik düzenin korunması adına talep edilen bu kaynakların temiz içerikli ve sürdürülebilir olması, çıkarılması ve işlenmesi esnasında doğayı tahrip etmemesi ve enerji verimliliğini üst düzeye ulaştırması da amaçlar arasında yer almalıdır. Ancak yine de çevre koruması ve enerji güvenliği arasındaki ilişkinin temelinde öncelikle enerji piyasasındaki rekabetçilerin varlığı ve sürdürülebilir enerji yatmaktadır. Yani herhangi bir tehdit unsuruyla karşı karşıya kalındığında enerji güvenliğinin çevresel endişelere üstün gelmesine müsamaha gösterilir (Sigot, 2013).

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin kullanılması sadece ekonomik ve teknik özelliklerin uygulanması değil aynı zamanda CO_2 kısıtlamaları, yenilenebilir hedefler gibi çevresel faktörleri de içeren unsurlara yer vermektedir (Möst & Fichtner, 2010). Yenilenebilir enerji karbondioksit indirgemesine ek olarak hükümetlerin bir dizi politikalarına hizmet etmekte, yerel çevre ve sağlık koruması sağlamakta, enerji

güvenliğinin geliştirilmesine, enerji portföyünü geliştirerek sosyal, ekonomik, çevresel ve politik bir çok soruna çözüm sunmaktadır. Yenilenebilir ve sürdürülebilir temiz enerji teknolojileri tipik anlamda 3 büyük teknolojik yenilik gerektirmektedir. Bunlar; talep tarafındaki enerji verimliliğini sağlamak, enerji üretebilmek ve fosil yakıtlarla sürdürülebilir kaynakların ikamesini gerçekleştirmektir (Lund, 2007). Bahsi geçen 3 büyük yenilikten gerçekleştirilmesi en zor olan unsurun "*fosil yakıtlarla yenilenebilir kaynakların ikamesini sağlamak"* olduğu tahmin ediliyor. Çünkü alışagelmiş bir sistemin değiştirilmesi, yeni kaynakların kullanımına başlanması oldukça zor ve maliyetli olmanın yanı sıra politik bir dizi sorumluluk da gerektirmektedir.

Yenilenebilir enerjinin ekonomik, sosyal ve siyasal etkilerinin olumlu yönlerinin evrensel olduğunu söyleyebiliriz. Dünyamız için sürdürülebilir kaynakların küresel faydaları figür 7'de gösterilmiştir. Bu figüre bakarak yenilenebilir enerjinin politik, çevresel, ekonomik, teknolojik ve sosyal olmak üzere 5 farklı küresel faydasının olduğunu söyleyebiliriz. Şimdi bu 5 farklı faydayı aşağıdaki figürden yardım alarak açıklayalım.

Figür 7. Yenilenebilir Enerji Üretiminin Küresel Faydaları





Kaynak: (Ellabban vd., 2014)

Çevresel Faydalar: Elbette ki yenilenebilir enerji denince akla ilk olarak çevre faktörü gelmektedir. YE'nin küresel faydalarının çevresel etkileri arasında ilk olarak sera gazı emisyonlarının azaltılması yer almaktadır. Bilindiği üzere Avrupa Birliği çeşitli girişimler ile karbon salınımları ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasını hedeflemektedir. Bu noktada yenilebilir enerji ilk akla gelen çözüm yollarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanı sıra küresel ölçekteki girişimler sayesinde tüm dünyada çevre bilinci artmaktadır.

Politik Faydalar: Önceki bölümde de sıkça bahsedildiği gibi YE kaynakları enerji bağımsızlığı kazanmak için tüm ülkeler açısından oldukça önemli bir konudur. Global girişimlerde yer almanın güçlü bir YE ortamı kurulması ve burada aktif bir rol oluşturması küresel faydaların politika kolu arasında yer almaktadır.

Sosyal Faydalar: Yenilenebilir enerjinin sosyal faydalarına çalışma içerisinde zaman zaman detaylarla yer verilecektir. Ancak burada farklı olarak yer alan yerellik ve karar mekanizması ile topluluk oluşturma ve güçlendirme faydalarına baktığımızda bunların politik fayda ile iç içe geçtiğini söyleyebiliriz. Yerel enerji üretimi veya bölgesel teşvikler ile sosyal olarak fayda sağlanabilir. Ayrıca YE çerçevesinde bilinçli

bir topluluk oluşturma ve topluluğu çevre bilinci ile güçlendirme de yine küresel ölçekli faydalar arasında yer almaktadır.

Ekonomik Faydalar: YE ile ekonomik ilerlemenin güçlü bir ilişkisi olduğunu belirtmiştik. Kaynak çeşitliliğinin enerji bağımsızlığı için bir gereklilik olduğunu belirtmiştik. Ancak burada ekonomik olarak küresel faydalar daha çok bölgesel kalkınma ve gelir çeşitliliği üzerinde durmaktadır. YE'nin toplum gelirinde artışa yol açacağı, yerel işletmeler için bir çeşitlilik sağlayacağı düşünülmektedir.

Teknolojik Faydalar: Tıpkı sanayi sektörü gibi yenilenebilir enerji sektörünün gelişmesi de birçok farklı teknolojik yeniliği beraberinde getirecektir. Yenilenebilir enerji tesislerinin kurulması, bu tesislerin alanlarının belirlenebilmesi ileri düzey teknoloji imkânları ile mümkündür. Bu da yenilenebilir enerji sektörünün teknolojik ilerlemeye ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır. Teknoloji ile güçlenen yenilenebilir enerji endüstrisi enerjide kendine yetebilmek gibi önemli faydalar sağlayacak ve bu endüstrinin gelişimine katkı sağlayacaktır.

Küresel faydalarına değindikten sonra yenilenebilir enerji kaynaklarının neler olduğunu ve bu kaynakların kullanım alanlarına kısa bir bakış atabilmek adına aşağıda tablo 9'a yer verilmiştir. Bu tablo yenilenebilir kaynaklar ve kullanımları hakkında kısaca fikir edindirmek amacıyla hazırlanmıştır. Elektrik üretimi, ısınma, su ısıtma vb. birçok alanda kullanılmak üzere fosil yakıtlara ihtiyaç duymadan fayda sağlanan bu kaynaklara çalışmanın devamında detaylı bir şekilde yer verilecektir. Yenilenebilir kaynaklarının arasında; güneş, rüzgâr, biokütle enerji, jeotermal, hidroelektrik enerjisi ve dalga enerjisini sayabiliriz.

Tablo 9: Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanım Alanları

Enerji Kaynakları	**Enerji Dönüşümü ve Kullanım Alanları**
Güneş Enerjisi	Fotovoltaik, güneş panelleri, güneş enerjisi ev sistemleri
Rüzgâr	*Elektrik üretimi, rüzgâr jeneratörleri, yel değirmenleri, su pompaları*
Hidroelektrik	Elektrik üretimi
Biyokütle	Isı ve elektrik üretimi

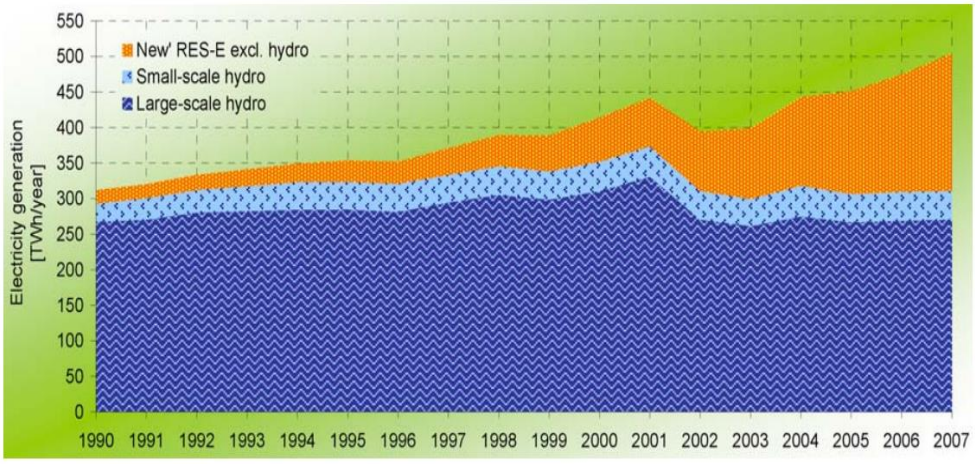
Jeotermal	Kentsel ısınma, hidrotermal, elektrik üretimi,
Dalga	*Çok sayıda tasarım*
Gelgit	*Baraj, gelgit akışları*

YE kaynaklar ayrıca alternatif kaynak olarak da adlandırılmaktadır. Alternatif enerji kaynaklarının 2100 yılına kadar %30 ile %80 arasında artış göstermesi beklenmektedir (Panwar, 2011). Esas olarak YE enerji teknolojisinin alışılmış elektrik dönüşüm sisteminden, yüksek bakım ve kurulum maliyetleri nedeniyle daha az rekabetçi olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltması, enerji güvenliği, enerji çeşitliliği sağlaması ve karbon emisyonunu azaltması gibi sebeplerden ötürü daha fazla avantaja sahip olduğu bilinmektedir (Strupczewski, 2003).

Sürdürülebilir Enerji Geliştirme Stratejileri tipik olarak üç büyük teknolojik değişikliği içerir: talep tarafında enerji tasarrufu, arz tarafında enerji üretimi ile verimlilik iyileştirmeleri ve fosil yakıtların yerine çeşitli yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı olarak 3 şekilde sınıflandırabiliriz. Büyük ölçekli yenilenebilir enerji uygulama planları yenilenebilir kaynakları entegre etmek için bir takım stratejiler içerir. Burada en büyük zorluk tedarik sisteminde yenilebilir enerjinin miktarını artırmaktır. Dünya genelinde oldukça önemli bir kaynak olarak görülen yenilenebilir enerji tasarrufundan etkilenen uyumlu enerji sistemleri ve verimlilik önlemleri gibi alınabilecek aksiyonlar sayesinde bu alanda iyileştirilmeler sağlanabilir.

Önceki bölümde yenilenemeyen kaynak rezervleri ve bu rezervlerin kullanım sürelerine ilişkin dünya üzerindeki durumu gösteren tablo ve grafiklere yer verilmişti. Bu bölümde ise yenilenebilir enerji kapasitesi, gelecekte nasıl bir ilerleme kaydedeceği, potansiyelinin ne olduğu ile ilgili sorulara yanıt aranacak; yenilenebilir kaynaklar tek tek tanımlanacak ve çevresel etkilerine değinilecektir. Ayrıca yenilenebilir enerji bağlamında çalışmayı biraz daha öznele yakınlaştırarak Türkiye'nin yanı sıra diğer Avrupa Ülkeleri verilerine de yer verilecektir. Zira yenilebilir enerjiden elektrik üretimi tüm AB ülkeleri için ana hedefleri arasında yer almaktadır. Avrupa Parlamentosu geçmişte YE kaynaklardan enerji üretimi ile ilgili

zorlayıcı bir takım hedefler belirlemiştir. 1997 yılından 2010'a kadar yenilebilir enerjiden elektrik üretiminin payını %12'den %21'e yükseltilmesi bu hedefler arasındaydı. Daha yakın zamanlı hedefi ise YE payının toplam elektrik tüketimi içindeki payının 2020 yılına kadar %20'ye yükseltilmesiydi (Haas vd., 2011). İlerleyen bölümlerde bu durumun ne kadarının gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği sorusunun yanıtı aranacaktır. Ancak mevcut durum ve gelecek beklentilerine geçmeden önce AB'nde YE'den elektrik üretiminin tarihsel sürecini gözlemlemek için şekil 4'te yer verilmiştir. Buna göre hidroelektrik baskın bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. O yıllardaki elektrik üretiminin %90'nı hidroelektrikten sağlanmaktadır.



Şekil 4: Avrupa Birliği'nde Yenilenilir Enerjiden Elektrik Üretiminin Tarihsel Gelişimi (1990-2007)

Kaynak: (Haas vd., 2011)

Günümüze daha yakın bir tarih olan 2018 yılında yayınlanan bir çalışmada yer alan 2015 verileri tablo 10'da gösterilmiştir. Dünyada toplam enerji tüketiminde %20'yi aşan yenilenebilir enerji payına sahip 20'den fazla ülke bulunmaktadır. Almanya, Danimarka gibi Avrupa ülkeleri ve İzlanda, Norveç gibi gelişmiş ülkeler de bu grupta yer almaktadır.

Tablo 10: Yenilenebilir kaynakların Gayri Safi Yurtiçi enerji tüketimindeki payı 2015 (%)

Ülke	YE	Biyokütle	Hidroelektrik	Rüzgâr	Güneş	Jeotermal
AB-28	13.0	8.4	1.8	1.6	0.8	0.4
Almanya	12.2	8.2	0.5	2.2	1.3	0.1
Avusturya	29.0	17.3	9.6	1.3	0.8	0.1
Belçika	6.7	5.2	0.1	0.9	0.5	0.0

Bulgaristan	10.8	6.5	2.6	0.7	0.8	0.2
Çekya	10.1	9.1	0.4	0.1	0.5	0.0
Danimarka	28.4	20.5	0.0	7.2	0.5	0.0
Estonya	14.5	13.5	0.0	1.0	0.0	0.0
Finlandiya	31.6	26.7	4.3	0,6	0.0	0.0
Fransa	8.6	5.7	1.9	0.7	0.3	0.1
Kıbrıs	5.5	2.1	0.0	0.8	3.5	0.1
Hırvatistan	23.0	15.5	6.4	0.8	0.2	0.1
Hollanda	4.7	3.6	0.0	0.8	0.2	0.1
İrlanda	7.6	3.0	0.5	4.0	0.1	0.0
İspanya	13.7	5.6	2.0	3.5	2.6	0.0
İsveç	42.2	24.8	14.2	3.1	0.0	0.0
İtalya	16.8	8.6	2.5	0.8	1.4	3.5
İngiltere	7.7	5.3	0.3	1,8	0.4	0.0
Letonya	35.1	31.2	3.7	0.3	0.0	0.0
Litvanya	20.5	19.0	0.4	1.0	0.1	0.0
Lüksemburg	4.9	4.2	0.2	0.2	0.3	0.0
Macaristan	12.0	11.1	0.1	0.2	0.1	0.4
Malta	2.6	1.0	0.0	0.0	1.6	0.0
Polonya	9.4	8.2	0.2	1.0	0.1	0.0
Portekiz	21.5	12.6	3.2	4.3	0.6	0.8
Romanya	18.4	11.5	4.4	1.9	0.5	0.1
Slovakya	9.6	7.2	2.0	0.0	0.3	0.0
Slovenya	16.1	9.9	5.0	0.0	0.5	0.7
Yunanistan	11.3	5.4	2.1	1.6	2.2	0.0

Kaynak: (Bórawski vd., 2019).

2015 yılına ait bu verileri incelediğimizde %42.2 ile en yüksek pay İsveç'e aittir. Finlandiya %31.6'lık bir pay ile İsveç'i takip etmektedir. Avusturya, Danimarka, Hırvatistan, Litvanya ve Portekiz gibi ülkeler de %20'leri aşmış ülkeler arasında yer almaktadır. AB ülkelerinden Almanya 2050 yılına kadar yenilenebilir enerji payını %60'lara çıkarmayı planlamaktadır. AB ülkelerinin önceki yıllarda benimsemiş olduğu enerji stratejisi hedeflerine göre 2020 yılında sera gazı emisyonlarının %20 azaltılması ve YE payının %20 artması kararlaştırılmıştı. 2015 yılında açıklanan son verilere göre bazı ülkelerin bu hedeflere sadık kaldığını diğer ülkelerin ise bu hedefe ulaşmak için çaba gösterdiğini söylemek mümkündür.

2.1. YENİLENEBİLİR ENERJİNİN GELECEĞİ

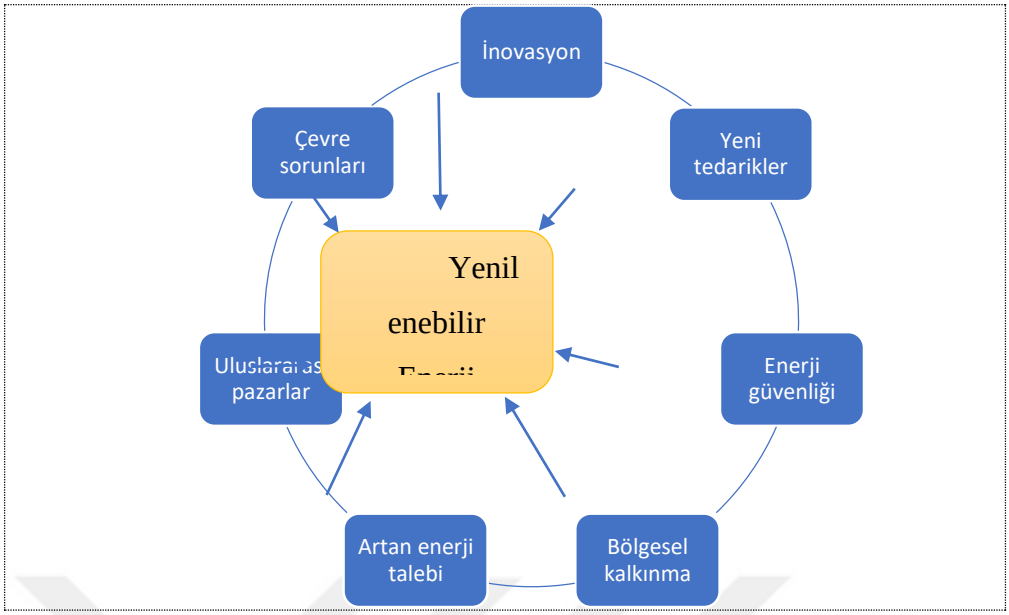
Yenilenebilir enerjinin önümüzdeki yıllar içerisinde küresel enerji talebinin en hızlı büyüyen bileşeni olması beklenmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'nın senaryosuna göre küresel yenilenebilir enerji talebinin 2007 ile 2030 yılları arasında

yıllık büyüme oranının %7,3 oranına yükselmesi beklenmektedir (Sadorsky, 2011). Küresel YE talebi ile ilgili oldukça çeşitli beklentiler mevcuttur. Bir başka çalışmada ise bu beklenti oranı %10,4 olarak belirtilmiştir. Bu çalışmalar küresel enerji talebinin yenilebilir kaynaklara doğru büyümesi ile ilgili tahminler yürütürken birincil kaynak taleplerinde de küçülme yaşanması ile ilgili tahminlerde de bulunmaktadır. Bu tahmini oranlar birincil enerji kaynaklarına yönelik talebin yıllık %1,5 veya %0,8 seviyelerinde artması beklentilerini içermektedir.

Son birkaç 10 yılda istikrarlı ekonomik büyüme nedeniyle enerji talebinde sürekli bir biçimde artış yaşanmaktadır. 1981'den bu yana ekonomik ve finansal piyasalar küresel enerji talebinde ilk kez düşüş yaşıyor. Fakat enerji senaryoları üzerinde olumlu gibi görünen bu durumun aslında olumsuz bir şekilde sonuçlanacağı beklenmektedir. IEA'ya göre gelişmekte olan ülkelerin kendi enerji ihtiyaçlarını karşılaması için mevcut kapasitelerinin 2 katı enerji üretmesi gerekmektedir. Ve dünyanın toplam enerji tüketiminin ise 2006'dan 2030 yılına kadar %44 artması beklenmektedir. Bu oran enerji temini ile ilgili endişeleri artırmakta olup öngörülen yıllarda olası enerji problemlerini en düşük seviyeye çekmek için ülkelerin kendi enerjilerini üretebilmeleri ve enerji bağımsızlıklarını kazanabilmeleri adına gerekli atılımları yapması gerektiğini hatırlatmaktadır.

Son 25 yılda, gelişmekte olan ülkelerde 1,3 milyar insan elektriğe erişim sağladı. Ancak aynı süre içinde dünya nüfusu 2 milyon arttı. Bu artış, önceki döneme göre 700 milyondan fazla insanın; altyapı sistemlerinin erişemeyeceği demografik uzaklıklar ve maliyetler sebebi ile elektriğe ulaşamamasına işaret etmektedir. (Ghobadian vd., 2009). Figüre 8'de gelişmekte olan ekonomilerin yenilenebilir enerji uygulaması için gerekli olan temel unsurlar gösterilmiştir.

Figür 8. Gelişmekte Olan Ekonomilerde YE'nin Temel Unsurları



Kaynak: (Ghobadian vd., 2009)

Yukarıda yer alan figürde göz ardı edilmemesi gereken şey; bu temel unsurlar her ekonomi için aynı itici güç demek değildir. Gelişmekte olan her ekonomi ve ülkenin ihtiyaçları farklılık gösterebilmektedir. Yenilenebilir enerji uygulamalarında bölgesel farklılık, politik etkenler, talep ihtiyacı, kalkınmışlık seviyesi, çevre bilinci gibi itici güçlerin önem sırası ülkelerin içinde bulunduğu sosyal, siyasal ve demografik özelliklere göre değişmektedir. Artan enerji talebini azaltmaya çalışan bir ülke ile enerji güvenliğini sağlamak için kaynak arayışında olan bir başka ülke için yenilenebilir enerji uygulamasının temel unsurları farklı anlamlar içermektedir.

Yenilenebilir enerjinin unsurları her ne kadar ülkelere göre değişiklik gösterse de gelecekte küresel enerji ihtiyacının çoğunluğunun YE kaynaklardan sağlanacağı beklentisi her geçen gün artmaktadır. Bu beklentiler ile ilgili çeşitli YE senaryolarını içeren çalışmaların sayısı da oldukça yüksektir. Shell tarafından yürütülen bir çalışma 2060 yılına kadar yenilenebilir enerji teknolojilerinin küresel enerji ihtiyacının %50'sini karşılayabileceğini öngörülmektedir. Greenpeace için yapılan bir diğer çalışmada ise yenilenebilir enerjini 2100 yılına kadar enerji gereksinimlerinin %100'ünü karşılayacağı öngörülmektedir (Elliott, 2000). Ancak bu çalışmada birinci bölümde ayrıntılı bir şekilde yer verilen enerjiyi koruma kavramının üzerinde durulmuştur. Enerji tasarrufuna gereken önem verilirse 2100 yılına kadar geleneksel

kaynak kullanımının sonlanmış olacağı ve yenilenebilir enerjinin tedarikte tek başına yeterli olacağı öngörülmektedir. Bir başka çalışma ise 2001 yılından başlayarak 10'ar yıllık toplam tüketimi ve bu tüketim içinde yenilebilir kaynakların payına yer vermiştir. 2040 yılı içinse toplam tüketim içinde YE kaynakların durumunu gösteren bir öngörüye yer vermiştir. Aşağıda tablo 11'de 2040 yılına kadar YE kaynakların kullanılması ile ilgili beklenen senaryo gösterilmiştir.

Tablo 11: 2040'a Kadar Küresel Yenilenebilir Enerji Senaryosu

	2001	2010	2020	2030	2040
Toplam Tüketim (milyon ton petrol eşdeğeri)	10,038	10,549	11,425	12,352	13,271
Biyokütle	1,080	1,313	1,719	2,483	3,271
Büyük Hidro	22.2	266	309	341	358
Jeotermal	43.2	86	186	333	493
Küçük Hidro	9.5	19	49	106	189
Rüzgâr	4.7	44	266	542	688
Güneş Termal	*4.1*	15	66	244	480
Fotovoltaik	0.1	2	24	221	784
Güneş Termal Elektrik	0.1	0.4	3	16	68
Deniz(dalga-gelgit-okyanus)	0.05	0.1	0.4	3	20
Toplam Yenilenebilir Kaynaklar	1,365.5	1,745.5	2,964.4	4289	6351
YE kaynakların katkısı	13.6	16.6	23.6	34.7	47.7

Kaynak: (Kralova & Sjöblom, 2010)

Tabloya göre artmakta olan toplam tüketim 2040 yılında yükselişini sürdürmeye devam edecek ve 2040 yılına gelindiğinde yenilenebilir kaynakların toplam tüketime katkısı %47.7 olacaktır. Belirtilen oran bir önceki çalışmada yer verilen *"2060 yılına kadar YE kaynaklar küresel talebin %50'sini karşılayacaktır"* beklentisi ile örtüşmektedir. Yukarıdaki tabloda dikkat çeken bir diğer nokta ise 2040 yılında YE kaynaklar içinde en fazla pay biyokütle enerjisine aittir. Henüz gelişme

aşamasında olan dalga enerjisinden 2040 yılında da yüksek miktarlarda faydalanılamayacağını tabloya bakarak söylemek mümkündür. Ancak yine aynı tabloya bakarak güneş, rüzgâr, jeotermal ve fotovoltaik gibi kaynaklardan zaman içerisinde oldukça yüksek verim elde edileceğini söyleyebiliriz.

Yenilebilir kaynak denince akla ilk gelen güneş, rüzgâr, jeotermal ve hidroelektrik gibi yenilenebilir sistemde geleneksel olma eğilimindeki kaynaklar ile ilgili beklentiler oldukça yüksek seviyelerdedir. Umut vaad eden yenilenebilir enerji senaryoları bu alana yönelik çalışma ve yatırımları haklı çıkaracak nitelikte görünmektedir.

2.2. GÜNEŞ ENERJİSİ

Temel olarak dünya üzerinde yalnızca bir enerji kaynağı bulunur ki o da güneştir. İnsanoğlu, varlığından şimdiye dek güneş enerjisinden her zaman için faydalanmıştır ve fayda sağlamaya devam edecektir. Güneş, kullanılan en eski enerji kaynağı olarak bilinmektedir. Birçok medeniyet için bir güç kaynağı olarak kullanılan güneş enerjisinin bilinen ilk uygulama alanı yiyeceklerin, korunmak amacıyla kurutulmasıdır. Güneş enerjisini toplama/biriktirme fikri ise tarih öncesi zamanlarda bilim adamı/hekim olan Arşimed'in ayna yardımı ile güneş ışınlarını Roma filolarını yakmak için tasarladığı metoda kadar uzanmaktadır (Kalogirou, 2004). Bu metot günümüzde hala tartışmalara konu olsa dahi güneşin yenilenebilir enerji kaynakları arasında ilk akla gelen enerji türü olduğu herkes tarafından kabul gören bir fikirdir.

18. yüzyılda güneş enerjisi artık demir, bakır gibi kıymetli madenleri ve cam lensler ile aynaları eritmek için kullanılmaya başlandı. 19. yüzyılda nihayet güneş enerjisinin farklı formlara dönüştürülme çabası karşılık buldu ve düşük basınçlı buhar üretim sistemleri çalıştırılmaya başlandı (Meinel & Meinel, 1977). Gelişen teknoloji, yapılan Ar-Ge çalışmaları güneşten enerji sağlamak için eşsiz bir kaynak olduğunu göstermesi üzerine bu alana olan ilgi artmaya başladı. Geçmişten günümüze, güneş enerjisi insanlığın temel ihtiyaçlarını karşılamadan başlayarak adım adım ilerlemiş, dünya üzerinde enerji elde etmek üzere uzayda güneş enerjisinin dönüşümü vurgulanmış ve bu konu üzerine ciddi araştırmalar yapılmaya başlanmıştır ve

günümüzde ise artık ülkelerin enerji bağımsızlığı adına vazgeçemediği bir kaynak haline gelmiştir.

Güneş enerjisi tablo 9'da belirtilen dönüşüm ve kullanım alanlarında genellikle elektrik, termal ve diğer enerji türlerini elde etmek için kullanılan bir kaynaktır. Bilim adamları güneş enerjisinin küçük bir yüzdesinin kullanılmasıyla bile günümüz dünyası ve gelecek kuşakların ulaşım ve endüstri için gereksinim duydukları enerjiyi karşılamada yeterli olacağını tahmin etmektedir. 2018 yılında yapılan bir çalışmada Avrupa Birliği ülkelerinden İtalya, Almanya ve Yunanistan'da güneş enerjisi üretiminin toplam enerji içindeki payının %7'yi aştığı belirtilmiştir. Aynı çalışma en karamsar senaryoda bile güneş enerjisinin 2030 yılına kadar Avrupa elektriğinin %10'unu karşılayacağını öngörmüştür (Bórawski vd., 2019). Bu beklentiler ışığında enerjiyi koruma, sağlam bir planlama ve devlet mekanizmalarının önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

Güneş enerjisi diğer yenilenebilir kaynaklara kıyasla tercih edilirliği daha yüksek bir kaynaktır. Jeotermal enerji lokasyon ile sınırlandırıldığından ve biyokütle arzı ise doğada her yerde bulunmadığından güneş enerjisinin küresel potansiyeli daha yüksektir (Kabir vd., 2018). Güneş enerjisine yönelmenin ardındaki sebepler her ne kadar çevre ile bağıntılı görünse de istihdam yaratması da bir diğer itici güç olarak kabul edilmektedir. Fosil yakıt enerji santrallerine kıyasla yenilenebilir santraller daha fazla iş üretmektedir. Üretilen güç birimi başına daha fazla tesis kurulumu, daha fazla Ar-Ge çalışması gelir artışına ve istihdama katkı sağlamaktadır (Çetin & Eğrican, 2011).

Teknik bir konu olan Güneş enerji teknolojisini; aktif ve pasif, fotovoltaik (PV) ve konsantre (yoğunlaştırılmış) olarak 3 gruba ayırmak mümkündür (Chiras, 2002).

1) Aktif ve Pasif Enerji: Aktif ve pasif enerji özellikle inşaat sektöründe ön plana çıkmaktadır. Bina ısıtma ve soğutma sistemleri için tercih edilmesinin yanı sıra su ısıtma ve elektrik enerjisi sağlamak için de faydalanılır. Planlama esnasında pasif sistem dikkate alınarak karar verilir (Demircan, Gültekin; 2015). Aktif sistem ise, güneş ışınlarından istenilen şekilde enerji sağlamak için yürütülen elektronik ve mekanik sistemler bütünüdür (Yüksek, 2009).

2) Fotovoltaik Sistem (PV): En temel anlamı ile fotovoltaik sistem, güneş enerjisini silikon benzeri materyaller aracılığı ile direk enerjiye dönüştüren sistemdir. Tüm dünyada en çok büyüyen endüstrilerden biri olduğunu söylemek mümkündür (Sampaio & González, 2017).
3) Konsantre Güneş Sistemi (CSP): Sıvı, katı ya da gaz durumundaki maddeler için doğrudan güneş ışığı yoğunlaştırılarak elektrik üretilen sistemdir. Başka bir deyişle, güneş ışınlarının lensler yardımı ile yansıtılarak enerji elde edilmesidir (Ellabban vd., 2014).

Güneş sistemleri her ne kadar teknik bir konu olma özelliği gösterse de detaylara girmeden bu konuya değinmek güneş enerji teknolojisinin anlaşılabilmesi yönünden fayda sağlayacaktır. Güneş enerjisi ile ilgili çalışmalarda sık sık yer verilen fotovoltaik kavramının anlaşılması için tablo 12'de literatür tanımlarına kısaca yer verilmiştir.

Tablo 12: Güneş Fotovoltaik Tanımları

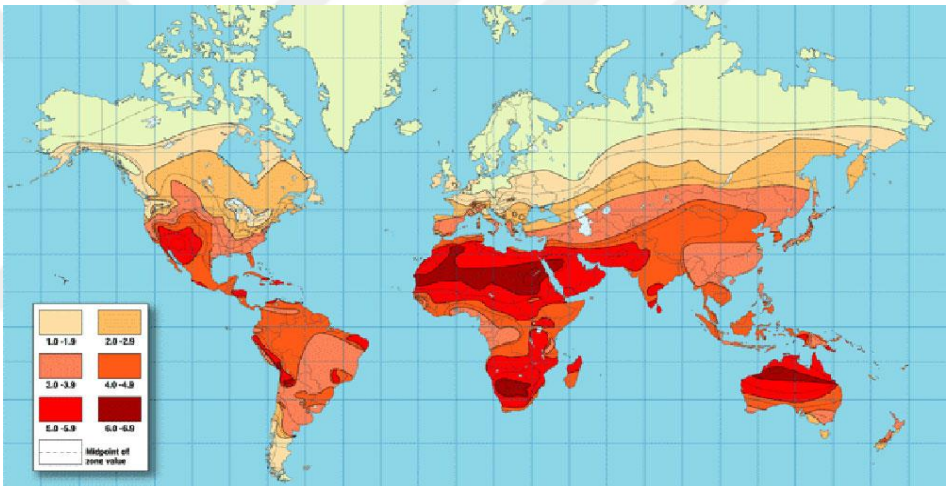
Yazarlar	**PV'nin Tanımları**
(Green, 2000)	Güneş ışınlarının doğrudan elektrik enerjisine dönüşmesidir.
(Surek, 2005)	Güneş ışığını dönüştüren yarı iletken enerji teknolojisidir.
(Hoffmann, 2006)	Yeryüzünde bolca bulunan güneş ışığını dönüştürerek enerji üretmenin en zarif yoludur.
(Rockett, 2010)	Basit bir veya birkaç bağlantı ile güneş ışığını enerjiye çeviren teknolojidir.
(K.-Q. Peng & Lee, 2011)	Güneş ışığından doğrudan elektrik üretimidir.
(Silveira vd., 2013)	Güneş ışığını elektriğe dönüştüren yenilenebilir enerji kaynağıdır.
(J. Peng vd., 2013)	Güneş enerjisinden elektrik üreten enerjidir.
(Tyagi vd., 2013)	Radyasyonun elektriğe doğrudan dönüşümü
(Mundo-Hernández vd., 2014)	Emisyon ya da gürültü olmadan güneş ışığını elektriğe dönüştüren sistemdir.
(Hosenuzzaman vd., 2015)	Makine veya mobil cihazların yardımı olmadan güneş enerjisini doğrudan enerjiye dönüştüren sistemdir.

Kaynak: (Sampaio & González, 2017)

Tablo 12'de görüldüğü gibi yazarların fotovoltaik tanımları üzerinde fikir birliğine vardığı terimler; elektrik, doğrudan üretim, dönüşüm ve güneş radyasyonu olmuştur. Öyleyse güneş ışınlarının yerkürenin dinamikleri için dönüştürebilir enerjiyi

temsil ettiğini söylemek yanlış olmayacaktır. Gelişen teknolojinin güneş sistemini daha yakından tanımaya olanak sağlamasıyla birlikte güneş enerjisinin eşsiz değeri daha da anlaşılmıştır.

Güneş enerjisi ile ilgili ülkemiz potansiyeline bir göz atacak olursak ekvatora yakın olması, güneşlenme süresinin uzun olması, güneş ışınlarını dik açılarla alması sebebiyle Türkiye güneş enerjisi bakımından potansiyeli oldukça yüksek bir enerji kaynağıdır. Tüm dünyadaki güneş enerjisi potansiyelini görebilmek ve tüm dünya ülkeleri arasında Türkiye'nin durumunu ortaya koyabilmek için aşağıda şekil 5'te yer verilmiştir.



Şekil 5: Dünya Güneş Enerjisi Haritası

Kaynak: http://www.gunesenerjisidunyasi.com.tr (Erişim: 24.04.2021)

Haritadaki kırmızı ve bordo alanlar güneşlenme süresinin uzun, güneş enerji potansiyelinin yüksek olduğu ülkeleri temsil etmektedir. Bu haritaya bakarak ülkemizin güneş potansiyeli bakımından oldukça uygun bir konumda yer aldığını söyleyebiliriz. Açık renkli alan alanlar ise güneş enerjisi ile enerji elde etmenin düşük ve riskli olduğu ülkeleri göstermektedir. Güneş enerjisi her ne kadar temiz ve sürdürülebilir olsa da bu kaynaktan faydalanmanın önündeki ilk koşul coğrafi konum verimliliği olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.1.5. Güneş Enerjisinin Çevresel Etkileri

Tüm enerji üretim ve transfer süreçlerinin çevre üzerinde bir etkisi bulunmaktadır. Alışılmış enerji yöntemlerinin havaya, suya, toprağa, iklime ve hatta yaban hayata zarar verdiği açıktır. Bununla birlikte yenilenebilir enerjinin de, enerji arzı esnasında doğa üzerindeki tahribatı önemli ölçüde azalttığı, daha güvenilir olduğu ve çevre için birçok çözüm sunduğunu söylemek mümkündür.

(Tsoutsos vd., 2005)'e göre; güneş enerji teknolojileri (Solar Energy Technologies-SETs) geleneksel enerji kaynaklarına kıyasla çok daha fazla avantaja sahiptir. Bu avantajları çevresel ve sosyo-ekonomik olarak sınıflandırmak mümkündür.

Çevresel avantajlar;

- Sera gazı emisyonlarını azaltması (özellikle CO_2 ve NO_x),
- Bozulmuş toprak yapısının ıslahı,
- Elektrik şebekeleri için gerekli olan transfer hatlarını azaltması,
- Su kaynaklarının kalitesini geliştirmesi şeklinde sıralanmıştır.

Sosyo-ekonomik avantajlar ise;

- Ulusal ve bölgesel elektrik bağımsızlığını artırması,
- Enerji arzı çeşitliliği ve enerji güvenliği,
- Enerji piyasalarının deregülasyonunun desteklenmesi şeklindedir.

Bir başka çalışmada ise güneş enerjisi kullanımının olumlu yönleri ele alınırken sayılan tüm olumlu yönlerine ek olarak;

- Yeni istihdam alanları yaratması,
- Kırsal alan elektrifikasyonuna ivme kazandırması ve
- Gelişmekte olan ülkeleri dünya çapında daha çekici hale getireceği gibi etkilerine de yer verilmiştir (Hernandez vd., 2014).

Tüm bu etkilerden yola çıkarak güneş enerjisinin en umut verici kaynaklardan biri olduğunu söylemek mümkündür. Mevsimsel değişikliklere karşı fazla duyarlı olmayışı ve güneşlenme süresinin uzun olduğu bölgelerde bölgesel enerji bağımsızlığı

kazandırması güneş enerjisine olan ilgiyi artırmaktadır. Hali hazırda birçok uluslararası enerji projeleri, hükümetlerin enerjiye olan ilgisi bu alanda yapılan çalışmalar güneş enerjisini hem ülkeler hem de hükümetler için gün geçtikçe daha cazibeli bir hale getirmiştir.

2.3. RÜZGÂR ENERJİSİ

Doğası gereği değişken ve sürekli bir kaynak olan rüzgâr bulunulan iklime ve coğrafi konuma göre çeşitlilik göstermektedir. Dağların veya düzlüklerin varlığına göre, kara veya denizin oranına göre çeşitli varyasyonlarda var olan rüzgâr enerjisinin en karakteristik özelliği kaynağının değişkenliğidir (Burton vd., 2001). Rüzgâr enerjisinin bilinen en önemli faydası diğer tüm yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu gibi ekonomimizin maruz kaldığı yakıt fiyatlarındaki dalgalanmayı azaltmasıdır. Diğer enerji kaynaklarının üretimi ile kıyaslandığında bir rüzgâr enerji santralinin kurulmasının çok daha maliyetli olduğu kaçınılmaz bir gerçektir ki; bu maliyetler ile faydalarını kıyasladığımızda bir rüzgâr tribününün faydalı yönleri maliyetini kapsamaktadır. Bir rüzgâr tribünü kurmanın yaklaşık %75'ini elektrik donanımı, şebeke altyapısı, türbin maliyeti gibi peşin maliyetler oluşturur ki; bu temel maliyetlerin elektrik üretimi maliyeti üzerinde bir etkisi bulunmamaktadır (Krohn vd., t.y.). Tıpkı elektrik üretiminde olduğu gibi rüzgâr enerjisi üretimi de pil şarj devreleri, büyük ölçekte yalıtılmış network şebekesi ve yerleşik ölçekte güç sistemi içeren bir takım elektrik ağlarına ihtiyaç duyulmaktadır (Manwell vd., 2010). Öyleyse bir rüzgâr enerji tribününü fosil yakıtla işleyen enerji türlerine kıyasla sermaye yoğunluklu bir sistem gerektirdiğini söyleyebiliriz.

(Manwell vd., 2010)'e göre iyi işleyen bir rüzgâr tribünü için 4 aşamanın gerçekleştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu aşamalar;

1) Sistem Tasarımı: Sistem tasarımı, rüzgârın doğasında bulunan dalgalanmaların, bölgesel değişimlerin, hangi yönden estiği bilgisinin bilinmesinin yanı sıra beklenmedik durumları kapsayan tüm bilgilere sahip olmayı gerektirir. Bu bilgiler ışığında tribünün kurulacağı bölge seçilir ve tasarlanır.

2) Performans Değerlendirmesi: Beklenen enerji verimliliğinin belirlenmesini ve maliyet etkinliğinin saptanmasını ifade eder.
3) Yerleşim: Bir veya daha fazla rüzgâr tribünü için aday bölgenin değerlendirilmesi ve en yüksek verimi sağlamak için bu bölgede iyileştirmelerin yapılmasını ifade eder.
4) İşleme Süreci: Yük yönetimi, rüzgâr kaynağı bilgisi, sistemsel prosedürler (başlatma ve kapatma gibi), sistem ömrü ve bakım maliyetleri gibi bilgi kaynaklarının kullanılmasını ifade eder.

Bu 4 aşama, bir rüzgâr tribünün kurulmasını zorlaştırdığı gerekçesiyle zaman içinde tartışmalara yol açmıştır. Rüzgâr enerjisi diğer yenilebilir kaynaklardan daha kârlı olmasına karşın gelişmiş bir proje olarak günümüzde yaygınlaştırılmasının oldukça maliyetli olduğu yadsınamaz bir gerçektir. Maliyetli kurulumuna rağmen rüzgâr; temiz, ücretsiz, yerli ve süreklidir. Hiçbir rüzgâr tribünü, kurulumunda herhangi bir yakıt türü gerektirmez. Bu nedenle rüzgâr enerjisi fosil yakıtların keşfinde olduğu gibi doğayı tahrip etmez, taşınma ve çıkarılma maliyeti gerektirmez. Bunların yanı sıra, enerjinin işlenme sırasında sıfır karbon salınımı yapması ve hava kirliliğine yol açmaması da tercih edilebilir sebepler arasındadır.

Rüzgâr enerjisi ideal bir enerji kaynağıdır çünkü herhangi bir tehlikeli atık üretmemenin yanı sıra su veya hava kirliliğine neden olmaz.

- Fosil yakıt gerektirmez.
- Sera gazı salınımına yol açmaz.
- Radyoaktif atık üretmez.
- Sürdürülebilir bir kaynaktır.
- Diğer endüstriyel faaliyetlerle kıyaslandığında vahşi yaşam üzerinde olumsuz bir etkiye yol açmaz. Ancak, bazı hassas canlı türleri üzerinde olumsuz etkilere sebep olması mümkündür (Council vd., 2007).

Her ne kadar olumlu etkileri daha baskın görünse de literatürde rüzgâr enerjisinin çevresel bazı olumsuz yönlerine değinen çalışmalar da mevcuttur. (Wang & Wang, 2015)'ın çalışmasında yer alan bu olumsuz etkiler arasında rüzgâr enerjisinden faydalanabilmek için kurulacak olan tesislerin arazi yapısında ve peyzaj

düzenlemesinde değişiklik gerektirmesi, gürültü kirliliği (mekanik ve aerodinamik), bazı kuş türlerinin ölümü, iklim ve toprak yüzeyinde değişimler ve bir takım sera gazı salınımları örnek olarak gösterilmiştir. Enerji santralleri kurulurken bu olumsuz etkileri hafifletme çabaları planlama aşamasında göz ardı edilmemesine özen gösterilmektedir.

Tıpkı güneş enerjisinde olduğu gibi rüzgâr enerjisinde de eşsiz coğrafi konumu sebebiyle Türkiye avantajlı ülke konumundadır. Türkiye rüzgâr atlasına bakıldığında Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz bölgelerindeki yüksek rüzgâr potansiyeli göze çarpmaktadır. Türkiye'deki rüzgâr enerji potansiyeli yıllık olarak 80.000 MW'den fazla hesaplanmaktadır (Erdogdu, 2009). Bu kayda değer oran dünya ortalamasının üzerindedir ve bölgelere göre değişiklik göstermektedir. Türkiye'de rüzgâr enerjisinin illere göre dağılımı tablo 13'de gösterilmiştir.

Tablo 13: Türkiye'deki İllere Göre Rüzgâr Enerji Potansiyeli

İller	**Teorik Potansiyel**	**Devrede**	**İnşaat**	**Lisans Alınan**	**Ön Lisanslı**	**Toplam İşlem**	**İşlem - Teori Oranı**
Balıkesir	13.827	1.239	106	44	150	1.539	%11
Çanakkale	13.013	778	42	3	501	1.324	10 %
İzmir	11.854	1.663	113	0	73	1.849	16 %
Manisa	5.302	688	10	10	30	738	14 %
Samsun	5.222	48	4	9	49	110	2 %
Muğla	5.171	210	70	0	275	555	11 %
Tekirdağ	4.627	173	59	3	60	295	6 %
İstanbul	4.177	375	494	14	50	932	22 %
Bursa	3.882	203	170	0	0	373	10 %
Mersin	3.531	226	0	0	0	226	6 %
Edirne	3.470	172	25	0	344	540	16 %
Hatay	3.414	417	33	0	30	480	14 %
Kırklareli	3.079	299	95	30	70	494	16 %
Tokat	3.002	128	1	0	40	169	6 %
Aydın	2.524	391	0	45	0	436	17 %
Ordu	2.276	10	0	0	50	60	3 %
Kahramanmaraş	2.072	118	0	0	40	158	8 %
Kayseri	1.885	272	0	0	80	352	19 %
Konya	1.860	239	22	0	48	309	17 %
Sivas	1.642	150	0	37	240	427	26 %

Sinop	1.491	0	0	5	5	10	1 %
Isparta	1.423	60	0	0	0	60	4 %
Malatya	1.395	10	0	0	80	90	6 %
Amasya	1.200	126	4	0	60	190	16 %
Adıyaman	1.197	25	0	0	40	65	5 %
Antalya	1.170	0	0	0	100	100	9 %
Yozgat	1.076	0	5	0	0	5	0 %
Elazığ	1.028	0	0	0	40	40	4 %
Karaman	934	57	0	0	0	57	6 %
Adana	899	4	28	0	88	120	13 %
Afyonkarahisar	860	351	0	0	0	351	41 %
Osmaniye	718	235	0	0	0	235	33 %
Diyarbakır	635	0	0	0	0	0	0 %
Yalova	533	141	135	0	0	276	52 %
Kastamonu	515	0	0	0	0	0	0 %
Mardin	509	0	0	0	0	0	0 %
Erzincan	383	0	0	0	50	50	13 %
Kocaeli	334	20	44	0	30	94	28 %
Çankırı	315	0	0	0	50	50	16 %
Bilecik	309	60	10	90	0	160	52 %
Gaziantep	267	86	0	0	0	86	32 %
Denizli	239	66	0	0	0	66	28 %
Kütahya	190	0	0	0	50	50	26 %
Sakarya	180	30	121	0	30	180	100 %
Kırşehir	168	168	0	0	0	168	100 %
Giresun	160	0	0	0	40	40	25 %
Çorum	156	0	0	0	65	65	42 %
Zonguldak	120	5	115	0	0	120	100 %
Bolu	117	0	0	0	0	0	0 %
Eskişehir	89	4	35	0	50	89	100 %
Ankara	80	0	0	0	80	80	100 %
Karabük	73	0	0	0	30	30	41 %
Bartın	62	0	0	0	0	0	0 %
Niğde	62	0	0	0	0	0	0 %
Bingöl	61	4	46	0	0	50	81 %
Burdur	58	0	1	0	0	1	1 %
Uşak	57	60	3	0	0	63	111 %
Ağrı	50	0	0	0	50	50	100 %

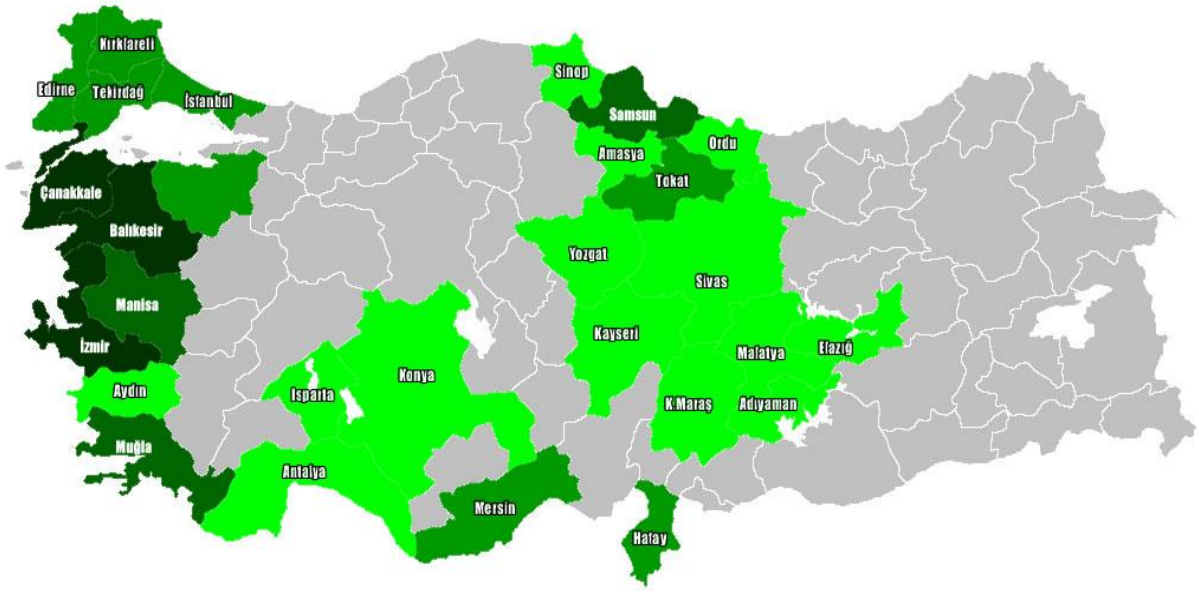
Erzurum	50	0	0	0	50	50	100 %
Van	50	25	25	0	0	50	100 %
Bitlis	40	0	0	0	40	40	100 %
Kars	40	0	0	0	40	40	100 %
Kilis	40	0	0	0	40	40	100 %
Kırıkkale	40	5	36	0	40	80	200 %
Trabzon	30	4	36	0	0	40	133 %
Hakkâri	29	0	0	0	0	0	0 %
Siirt	15	0	0	0	0	0	0 %
Tunceli	13	0	0	0	0	0	0 %
Artvin	10	0	0	0	0	0	0 %
Ardahan	9	0	0	0	0	0	0 %
Batman	8	0	0	0	0	0	0 %
Nevşehir	8	0	0	0	0	0	0 %
Iğdır	2	0	0	0	0	0	0 %
Gümüşhane	1	0	0	0	0	0	0 %
Şanlıurfa	1	0	0	0	0	0	0 %
Aksaray	0	0	0	0	0	0	0 %
Bayburt	0	0	0	0	0	0	0 %
Düzce	0	0	0	0	0	0	0 %
Muş	0	0	0	0	0	0	0 %
Rize	0	0	0	0	0	0	0 %
Şırnak	0	0	0	0	0	0	0 %
Toplam	**115.329**	**9.344**	**1.885**	**290**	**3.278**	**14.797**	**12,8 %**

Kaynak: https://www.enerjiatlasi.com/ruzgar-enerjisi-haritasi/turkiye (Erişim: 02.05.2021)

Yukarıdaki tablo incelendiğinde hem potansiyel bakımından hem de toplam işlem oranları yönünden Balıkesir, İzmir, Çanakkale ve Manisa illerinin Türkiye'nin rüzgâr enerjisine öncülük ettiğini söyleyebiliriz. Yukarıda sıralanan şehirlere ek olarak Samsun, Muğla, Tekirdağ ve İstanbul da en yüksek potansiyele sahip şehirlerimiz arasında yer almaktadır. Oldukça yüksek potansiyele sahip olmasına rağmen kendi potansiyellerinden faydalanamayan şehirlerimiz arasında Samsun, Ordu, Sinop, Yozgat ve Elazığ yer almaktadır. Yine aynı tablodan hareketle Iğdır, Gümüşhane, Şanlıurfa gibi şehirlerimizde potansiyel oranı çok düşük seviyelerdeyken; Aksaray,

Bayburt, Düzce, Rize, Muş ve Şırnak illerimizde herhangi bir potansiyel bulunmadığını söylemek mümkündür.

Yukarıdaki tablo Türkiye'nin potansiyeli hakkında fikir sahibi olmamız yönünden oldukça önemli veriler içermektedir. Bazı potansiyeli yüksek olan bazı şehirlerimizde hiç santral bulunmayan ve toplam işlemin sıfır olduğu yerler mevcuttur. Bunun sebeplerinden biri olarak her yenilenebilir kaynakta olabileceği gibi yine coğrafi konumu ve bölge özelliklerini gösterebiliriz. Çünkü rüzgâr enerji potansiyeline ulaşmak için gerekli olan bir diğer unsur da elverişli arazi yapısıdır. Hali hazırda oldukça maliyetli olan rüzgâr enerji santrallerinin (RES) kurulumu esnasında engebeli arazi yapısı, toprak türü ve dağlık bölgeler gibi unsurlar santral kurulumunu olumsuz etkilemekte ve maliyetleri artırmaktadır. Örneğin yüksek potansiyeli olan şehirlerimizden Samsun'da devrede olan santral sayısı 48'dir. Samsun'un potansiyeline ulaşamamasının altında yer alan sebepler arasında engebeli arazi yapısı, çok yüksek maliyetler ve yatırım eksikliği gibi sebepler yer aldığı düşünülmektedir. Ne yazık ki Türkiye'de potansiyeline ulaşamayan pek çok şehir yer almaktadır. Bunları toplu bir biçimde görebilmek ve bölgelere göre rüzgâr enerji potansiyelini görebilmek için aşağıda şekil 6'da Türkiye'nin rüzgâr enerji haritasına yer verilmiştir.



Şekil 6:Türkiye Rüzgâr Enerji Haritası

Kaynak: https://www.enerjiatlasi.com/ruzgar-enerjisi-haritasi/turkiye (Erişim:02.05.2021)

Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz bölgesi rüzgâr enerjisi bakımından zengin olan şehirleri barındırırken; İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinin bu kaynak bakımından yetersiz olduğunu söyleyebiliriz.

2.4. HİDROELEKTRİK ENERJİ

Yenilenebilir kaynakların arasında yer alan önemli ve nispeten daha ekonomik olan bir diğer kaynak da sudur. Tıpkı güneş ve rüzgâr enerjisinde olduğu gibi insanoğlu yüzyıllar önce suyun mekanik gücünden faydalanmaktaydı. O zamanlar ekonomik ve çevresel etkilerinden ziyade insan ve hayvan gücünün yerini alması için kullanılan su günümüzde enerji dönüştürmede oldukça etkili bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yenilenebilir kaynaklar arasındaki su Türkiye ve dünyanın geri kalanı için en önemli ve ekonomik enerji kaynağı olarak görülmektedir. Su aracılığıyla kazanılan bu enerjiye hidroelektrik enerji denilmektedir. Teknik olarak hidroelektrik enerji "*yoğun miktarlardaki su kaynağının belli bir yükseklikten aşağı doğru akması sonucu kurulu bulunan türbinler yardımı ile akan suyun oluşturduğu enerjiyi mekanik enerjiye çevirmesi*" şeklinde tanımlayabiliriz.

Hidroelektrik santralleri barajlarda bir kez inşa edilip kurulumunun sağlanması ardından gerekli olan su ücretsiz ve sürdürülebilirdir. Bu nedenle de en çok başvurulan yenilebilir kaynak sınıfında yer almaktadır. Dünya bankasından alınan veriler ışığında aşağıda Türkiye ve diğer Avrupa Ülkelerinin hidroelektrikten toplam elektrik üretimlerini gösteren tablo 14'te yer verilmiştir.

Tablo 14: AB Ülkelerinde Hidroelektrik Kaynaklardan Toplam Elektrik Üretimi (2010-2015)

Ülkeler	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**
Almanya	3,34401029	2,91010955	3,48795449	3,63349106	3,14934929	2,96068284
Avusturya	56,4709865	54,9894013	63,7534566	65,1324555	66,5573877	59,9970856
Belçika	0,33250562	0,22019008	0,43738744	0,46248965	0,40838019	0,45723817
Bulgaristan	10,989417	5,83131759	6,92586788	9,47317096	9,81311399	11,614213 6

Çekya	3,26917667	2,26214622	2,45596226	3,17877407	2,24334869	2,17270262
Danimarka	0,05403736	0,0482557	0,05537279	0,03741761	0,04660701	0,06218261
Estonya	0,20826905	0,2326844	0,35096515	0,19585687	0,21693717	0,25919171
Finlandiya	16,0175521	16,9317424	23,943702	18,016475	19,674273	24,445675
Fransa	11,1137103	8,0505055	10,484643	12,468703	11,261935	9,6611499
Hırvatistan	61,6788321	44,761650	45,662229	61,819746	67,036320	56,869549
Hollanda	0,08803555	0,05001623	0,10067959	0,11205473	0,10829836	0,08449169
İrlanda	2,12592277	2,60270947	2,95493902	2,34213099	2,74721017	2,87198833
İspanya	14,180745	10,494866	6,98947411	13,098473	14,245914	10,129881
İsveç	44,724504	44,214463	47,424836	40,097104	41,525456	46,508698
İtalya	17,108641	15,241411	14,085194	18,330097	21,050568	16,173347
Letonya	53,116040	47,374466	60,110263	46,899661	38,786228	33,616482
Litvanya	10,812975	11,304757	9,33981011	12,363550	10,760517	8,1963631
Lüksemburg	3,34365325	2,33962264	3,59085963	6,4359113	5,66929134	7,43801653
Macaristan	0,50306387	0,61634138	0,61498484	0,70310953	1,02408819	0,77120823
Polonya	1,85881889	1,42902684	1,25965457	1,48699565	1,37721755	1,1147553
Portekiz	30,075804	22,240209	12,335439	27,169826	29,964010	16,887346
Romanya	32,799947	23,755221	20,529485	25,551797	28,842673	25,231334
Slovakya	19,134139	13,355486	14,483902	17,002174	15,503904	14,516371
Slovenya	27,794524	22,381401	25,077180	29,280789	35,494960	25,700209
Türkiye	24,523692	22,815866	24,161155	24,742456	16,131336	25,649488
Yunanistan	13,003991	6,77854391	7,2452321	11,111111	8,89100769	11,767203

Kaynak: World Bank (Erişim: 10.05.2021)

Yukarıdaki tabloyu gözlemleyerek hidroelektrik kaynağın neredeyse tüm Avrupa Ülkeleri için önemli olduğunu söyleyebiliriz. Özellikle Avusturya, İsveç, Letonya, Romanya, Slovenya ve Türkiye'nin de aralarında bulunduğu bu ülkelerde

hidroelektrikten elektrik üretimi oldukça yüksek seviyelerdedir. Ancak aynı tablodan Almanya, Danimarka, Hollanda ve İrlanda gibi nispeten daha gelişmiş Avrupa ülkelerinde bu kaynaktan pek faydalanılmadığı sonucu çıkmaktadır. Bunun sebepleri arasında çevre ile ilgili endişelerin ilk sırada yer aldığını söyleyebiliriz. Arazi yapısının bozulması, belli canlı gruplarının yok olması veya tarihi ve doğal güzellikleri yitirme endişesi hidroelektrik kaynağı oldukça tartışmalı hale getirmektedir.

Dünya üzerinde 24 ülkenin ulusal elektrik üretiminin %90'nını, 63 ülkenin ise %50'sini sağlayan hidroelektrik YE kaynaklar içinde oldukça önemli bir yere sahiptir (Bozkurt & Tür, 2015). Ancak bu üstünlüklere karşın gelişmiş ülkelerde yenilenebilir enerji kaynakları içinde hidroelektriğe çok yer verilmediği bilinen bir gerçektir. Kurulum esnasında yarattığı tahribat hidroelektriğin bu ülkeler tarafından ikinci plana atılmasına neden olmaktadır. Bu durumu daha somut bir şekilde açıklayabilmek için aşağıda AB ülkelerinde 2010-2015 yılları arasında hidroelektrik kaynağın hariç tutulduğu ve diğer yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik miktarları gösterilmiştir.

Tablo 15: AB Ülkelerinde Hidroelektrik Hariç YE Kaynaklardan Elektrik Üretimi (2010-2015)

Ülkeler	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**
Almanya	13,3830634	17,4731732	19,512504	20,4390587	22,9807473	26,2710873
Avusturya	9,74033621	10,6420221	10,7757241	12,8923315	14,4994807	16,4936936
Belçika	6,58830049	9,19068911	12,3754916	13,7468965	16,6722609	20,3427848
Bulgaristan	1,58854336	2,03506387	4,51061637	6,60567926	5,93048778	6,37437939
Çekya	3,64895911	6,09039366	6,84762421	7,64463771	8,53506628	9,23186792
Danimarka	31,9283619	40,2055125	48,2720433	45,9229197	55,8538404	65,443742
Estonya	7,84480099	8,91181261	11,9913094	8,99435028	10,9432749	14,1595469
Finlandiya	13,9735231	15,9589665	16,6181421	17,9505171	18,9062179	20,0533551
Fransa	2,74364904	3,52424174	4,3427098	4,57658318	5,1939695	6,19651673
Kıbrıs	1,37166479	3,61128018	5,44837821	7,62237762	7,28735632	8,78005736
Hırvatistan	1,16247634	2,27676983	4,01208345	4,68201047	6,92170289	9,95728777
Hollanda	9,29990777	10,7622649	12,0137854	11,8630573	11,2127483	12,3575906

İrlanda	11,1051959	17,3612134	16,4105965	19,6637341	22,0125542	25,0934197
İspanya	18,5947975	19,5267774	22,5952739	26,4851037	25,8593412	24,8200092
İsveç	10,5772599	11,730137	11,6429138	13,936392	14,3122289	16,7540496
İtalya	8,65171886	12,3533168	16,9351963	20,5752512	22,3410376	22,5058779
Letonya	1,73532518	3,11782081	6,51856656	10,0177162	15,7556896	16,5552142
Litvanya	7,4289147	14,8845973	16,7807463	23,8490745	29,9892125	31,2118365
Lüksemburg	4,92260062	6,94339623	7,58070366	13,5749054	15,2755906	24,9436514
Macaristan	7,57806856	6,90191288	7,02468601	8,50003301	9,65909091	9,81148243
Malta	0,04730369	0,45892611	1,13339146	1,5548645	3,34075724	7,67459708
Polonya	5,07228386	6,62465209	9,17810168	8,91831584	11,1413935	12,6876434
Portekiz	22,731929	24,2348905	30,1649991	31,1493252	30,7761889	30,6390281
Romanya	0,68790313	2,55971871	4,86609725	8,86975536	12,7634122	14,5156397
Slovakya	2,49417419	4,31631787	4,83973454	5,278109	7,44069545	8,16311205
Slovenya	1,4211012	1,99811499	2,76562902	3,04257069	3,02394686	3,69170547
Türkiye	1,85409644	2,51097462	3,06936233	4,08071487	4,75585701	6,30713224
Yunanistan	5,33756341	6,98303252	9,4584588	14,0123262	15,2970622	16,8885801

Kaynak: World Bank (Erişim: 10.05.2021)

Gelişmiş ülkelerde hidroelektrik kaynağın durumunu anlayabilmek için tablo 14 ile tablo 15'i karşılaştırdığımızda Avusturya'da tek başına hidroelektrikten üretilen elektrik %50'leri aşmışken hidroelektrik hariç tutulduğunda diğer kaynaklardan üretilen elektriğin oranı 2015 yılı itibari ile en yüksek %16 seviyelerindedir. İsveç, Letonya ve Romanya gibi ülkeler için de benzer durum söz konusudur. Almanya, Hollanda, Danimarka gibi nispeten daha gelişmiş Avrupa Ülkelerinde ise diğer yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik miktarının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu ülkeler içinde %65'lik şaşırtıcı bir oran ile Danimarka ön plana çıkmaktadır. Türkiye'deki durumu karşılaştırdığımızda ise 2015 yılı itibari ile %25 oranında hidroelektrikten faydalanırken aynı yıl hidroelektrik hariç tutulduğundan (tablo 15) diğer yenilenebilir kaynaklardan toplam %6 elektrik üretimi yapmakta olduğunu görüyoruz. Bu oran güneş ve rüzgâr enerjisi bakımından oldukça şanslı sayılabilecek ülkemiz için yeterli görülmese de gelecek enerji senaryolarında bu oranın artacağı beklentisi devam etmektedir.

Görüldüğü üzere hidroelektrik ucuz ve ulaşılabilir olmasının yanı sıra olası su baskınları ve her yenilenebilir kaynakta olduğu gibi tesis/santral kurulumu sırasında meydana gelebilecek çevresel zararlar nedeniyle belli itirazları içermektedir (Askari vd., 2015). Bu enerji kaynağına olan ilgiyi ve itirazları daha net bir biçimde ortaya koyan Mohammad Askari'nin 2015 yılında yürütmüş olduğu çalışmada yer alan hidroelektriğin avantajları ve dezavantajları kısmına bu çalışmada da değinmek faydalı olacaktır.

2.4.1. Hidroelektrik Enerjinin Avantajları

Hidroelektrik yenilenebilir enerjinin en önde gelen kaynağıdır. Yenilenebilir kaynaklar tarafından üretilen enerjinin %97'den fazlasının hidroelektrik santraller tarafından karşılandığı bilinmektedir. Günümüz dünyasında elektrik arzının yaklaşık %20'si hidroelektrik kaynaklar aracılığı ile karşılanmaktadır. Bu oran gelişmiş ülkelerde %40 civarlarındadır. Norveç (%90) ve Yeni Zelanda (%75) gibi gelişmiş ülkeler elektriklerini büyük oranda hidroelektrik kaynaklardan sağlamaktadır (Bakis, 2007). Hidroelektrik birçok ülkenin ilk başvurduğu yenilenebilir kaynak olma özelliğini sürdürmektedir. Bunun sebepleri aşağıda detaylı bir biçimde incelenmiştir.

- Hidroelektrik üretimi için gerekli olan tesis/santraller bir kez kurulduktan sonra sabit oranda elektrik üretimi sağlanabilir. Dayanıklı ve kontrol edilebilir olma özelliği sayesinde sabit elektrik sağlanabilir.
- Barajlar onlarca yıl kullanılmak için tasarlanmıştır. Böylece on yıllar boyunca elektrik üretimine katkı sağlayabilir.
- Yenilenebilir bir kaynaktır. Hidroelektrik için gerekli olan su yer küre var olduğu sürece yağmur, kar ile kendini yenileyecek güce sahiptir.
- Elektriğin gerekmediği zamanlarda kanal kapakları kapatılarak su tasarrufu sağlanabilir. Böylece talebin yüksek olduğu zamanlarda tasarruf edilen su elektrik dönüşümü için kullanılabilir.
- Hidroelektrik barajlarının arkasında bazı kaynaklarda göl olarak adlandırılan rezervuarlar oluşmaktadır. Bu rezervuarlar büyük miktarda su depolama kapasitesine sahiptir böylece talebe hızlı yanıt verme özelliğine sahiptir.

Ayrıca bu göller su sporları, eğlence aktiviteleri gibi turistik faaliyetler için kullanılabilmektedir.

- Kullanım esnasında santraller tarafından üretilen elektrik sera gazı üretmez böylece atmosferi kirletmezler. Ayrıca geride hiçbir atık bırakmazlar.
- Yeşil enerji: Hidroelektrik santraller üretim esnasında çevreyi kirletmezler; tek kirlilik santrallerin kurulum aşamasında meydana gelmektedir.
- Güvenilirlik: Oldukça güvenilir bir kaynaktır. Santrallerin sahip olduğu elektrik akımı açısından çok az dalgalanma meydana gelmektedir.
- Esneklik: Depolanabilir su sayesinde elektrik akışının giriş ve çıkışı oldukça kolaydır. Suyun fazla talebin düşük olduğunda su depolanarak talebin yükseldiği dönemler için tasarruf sağlanabilir.
- Su dışında herhangi bir yakıt gerektirmediği için nükleer santraller ve fosil yakıtlara kıyasla oldukça temiz bir kaynaktır. Hidroelektrik sayesinde her yıl 22 milyar galon petrol veya 120 milyon ton kömürün yanmasının engellendiği biliniyor.
- Hidroelektrik rezervuarlar pek çok yüzme faaliyetleri, balık tutma, piknik alanları, yürüyüş parkurları gibi ekonomik ve sosyal hayata kapı açmaktadır.

Yukarıda sıralanan avantajlar hidroelektriğin yenilenebilir kaynaklar içinde en üst sırada olmasının nedenini ortaya koymaktadır. Tüm avantajları göz önüne alındığında hidroelektriğin yakıtının su olması ve bir kez inşa edildikten sonra santrallerin uzun ömürlü olmasını en önemli üstünlüğü arasında gösterebiliriz. Gelişmiş pek çok ülkede elektrik üretiminin yüksek oranlarda hidroelektrikten sağlandığını belirtmiştir. Ancak yine de belirtilen yüksek oranlara ve tüm bu avantajlarına karşın hidroelektrik gelişmiş ülkeler tarafından çevresel bazı kaygılar sebebi ile fazla kullanılmak istenen bir kaynak değildir. Bu durumun altında yatan sebebi daha iyi anlamak için aynı kaynaktan yola çıkarak hidroelektriğin dezavantajları aşağıdaki başlıkta sıralanmıştır.

2.4.2. Hidroelektriğin Dezavantajları

Sürdürülebilirlik, temiz ve ucuz enerji ne kadar önemli olursa olsun son yıllarda yükselen çevre bilinci sayılan unsurların önüne geçmektedir. Son 20 yılda

çevresel tahribatın gerçekliği belirgin bir hal almaya başladıkça çevre cephesinde artan endişeler de aynı oranda artış göstermiştir. Bu bağlamda çalışmanın başından beri vurgulanan yenilenebilir kaynaklar, temiz enerji, minimum çevre tahribatı gibi unsurlar oldukça ön plana çıkan trendler olmuştur. Söz konusu hidroelektrik olunca yenilenebilir kaynaklar arasında yer almasına karşın yine de çevreci topluluklar tarafından şiddetle karşı çıkılan bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu karşı durmaların en başında yine çevre faktörü yer almaktadır. Hidroelektrik santrallerin kurulumu sırasında olası çevre tahribatları, bazı canlı türlerinin yok olması ve doğal güzelliklerimizi kaybetme endişesi hidroelektrik karşısında direnç oluşturan unsurların başında yer almaktadır. Hidroelektriğin diğer dezavantajları aşağıda detaylandırılmıştır.

- Baraj yapımı son derece pahalı ve yüksek standartlara göre üretilmektedir.
- Yüksek maliyetli barajların kâr elde edebilmesi için onlarca yıl çalışması gerekmektedir.
- Santrallerin kurulumu için geniş alanların sular altında kalması doğal çevrenin yok olmasına neden olmaktadır.
- Santraller genellikle şehir merkezlerinden uzak vadi, köy, kasaba gibi yaşam alanları üzerinde inşa edilmektedir. Bu da o bölgelerde yaşayan insanların yaşam alanlarını terk etmesine neden olmaktadır.
- Kendi bölgelerini terk eden insanlar iş yerlerini ve çiftçiliklerini de kaybetmektedir. Bu da bir anlamda işsizlik problemine yol açmaktadır.
- Büyük barajların inşası deprem gibi bir takım jeolojik sorunları tetikleyebilir.
- Modern barajların tasarımı her ne kadar iyi planlansa da geçmişte bazı ihlaller mevcuttur. Bu ihlallerin bir takım sel ve ölüm felaketleri ile sonuçlandığı bilinmektedir. Olası ihlallerin yol açacağı felaketler bir dizi tedirginliği beraberinde yaşatmaktadır.
- Büyük bir baraj inşası su tablası (yer altı suyu) seviyesinde değişiklik meydana getirebilir. Bu konu atıfta bulunduğumuz kaynakta Mısır örneği ile somutlaştırılmış. Mısır'daki Aswan Barajı'nın inşaatı su tablası seviyesini değiştirdi. Değişen su seviyesi nem oranını yükseltti. Yükselen nem taş

içlerinde tuz ve tahrip edici mineraller biriktirerek antik anıtların çoğunun yavaş yavaş zarar görmesine neden oldu.

- Hidroelektrik santrallerin inşası için değişen su akışı, yolların ve elektrik hatlarının inşası çevreye müdahale gerektiren işlemlerdir. Bu durum canlı türleri üzerinde de olumsuz etkilere sahiptir. Santraller balıkları ve kuşları etkileyebilecek çok sayıda fiziksel ve biyolojik faktör ile etkileşim halindedir.

Görüldüğü gibi bir kaynağın yenilenebilir olması o kaynağın kabul görmesi için tek başına yeterli bir etken değildir. Hidroelektrik düşük sera gazı emisyonuna sahip, yenilenebilir birinci sınıf bir kaynak olmasına rağmen sosyal ve çevresel kaygıların eşlik ettiği bir kaynak özelliğindedir. Bu bağlamda hidroelektrik geliştiricileri ve operatörlerinin yanı sıra hükümetlerin de sürdürülebilir bir kaynak olan hidroelektrik için gerekli planlama ve uygulamaları bu alana yöneltmesini beklemek yanlış olmayacaktır. Özellikle santral kurulum aşamalarındaki zorluk ve çevre tahribatının giderilmesi için gerekli tedbirlerin alınması ve çevre tahribatını minimum seviyelere çekmek gelecekte bu kaynaktan daha fazla faydalanabilmek için atılacak önemli adımlar olacaktır.

2.5. JEOTERMAL ENERJİ

Yerkürenin iç kısımlarında ısı olarak bulunan enerjiye "*jeotermal enerji*" denir. Kaynağına baktığımız zaman yerkabuğun oluşumunda meydana gelen fiziksel süreçlerle ilişkili olduğunu görebiliriz. Bu ısının yerkürenin derinliklerinde, yerkabuğunun erimiş kayası olan magmanın aşağılarında neredeyse tükenmez miktarlarda var olduğunu söylemek mümkündür. Dünya üzerinde eşit olmayan bir biçimde dağılan ve endüstriyel olarak sömürülemeyecek kadar derinliklerde olan bu enerji dünyanın içinden yüzeye doğru hareket etmektedir. Çok büyük miktarlarda ısının çıkarılması ve kullanılması bir taşıyıcının ısıyı dünya yüzeyinin erişilebilir noktalarını aktarmasını gerektirir (Barbier, 2002). Bu bağlamda derinlerde bulunan jeotermal enerjinin büyük ölçeklerde endüstriyel olarak kullanımının zorluğu açıktır.

Jeotermal enerjinin kullanım alanlarına baktığımızda tıpkı diğer yenilenebilir kaynaklarda olduğu gibi ilk karşılaştığımız alan elektrik üretimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Elektrik üretiminin yanı sıra jeotermal enerjinin doğrudan kullanım

alanları da bulunmaktadır. Merkezi ısıtma ve soğutma, termal kaplıcalar, mineralli içme suyu, seralar, balık yetiştiriciliği gibi basit mühendislik ve mevcut teknolojinin kullanıldığı alanları doğrudan kullanıma örnek gösterebiliriz. Doğrudan kullanım alanlarındaki oranlara baktığımızda banyo-yüzme-kaplıca %42 seviyelerinde, alan ısıtma %35, seralar %9, balık yetiştiriciliği %6 olarak karşımıza çıkmaktadır. En fazla payın termal kaplıcalara ait olduğu jeotermal enerjinin doğrudan kullanımının teknolojisi, güvenilirliği, ekonomikliği ve çevre dostu oluşu dünya çapında kanıtlanmış bir olgudur. Dolaylı olarak da kullanılan jeotermalin ısıtma, endüstri ve elektrik üretimi alanlarında kullanımı ilk olarak 20. yüzyılın başlarında (1904) başlamıştır. 1930 yılında ise ilk bölgesel ısıtma hizmeti İzlanda'da sağlanmıştır. 2000'li yıllara gelindiğinde 80'den fazla ülkede jeotermal kaynaklar tanımlanmış ve 58 ülkede jeotermal kullanımının sayısal kayıtları bulunmaktaydı (Fridleifsson, 2001). Ticari olarak 80 yıldan fazla bir süredir faydalanılan jeotermal enerji son 30 yılda hız kazanmıştır.

Jeotermal enerji sistemlerinin kendi içinde belli kategorilere ayrıldığını söylemek mümkündür. Bu konu ile ilgili literatürde yer alan bazı çalışmalarda jeotermal enerji 3 ana kategori altında toplanmıştır. (Melikoglu, 2017)'nun çalışmasına göre jeotermal enerji kategorisi aşağıdaki gibidir:

i) Doğrudan kullanım ve bölgesel ısıtma sistemleri: Bu sistemler, yeryüzünün yakınında bulunan rezervuarlardan veya kaynaklardan gelen sıcak su aracılığı ile kullanılır. Tarihsel olarak, sıcak mineral kaynakları ısıtma, pişirme ve banyo amaçlı kullanılmıştır. Endüstriyel olarak, jeotermal enerji, gıda dehidrasyonu için kullanılır. Jeotermal enerjinin en yaygın endüstriyel kullanımı, süt pastörizasyonu ve altın madenciliğidir.

ii) Jeotermal santrallerle elektrik üretimi: Jeotermal santrallerde elektrik üretimi yüksek sıcaklıklarda (300–700 °F veya yaklaşık 150–370 °C) su veya buhar gerektirir. Bu nedenle jeotermal santraller genellikle yüzeye yakın inşa edilir.

iii) Jeotermal Isı Pompaları: Binaları veya yapıları ısıtmak ve soğutmak için dünyanın yüzeyine yakın sabit sıcaklıklardan yararlanılır. Temel ilke ısıyı

yerden veya sudan bina veya yapılara aktarması ile ilgilidir. Böylece kış ve yaz aylarında süreci tersine işletmek mümkün olacaktır.

Bu geleneksel tekniklerin yanı sıra hibrit teknolojiler, fosil yakıtlar veya diğer yenilenebilir enerjiler ve kombine çevrimler, jeotermal enerji santrallerinin küresel verimliliğini artırabilecek diğer ilginç olasılıklar da mevcuttur. Ancak günümüzde henüz bu aşamada bir teknoloji ile jeotermal enerjiden fayda sağlanamamaktadır. Doğrudan kullanımın daha yaygın olduğu çoğu Avrupa Birliği ülkesinde jeotermal alan ısıtma, tarım, balneoloji veya proses ısıtması şeklinde bir miktar kullanıma sahiptir. Toplamda, 18.000 GWh/y'den fazlası kullanımdadır (Balat, 2006). Balat'a göre Avrupa ülkelerinde, ağırlıklı olarak İtalya, İzlanda, Türkiye ve Rusya'da 4000 GWh/yıl'dan fazla üretim yapılmaktadır. Bu potansiyelin yaklaşık %88'i termal kullanım için uygun iken geri kalanı elektrik üretimi için uygun görülmektedir.

Enerji arzını güvence altına almaya çalışan ülkemizde jeotermal enerji potansiyeline baktığımızda bu kaynağın oldukça yüksek bir potansiyele sahip olduğunu söylemek mümkündür. Ülkenin jeotermal kaynakları oldukça geniş bir alana yayılmıştır ancak elektrik üretimi ve ısınma için sınırlı rezervlere sahiptir ve ne yazık ki bu sınırlı rezervler dahi henüz tam kapasiteyle kullanılamamaktadır. Her kaynak için belli öngörülerin baz alındığı 2030 yılına kadar jeotermal enerji kaynağının payının %0,09'dan %0,40 seviyelerine çekilmesi öngörülmektedir (Kaygusuz & Kaygusuz, 2004). Türkiye'de devrede olan jeotermal santral sayısı 1.624'dür. 150 adet kurulumu devam eden santral ve 68 adet proje aşamasında olan santral bulunmaktadır (https://www.enerjiatlasi.com/jeotermal/). Aşağıda tablo 16'da Türkiye'de devrede olan santrallere yer verilmiştir. Jeotermalin bölgesel dağılımını anlamamız yönünden bu tabloyu incelemek faydalı olacaktır.

Tablo 16: Türkiye'de Devrede Olan Jeotermal Elektrik Santralleri

İL	Kurulu Güç	Santral Adı
Denizli	165 MW	Kızıldere 3 JES
Aydın	115 MW	Efeler JES
Denizli	80 MW	Kızıldere 2 JES
Aydın	68 MW	Pamukören JES
Manisa	48 MW	Mis 3 JES
Aydın	47 MW	Galip Hoca Germencik JES
Manisa	45 MW	Alaşehir JES
Aydın	44 MW	Maren JES

Aydın	34 MW	Dora 3 JES
Aydın	33 MW	Melih JES
Aydın	32 MW	Pamukören 4 JES
Manisa	32 MW	Pamukören 5 JES
Manisa	30 MW	Ala 2 JES
Manisa	30 MW	Salihli 3 JES
Manisa	30 MW	Türkerler JES
Denizli	28 MW	Greeneco 5 JES
Denizli	26 MW	Greeneco 6 JES
Denizli	26 MW	Greeneco 3 JES
Denizli	26 MW	Greeneco JES
Aydın	25 MW	Efe 8 JES
Aydın	25 MW	Efe 7 JES
Manisa	25 MW	Enerjeo Kemaliye JES
Aydın	25 MW	Ken 3 JES
Aydın	25 MW	Mehmet Han JES
Manisa	25 MW	Salihli 2 JES
Aydın	24 MW	Deniz JES
Aydın	24 MW	Ken Kipaş JES
Aydın	24 MW	Kerem JES
Aydın	24 MW	Kubilay JES
Manisa	24 MW	Türkerler Alaşehir 2 JES
Manisa	24 MW	Türkerler Alaşehir JES
Manisa	24 MW	Özmen 1 JES
Aydın	23 MW	Efe 6 JES
Aydın	23 MW	Pamukören 2 JES
Aydın	23 MW	Pamukören JES
Aydın	23 MW	Pamukören 3 JES
Aydın	23 MW	Sultanhisar 2 JES
Manisa	19 MW	Baklacı JES
Manisa	19 MW	Özmen 3 JES
Aydın	18 MW	Kuyucak JES
Aydın	17 MW	3S Kale JES
Aydın	17 MW	Dora 4 JES
Denizli	15 MW	Kızıldere JES
Manisa	15 MW	Sanko Salihli JES
Aydın	14 MW	Sultanhisar JES
Aydın	14 MW	Buharkent JES
Aydın	13 MW	Gümüşköy JES
Manisa	12 MW	Mis 1 JES
İzmir	12 MW	RSC Seferihisar JES
Aydın	12 MW	Karkey Umurlu JES
Aydın	12 MW	Umurlu 2 JES
Çanakkale	12 MW	İda JES
Manisa	10 MW	Maspo JES
Aydın	9,50 MW	Dora 2 JES
Çanakkale	8,00 MW	Babadere JES
Aydın	7,95 MW	Dora 1 JES
Çanakkale	7,50 MW	Tuzla JES
Denizli	6,85 MW	Kızıldere JES
Denizli	3,81 MW	Tosunlar JES
Afyonkarahisar	2,76 MW	Afjet Afjes JES

Denizli	2,50 MW	Emirler JES

Kaynak: Enerji Atlası (Erişim:15.05.2021)

Ülkemizde 1962'li yıllara kadar uzanan jeotermal enerji araştırmaları Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı ile işbirliği içinde, sıcak su kaynaklarının ve potansiyel jeotermal sahaların bölge üzerindeki dağılımına ilişkin bir envanter çalışması yürütmektedir. Bu sayede jeomorfolojik ve jeokimyasal yöntemler kullanılmış ve muhtemel sahalarda çok sayıda kuyu açılmıştır. Sıcak su kaynaklarına ek olarak, önemli jeotermal enerji potansiyeline sahip bazı yeni alanlar keşfedilmiştir. Yukarıdaki tablo incelendiğinde Türkiye'de jeotermal enerjinin daha çok Ege ve Marmara Bölgelerinde yoğunlaştığını söyleyebiliriz. Tabloya göre oldukça fazla olan mevcut jeotermal santrallere ek olarak henüz kullanımda olmayan ve ancak potansiyeli bulunan pek çok alanın olduğunu söyleyebiliriz.

2.6. BİYOKÜTLE ENERJİSİ

Biyokütle enerjisi terimi, fosil olmayan biyolojik materyallerden üretilen enerji anlamına gelmektedir. Biyokütle enerjisi hem karadan hem de okyanus ve tatlı su habitatlarından sağlanabilir. Ayrıca biyokütle enerjisi yakacak odundan, mısır veya şeker kamışından üretilen etanole metana çöplüklerinden de sağlanabilir (Field vd., 2008). 2000 yılında dünya birincil enerji tüketiminin %7'sini veya fosil yakıtlar dışındaki kaynaklardan elde edilen enerjinin kabaca üçte birini oluşturmasıyla hala önemlidir. Biyokütleden elde edilen enerji, çoğunlukla yemek pişirme ve ısıtmada kullanılmaktadır. Ayrıca, özellikle ormancılık ve kağıt endüstrilerinde endüstriyel ısı kaynağı olarak sıklıkla kullanılmaktadır.

Enerji üretimi için çeşitli biyokütle kaynaklarından fayda sağlanabilir. Bu kaynakları hali hazırda diğer faaliyetlerin bir yan ürünü olarak mevcut olan birincil, ikincil ve üçüncül kalıntılar (ve atıklar) ile özellikle enerji amaçları için yetiştirilen biyokütle arasında bir sınıflandırma yapılabilir (Hoogwijk vd., 2003). Bu sınıflandırma aşağıdaki yer almaktadır:

- Birincil kalıntılar, gıda ürünleri ve orman ürünlerinin üretimi sırasında üretilir, örn. ticari ormancılık ve samandan elde edilen seyreltmeler. Bu tür biyokütle

akışları tipik olarak 'tarlada' bulunur ve daha sonra kullanılmak üzere toplanmaları gerekir.

- İkincil kalıntılar, gıda ürünleri veya biyokütle malzemelerinin üretimi için biyokütlenin işlenmesi sırasında üretilir ve tipik olarak yiyecek ve içecek endüstrisinde, testere ve kağıt fabrikalarında vb. bulunur.
- Üçüncül kalıntılar, biyokütleden türetilmiş bir ürün kullanıldıktan sonra kullanılabilir hale gelir; yani, belediye katı atıklarının, atık ve yıkım ahşabının, çamurların vb. organik fraksiyonundan değişen çeşitli atık akışları bu kategorinin bir parçasıdır.

Biyokütle insanlar tarafından tıpkı diğer kaynaklar gibi geçmişte de kullanılan en eski enerji şeklidir. Biyokütle, hem zengin ülkeler hem de gelişmekte olan dünya için yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak büyük potansiyele sahiptir. Ancak potansiyelinin açığa çıkarılmasını sağlamak ve herhangi bir ülke veya bölgenin enerji tüketiminde daha büyük bir pazar payına katkıda bulunmak için modern teknolojiye odaklanan yeni bir yaklaşım gereklidir (Demirbaş, 2001). Dünya çapında biyokütle, bir enerji kaynağı olarak dördüncü sırada yer almakta ve dünyanın enerji ihtiyacının yaklaşık %14'ünü sağlamaktadır. Yanma üzerine, karbondioksit atmosfere salınır, ancak karbondioksit, biyokütleyi oluşturan karbonun kaynağıydı, bu nedenle net bir karbondioksit kazancı yoktur (Balat & Ayar, 2005).

Dünya çapında biyokütle, bir enerji kaynağı olarak dördüncü sırada yer almakta ve dünyanın enerji ihtiyacının yaklaşık %14'ünü sağlamaktadır. Türkiye'deki biyokütle enerjisinin durumuna baktığımızda ise ülkemizde yurtiçi enerji tüketimi, toplam enerji tüketiminin yaklaşık %37'sini oluşturmaktadır. Bunun yaklaşık %52'si biyokütle bazlı yakıtlardan sağlanmaktadır (Sürmen, 2003). Türkiye'nin başlıca biyokütle üretimi Tablo 17' de verilmiştir.

Tablo 17: Türkiye'nin Ana Biyokütle Üretimi

Biyokütle	**Yıllık Üretim (milyon/ton)**	**Enerji Değeri (milyon/kWh)**
Buğday Samanı	26	117.9
Ahşap ve Odunsu Malzeme	12	62.3
Koza Kabuğu	1	5.3

Fındık Kabuğu	0.35	1.9
Toplam	39.25	187.4

Kaynak: (Sürmen, 2003)

Türkiye'de doğrudan yakma olarak uzun yıllardır yakacak odun, hayvan atıkları, tarımsal ürün artıkları ve tomruk atıkları kullanmıştır. Bu kaynaklara genellikle ticari olmayan enerji kaynakları denir, ancak Türkiye'de yakacak odun, birincil hammadde olduğu için ticareti yapılan bir emtia olduğu da unutulmamalıdır. Bununla birlikte, biyokütke enerji kırsal alanlarda kullanılan geleneksel yakıtlar üzerinde baskındır. Biyokütle enerjisinin tamamına yakını kırsal kesimde yaşayanların ısınma, temizlik ve yemek pişirme ihtiyaçları için ev sektöründe tüketilmektedir.

Türkiye'de biyokütle enerji verileri ile ilgili Enerji Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilmiş olan "*Türkiye Biyokütle Enerjisi Potansiyeli Atlası (BEPA)"* isimli bir uygulaması mevcuttur (İLleez, 2020).

Tablo 18: BEPA'da-Türkiye'ye İlişkin Bazı Genel Bilgiler

Nüfus	82.003.882
Hayvan Sayısı (adet)	422.832.374
Hayvansal Atık Miktarı (ton/yıl)	193.878.079
Hayvansal Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	4.385.371
Hayvansal Atıkların Ekonomik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	1.084.506
Bitkisel Üretim Miktarı (ton/yıl)	184.593.134
Bitkisel Atık Miktarı (ton/yıl)	62.206.754
Bitkisel Atıkların Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	6.009.049
Bitkisel Atıkların Ekonomik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	1.462.159
Belediye Atıkları Miktarı (ton/yıl)	32.170.975
Belediye Atıklarının Teorik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	3.373.011
Belediye Atıklarının Ekonomik Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	485.858
Orman Varlığı Artıkları (ster/yıl)	3.914.904
Orman Artıklarının Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	859.899
Biyodizel İşleme Lisansı Sahibi Firma Sayısı	8
Biyoetanol İşleme Lisansı Sahibi Firma Sayısı	5
Biyokütle Kaynaklı Elektrik Üretim Santral Sayısı	199
Atıkların Toplam Enerji Eşdeğeri (TEP/yıl)	14.627.331

Kaynak: https://bepa.enerji.gov.tr/ (Aktaran; İLleez, 2020)

Türkiye'deki duruma değinmenin ardından Avrupa'daki biyokütle potansiyeline bakacak olursak; Avrupa'da organik atıklar ve orman kalıntıları mevcut

en büyük potansiyeli temsil eder ve organik (yenilenebilir) malzemeden enerji üretimine en büyük katkıyı sağlar (Faaij, 2006).

Avrupa Birliği'nde (AB) biyoenerji, toplam birincil enerji karışımının yaklaşık yüzde 3,5'ini oluşturmaktadır (Bauen, 2005). Özellikle biyokütle, Avrupa Birliği'ndeki en büyük yenilenebilir enerji kaynaklarındandır. AB'de yaygın olarak kullanılan biyokütle kaynakları, yakacak odun, odun işleme endüstrisinden gelen odun artıkları, kullanılmış odun ürünleri (örn. yıkım odunu) ve ayrıca bazı ülkelerde samandır. Biyoenerji, özünde enerji, çevre, tarım ve ormancılık konularıyla bağlantılıdır. Bu nedenle, uluslararası ve ulusal yenilenebilir enerji ile çevre, tarım ve ormancılık politikası gündemlerinde dikkate alınmaktadır.

Yenilenebilir enerjiyi oluşturan çeşitli teknolojiler içinde, bazıları halihazırda piyasada büyük ilerlemeler kaydetmektedir. Diğer teknolojiler, belki de sürdürülebilir bir gelecek için en faydalı olanlar, ticarileşmenin ötesindedir. Ancak çoğu, her zamankinden daha hızlı ilerliyor; yenilenebilir enerji potansiyeli için teknik engel oldukça düşük seviyelerdedir. Yenilenebilir enerji bugün bir güçtür ve dünyamızın geleceği için de büyük bir güç olacaktır. Tek soru ne zaman olduğudur.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

LİTERATÜR ÖZETİ

Enerji ve yenilenebilir enerji ile ilgili hem Türkçe hem de yabancı literatürde oldukça fazla sayıda çalışma bulunmaktadır. Benzer şekilde yenilenebilir enerji ile fosil yakıt tüketimini ele alan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu konular ile ilgili yapılan çalışmalara aşağıda yer verilmiştir. Yürütülen literatür özetinde, mevcut çalışmaların dönemi, uygulandığı yeri, uygulama metotları ve sonuçlarına yer verilmiştir.

(Menyah & Wolde-Rufael, 2010), 1960-2007 dönemi için ABD'de karbondioksit (CO2) emisyonları, yenilenebilir ve nükleer enerji tüketimi ve gerçek GSYİH arasındaki nedensel ilişki araştırılmıştır. Değiştirilmiş kullanma Granger nedensellik testinin versiyonunda, nükleer enerji tüketiminden CO2 emisyonlarına geri besleme olmaksızın tek yönlü bir nedensellik bulunmuştur. Ancak yenilenebilir enerjiden CO2 emisyonlarına doğru bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

(Büyükyılmaz & Mert, 2015), Türkiye'nin 1960-2010 yılları arasında kişi başı CO2 emisyonu, kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başı gayri safi yurtiçi hâsıla arasındaki ilişkinin modellenmesi araştırılmıştır. Bu araştırma için çok değişkenli MS-VAR modeli kullanılarak, kişi başı CO2 emisyonu, kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başı gayri safi yurtiçi hâsıla arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığı; ilişkilerin rejimlere göre değişiklik göstermekte olduğu ve değişkenler arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

(Yenisu, 2018), Türkiye'nin 1960-2013 yılları için GSYİH, CO_2 emisyonu ve elektrik tüketimi verileri araştırılmıştır. Yöntem olarak ikili eş bütünleşme analizi, Granger nedensellik analizi ve etki-tepki analizi kullanılmıştır. Eş bütünleşme testi bulgularına göre enerji tüketimi ve CO_2 salınımı ile ekonomik büyüme ve yine

karbondioksit emisyonu arasında uzun dönem için anlamlı bir ilişki vardır. Granger nedensellik analizi bulgularına göre ise; enerji tüketiminden ekonomik büyümeye ve CO_2 salınımına ve yine enerji tüketiminden CO_2 emisyonuna ve ekonomik büyümeden CO_2 emisyonuna doğru tek yönlü bir Granger nedensellik olduğu sonucuna varılmıştır.

(Özbuğday & Erbas, 2015), 36 ülkenin 1971-2009 yılları için ekonomik aktivitesi, enerji verimliliği, ekonomik yapı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının CO2 emisyonları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada heterojenlik ve kesit bağımlılığı altında tutarlı olan bir CCE (ortak korelasyonlu etkiler) tahmin edici modeli kullanılmıştır. Ulaşılan sonuçta enerji verimliliğinin uzun vadede CO2 emisyonları üzerinde olumlu ve anlamlı bir etkisi olduğudur. Benzer şekilde, yenilenebilir enerjinin yenilenemez enerjiyle ikame edilmesi, uzun vadede CO2 emisyonlarını azaltmaktadır. Sonuçlar CO2 emisyonlarını azaltmada enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjinin geniş çapta tartışılan rollerini garanti ediyor. Ayrıca, reel gelir ve sanayileşme ile ölçülen ekonomik faaliyet ölçeğinin CO2 emisyonları üzerinde önemli olumlu etkisi vardır.

(Sebri & Ben-Salha, 2014), 1971-2010 döneminde BRICS ülkeleri (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika Cumhuriyeti) için ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki nedensel ilişki çok değişkenli bir çerçevede araştırılmıştır. Çalışmada eş bütünleşmeye yönelik ARDL sınır testi yaklaşımı ve vektör hata düzeltme modeli (VECM) kullanılmıştır. Ampirik kanıtlar, ARDL tahminlerine dayalı olarak, rekabet eden değişkenler arasında uzun dönemli denge ilişkilerinin olduğunu göstermiştir. VECM sonuçlarına göre ise, ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji arasında çift yönlü Granger nedensellik bulunmaktadır.

(Sadorsky, 2009), G7 ülkeleri (Kanada, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri) için 1980-2005 dönemini içeren ampirik bir yenilenebilir enerji modeli araştırılmıştır. Panel veri yönteminin kullanıldığı bu çalışmada eş bütünleşme tahminleri, uzun vadede, kişi başına düşen reel GSYİH ve kişi başına düşen CO2'deki artışların, kişi başına yenilenebilir enerji tüketiminin arkasındaki ana itici güçler olduğunu göstermektedir.

(Apergis & Payne, 2014), 1980-2010 dönemi boyunca yedi Orta Amerika ülkesinden oluşan bir panel için kişi başına yenilenebilir enerji tüketiminin belirleyicileri araştırılmıştır. Spesifik olarak, kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi ile kişi başına reel GSYİH arasında uzun vadeli eş bütünleşik bir ilişkinin var olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte kişi başına karbon emisyonu, reel kömür fiyatları ve reel petrol fiyatları ile ilgili katsayılar pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır.

(Robalino-López vd., 2014), 1980-2010 yılları için Ekvador'daki gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) girdisindeki değişikliklerin enerji matrisinde ne gibi değişikliklere yol açacağı araştırılmıştır. Panel Eşbütünleşme tahminlerinin kullanıldığı bu çalışmada yenilenebilir enerji kullanımının artması, üretken sektörel yapının iyileştirilmesi ve enerji kullanımı ile birleştirilirse, GSYİH'nın sürekli artması senaryosu altında bile CO2 emisyonlarını kontrol etmenin mümkün olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

(Dogan & Seker, 2016), Avrupa Birliği için 1980-2012 dönemlerini içeren yenilenebilir ve yenilenemez enerji, reel gelir ve ticari açıklığın CO2 emisyonları üzerindeki etkilerini Çevresel Kuznets Eğrisi (EKC) modelinde araştırılmıştır. Panel Granger nedensellik testi,.Dumitrescu-Hurlin nedensel olmayan yaklaşımı, yenilenebilir enerji ve karbon emisyonları arasında çift yönlü bir nedensellik olduğunu ve gerçek gelirden karbon emisyonlarına, CO2 emisyonlarından yenilenemez enerjiye ve ticarete açıklıktan CO2 emisyonlarına uzanan tek yönlü bir nedensellik olduğunu göstermektedir.

(Ayari vd., 2012), 19 Avrupa ülkesi için 1987-2007 yıllarını kapsayan yenilenebilir enerji Ar-Ge yoğunluğunun belirleyicilerini ve yenilenebilir enerji yeniliklerinin firma performansı üzerindeki etkisini çeşitli dinamik panel veri modelleri (PVAR) kullanılarak araştırılmıştır. Eş zamanlı Ar-Ge harcamalarının yenilenebilir inovasyon faaliyeti üzerinde olumlu etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

(Marques vd., 2010), Avrupa ülkelerinde yenilenebilir enerjiyi teşvik eden etkenler için 1990-2006 yıllarını kapsayan panel veri teknikleri, yani sabit etkiler vektör ayrıştırması kullanılmıştır. Hem geleneksel enerji kaynaklarının (petrol, kömür

ve doğal gaz) lobisinin hem de CO2 emisyonlarının yenilenebilir dağıtımı kısıtladığını gösteren sonuçlara ulaşılmıştır. Ayrıca enerji bağımlılığını azaltma hedefinin yenilenebilir enerji kullanımını teşvik ettiği görülmektedir.

(Bölük & Mert, 2014), 16 Avrupa Birliği ülkesinde 1990-2008 dönemi için karbon emisyonları ve gelir & enerji tüketimi ilişkisi açısından Çevresel Kuznet Eğrisi (EKC) hipotezi araştırılmıştır. Çalışmada çoklu doğrusallık problemini çözmek için panel veri analizi yapılmıştır. Çevresel bozulma ile kişi başına düşen gelir arasındaki ilişkinin ters U formunda olduğu belirtilmektedir. Ancak bu çevrilmiş U 16 AB ülkesinde karbon emisyonları için geçerli değildir. Yenilenebilir enerji tüketiminin, AB ülkelerindeki sera gazı salınımları açısından, tüketilen birim enerji başına fosil enerji tüketimine göre yaklaşık 1/2 daha az katkı sağlaması ise ulaşılan bir diğer bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır.

(Wang vd., 2016), Çin için 1990–2012 dönemi verileri kullanılarak Çin'de ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve CO2 emisyonları arasında var olan eş bütünleşme, zamansal olarak dinamik ve geçici ilişkileri incelenmiştir. Eş bütünleşme testlerinin sonuçları, kısa dinamik uyumla da olsa değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Spesifik olarak, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiş ve enerji tüketiminden CO2 emisyonlarına kadar tek yönlü bir nedensel ilişki olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

(Çoban, 2012), Yenilenebilir enerji tüketimi için 1990-2012 dönemlerini içeren Türkiye'de kişi başına yenilebilir enerji tüketimi, enerji sektörü kaynaklı kişi başına karbon emisyonu ve kişi başına GSYİH arasındaki ilişkiler zaman serileri yöntemine göre analiz edilmiştir. Bulgular sonucu "*kişi başına karbon emisyonu ile kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi arasında eş-bütünleşmenin ve kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi ile kişi başına karbon emisyonu arasında tek yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir.*"

(Hanif vd., 2019), gelişmekte olan 15 Asya Ülkesi'nin 1990-2013 dönemleri için fosil yakıt tüketimi, doğrudan yabancı yatırımı ve ekonomik büyümenin karbon emisyonları üzerindeki uzun vadeli ve kısa vadeli etkileri araştırılmıştır. Çalışmada

panel verileri analizi ve bir Otoregresif Dağılım Gecikmesi (ARDL) modeli uygulanmıştır. Gelişmekte olan ekonomilerde, ekonomik büyümeyi teşvik etme çabalarının CO2 emisyonlarının oluşumuna katkıda bulunduğunu ve fosil yakıt tüketiminin karbon emisyonlarına ve çevre kirliliğine katkıda bulunduğu bulgularına ulaşılmıştır.

(Waheed vd., 2018), Pakistan'daki yenilebilir enerji tüketimi ve tarımsal üretiminin CO_2 emisyonları üzerindeki etkisi 1990-2014 yıllarını kapsayan bir biçimde araştırılmıştır. Otoregresif Dağıtılmış Gecikme modelinin kullanıldığı bu çalışmada uzun vadede yenilenebilir enerji tüketiminin ve ormanların CO2 emisyonu üzerinde önemli etkileri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bulgular CO2 emisyonunun yenilenebilir enerji kullanımını ve orman alanını artırarak azaltılabileceğini göstermektedir.

(Przychodzen & Przychodzen, 2020), 1990-2014 yılları arasında 27 geçiş ekonomisinden yenilenebilir enerji üretimi yoluyla düşük karbon ekonomisine geçişlerini şekillendiren birincil ekonomik ve politik faktörler hakkında yeni ampirik kanıtlar üzerine çalışılmıştır. Veriler sonucu ekonomik büyümenin, artan işsizlik seviyesinin ve devlet borcunun yenilenebilir enerji üretiminin uyarıcıları olarak hareket ettiği bulunmuştur.

(Azam vd., 2021), Çalışmada 10 ülkede 1990-2014 döneminde en yüksek CO2 yayan doğal gaz, yenilenebilir enerji ve nükleer enerji tüketiminin ekonomik büyüme ve karbondioksit emisyonları üzerindeki etkisi çok değişkenli bir bağlamda araştırılmıştır. Panel eş-bütünleşme testi, panel tamamen değiştirilmiş sıradan en küçük kareler ve panel heterogon Dumitrescu ve Hurlin nedensellik değerlendirmesi, değişkenler arasındaki nedensellik seyri ile birlikte uzun dönem elastikiyet tahminini analiz etmek için kullanılmıştır. Panel eş bütünleşme testi, değişkenler arasında uzun dönemli bir denge korelasyonunun varlığını doğrular. Uzun vadede bulgular esneklik ve nedensellik testi, doğal gazın nükleer enerji ve yenilenebilir enerji gibi ekonomik büyümeye ve CO2 azalmasına katkı sağlamadığını ortaya koymaktadır. Ancak, doğal gaz dışında, yenilenebilir enerji ve nükleer enerjinin yaygınlaştırılması ve iyileştirilmesi, küresel ısınma ve iklim değişikliğini önlemek için hayati önem taşımaktadır.

(Leitão & Lorente, 2020), 1995-2014 yıllarında Avrupa Birliği'nde (AB-28) ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji, turizm gelişleri, ticari açıklık ve karbondioksit emisyonları arasındaki bağlantı araştırılmıştır. Ekonomik yöntem olarak strateji, araştırma panel verileri kullanılmıştır. Bu araştırmada panel tamamen değiştirilmiş en küçük kareler (FMOLS), panel dinamik en küçük kareler (DOLS) ve genelleştirilmiş momentler sistemi (GMM-Sistem) tahmincisi ele alınmıştır. Ekonometrik sonuçlar, ticari açıklığın ve yenilenebilir enerjinin iklim değişikliğini ve çevresel bozulmayı azalttığını kanıtlamıştır. Ampirik çalışma ise, ekonomik büyümenin karbondioksit emisyonları üzerinde de olumlu bir etkisi olduğu bulgusuna varılmıştır.

(Ben Jebli vd., 2020), gelir seviyelerine göre sınıflandırılan 1021 ülkenin 1990-2015 dönemini kapsayan CO2 emisyonları, ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi, endüstriyel katma değer ve hizmet katma değeri arasındaki ilişki araştırılmaktadır. Genelleştirilmiş Momentler Metodu sistemi ve Granger nedensellik testi kullanılan bu çalışmada düşük-orta gelirli ülkeler dışında yenilenebilir enerji tüketiminin tüm ülkelerde CO2 emisyonlarının azalmasına yol açtığı sonucuna ulaşılmıştır.

(Ito, 2017), 42 gelişmiş ülkenin 2002-2011 yılları arasındaki CO2 emisyonları, yenilenebilir & yenilenemez enerji tüketimleri ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Panel veri yönteminin kullanıldığı bu çalışmada yenilenemeyen enerjinin ekonomik büyümeye olumsuz etkilerine rastlanırken; yenilenebilir enerji tüketiminin uzun vadede ekonomik büyümeye olumlu katkıda bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

(Armeanu vd., 2017), Avrupa Birliği ülkelerinde 2003-2014 yılları için yenilebilir enerji ile sürdürülebilir ekonomik büyüme arasındaki etki ve nedensel ilişkiyi ele almıştır. Panel veri sabit etkiler regresyon modelinin kullanıldığı bu çalışmada yenilenebilir enerjinin hem genel hem de tür bazında, yani güneş, rüzgâr, biyokütle ve jeotermal enerjinin kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla üzerindeki olumlu etkilerini desteklediği sonucuna ulaşılmıştır.

(Busu, 2019), bu çalışmada yenilenebilir enerji, enerji verimliliği, nüfus, kentleşme, motorizasyon ve Gayri Safi Yurtiçi Hasıla arasındaki ilişkiyi ölçmek için

2010-2017 dönemleri için bir panel veri ekonometrik modeli geliştirilmiştir. Çalışma çoklu doğrusal bir regresyon modeli aracılığıyla test edilmiş ve doğrulanmıştır. Sabit etkili bir model ile rastgele etkili bir model arasında seçim yapmak için Hausman testi ve bağımsız değişkenler arasındaki doğrusallığı test etmek için varyans bükülme faktörü (VIF) kullanılmıştır. Yazarın bulguları, Avrupa Birliği (AB) düzeyindeki yenilenebilir enerjinin düşük karbon emisyonları üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir. Yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik bir artışın CO2 emisyonlarını 0,11 milyon ton azaltacağı, nüfus artışı ve kentleşme derecesinin ise karbon emisyonları üzerindeki etkinin ekonometrik denklemine daha fazla kısıtlama getirdiği tespit edilmiştir.

Tablo 19: YE ve CO_2 Salınımının Ekonomik ve Çevresel Etkilerini İnceleyen Çalışmalar

Yazar(lar)	**Dönem**	**Yöntem**	**Sonuçlar**
Menyah & Wolde-Rufael, (2010)	1960-2007	Granger Nedensellik Testi	Yenilenebilir enerji ile CO2 emisyonları arasında doğrudan bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.
Büyükyılmaz & Mert, (2015)	1960-2010	MS-VAR Modeli	Kişi başı CO2 emisyonu, kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başı gayri safi yurtiçi arasında çift yönlü bir nedensellik ilişki mevcuttur.
(Yenisu, (2018)	1960-2013	Granger Nedensellik Analizi	Enerji tüketiminden ekonomik büyümeye ve CO_2 salınımına ve yine enerji tüketiminden CO_2 emisyonuna ve ekonomik büyümeden CO_2 emisyonuna doğru tek yönlü bir Granger nedensellik bulunmaktadır.

Özbuğday & Erbas, (2015)	1971-2009		Reel gelir ve sanayileşme ile ölçülen ekonomik faaliyet ölçeğinin CO2 emisyonları üzerinde etkisi pozitif yöndedir.
(Sebri & Ben-Salha, (2014)	1971-2010	ARDL Sınır Testi Yaklaşımı	Ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji arasında çift yönlü Granger nedensellik bulunmaktadır.
Sadorsky, (2009)	1980-2005	Panel Veri Eşbütünleşme Tahmini	Kişi başına düşen reel GSYİH ve kişi başına düşen CO2'deki artışların, kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi arasında pozitif ilişki bulunmaktadır.
Apergis & Payne, (2014)	1980-2010	Panel Veri Eşbütünleşme Tahmini	Kişi başına karbon emisyonu, reel kömür fiyatları ve reel petrol fiyatları ile ilgili katsayılar pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır.
Robalino-López vd., (2014)	1980-2010	Panel Veri Eşbütünleşme Tahmini	Yenilenebilir enerji kullanımı, sektörel yapı ve enerji kullanımı ile iyileştirilirse, GSYİH'nın sürekli artması senaryosu altında bile CO2 emisyonları ile pozitif bir ilişki vardır.
Dogan & Seker, (2016)	1980-2012	Granger Nedensellik Testi	Yenilenebilir enerji ve karbon emisyonları arasında çift yönlü bir nedensellik bulunurken; CO2

			emisyonlarından yenilenemez enerji arasında tek yönlü bir nedensellik vardır.
Ayari vd., (2012)	1987-2007	Panel Veri Analizi	Eş zamanlı Ar-Ge harcamalarının yenilenebilir inovasyon faaliyeti üzerinde pozitif etkisi vardır.
Marques vd., (2010)	1990-2006	Panel Veri Analizi	Geleneksel enerji lobisinin CO2 emisyonlarının yenilenebilir dağıtımını kısıtlamaktadır.
Bölük & Mert (2014)	1990-2008	Panel Veri Analizi	Yenilenebilir enerji tüketiminin, AB ülkelerinde sera gazı emisyonları açısından pozitif etkisi bulunmaktadır.
Wang vd., (2016)	1990-2012	Panel Veri Eşbütünleşme Tahmini	Ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiş ve enerji tüketiminden CO2 emisyonlarına kadar tek yönlü bir nedensel ilişki bulunmaktadır.
Çoban, (2012)	1990-2012	Zaman Serileri Yöntemi	Kişi başına karbon emisyonu ile kişi başına yenilenebilir enerji tüketimi arasında tek yönlü nedensellik ilişkisinin olduğu tespit edilmiştir.
Hanif vd., (2019)	1990-2013	ARDL Modeli	Fosil yakıt tüketimi ve çevre kirliliği arasında pozitif ilişki bulunmuştur.

(Waheed vd., (2018)	1990-2014	Otoregresif Dağıtılmış Gecikme Modeli	CO2 emisyonunun yenilenebilir enerji kullanımı ve orman alanları arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır.
Przychodzen & Przychodzen, (2020)	1990-2014	En küçük kareler yöntemi	Ekonomik büyümenin, artan işsizlik seviyesinin ve devlet borcunun yenilenebilir enerji üretiminin uyarıcıları olarak hareket ettiği bulunmuştur.
Azam vd., (2021)	1990-2014	Panel Eşbütünleşme Testi	Değişkenler arasında uzun dönemli bir denge korelasyonunun varlığını doğrulamaktadır.
Leitão & Lorente, (2020)	1995–2014	En Küçük Kareler Yöntemi	Ekonomik büyümenin ve karbondioksit emisyonları arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur.
Ben Jebli vd., (2020)	1990-2015	Granger Nedensellik Testi	Düşük-orta gelirli ülkeler dışında yenilenebilir enerji tüketiminin tüm ülkelerde CO2 emisyonlarının azalmasına yol açtığı sonucuna ulaşılmıştır
Ito (2017)	2002-2011	Panel Veri Analizi	Yenilenebilir enerji tüketimi uzun vadede ekonomik büyümeye pozitif etkisi vardır.

Armeanu vd., (2017)	2003-2014	Panel Veri Analizi	Güneş, rüzgâr, biyokütle ve jeotermal enerjinin GSYİH'ya pozitif etkisi bulunmaktadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

AMPİRİK ANALİZ

4.1. VERİ SETİ

Bu çalışmada 1992-2014 yılları için 23 Avrupa Birliği Ülkesi ve Türkiye'deki toplam fosil yakıt tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, CO2 emisyonu ve GDP verilerinin toplanması ile oluşturulan veri seti kullanılmıştır. Veri setinde 23 ülkenin 1992-2014 yılları arasındaki fosil yakıt tüketimi, yenilenebilir enerji tüketimi, CO2 emisyonu ve GDP verilerine yer verilmiştir. Söz konusu verilere Dünya Bankası (WorldBank) aracılığı ile erişim sağlanmıştır. Analizler Stata 14.2 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm değişkenler doğal logaritmaları alınarak analize dâhil edilmiştir.

4.2. MODEL

Çalışmada fosil yakıt tüketimi ile yenilenebilir enerji ve toplam CO_2 emisyonu arasındaki ilişkiyi araştırmak amacıyla incelenen model 1 nolu denklemde sunulmuştur.

$$lnfc_{it} = \propto_0 + \propto_1 lnrene_{it} + lnco2_{it} + e_{1it}$$

Yukarıda yer alan 1 nolu denklemde; fc, fosil yakıt tüketimini; rene, yenilenebilir enerji tüketimini; CO_2 ise karbondioksit salınımını ifade etmektedir. Model 1 aracılığı ile yenilenebilir enerji tüketimi ve CO_2 salınımının fosil yakıt tüketimi üzerindeki etkilerini araştırıyoruz. Modelin araştırılmasındaki amaç; yenilenebilir enerji tüketimi ile karbondioksit emisyonunun fosil yakıt tüketimini nasıl etkilediğini araştırmaktır. Modelin katsayılarına ilişkin beklentilerimiz çerçevesinde, yenilenebilir enerji tüketiminin fosil yakıt tüketimini azaltmasını, karbondioksit emisyonunun ise fosil yakıt tüketimini arttırmasını beklemekteyiz.

İkinci model olarak çalışmada sunulan model 2'de ise yenilenebilir enerji tüketimi ve GDP'nin CO_2 üzerindeki etkisini araştırılmıştır. Bu model 2 nolu denklemde sunulmuştur. Modelin katsayılarına ilişkin beklentilerimiz çerçevesinde, yenilenebilir enerji tüketiminin karbondioksit emisyonunu azaltmasını, GSYH'nın ise karbondioksit emisyonunu arttırmasını beklemekteyiz.

$$lnCo2_{it} = \beta_0 + \beta_1 lngdp_{it} + \beta_2 lnrene_{it} + e_{2it}$$

Yukarıdaki denklemde CO_2, karbon salınımını; gdp, gayrisafi milli hasılayı ve rene, yenilenebilir enerji tüketimini temsil etmektedir.

4.3. TAHMİN YÖNTEMİ

Türkiye ve 23 Avrupa Birliği ülkesi için 1992-2014 dönemlerine ait veriler yardımı ile fosil yakıt tüketimi ile yenilenebilir enerji, toplam CO_2 emisyonu ve GDP değişkenleri arasındaki ilişkinin test edilmesi için çalışmada statik panel veri analizinden yararlanılmıştır.

Panel veri analizleri, tipik olarak, birkaç girdinin zaman serisi gözlemlerini içeren verilere atıfta bulunur. Bu nedenle, panel verilerdeki gözlemler; i alt simgesi ile gösterilen bir kesit boyutu ve t alt simgesi ile gösterilen bir zaman serisi boyutu gibi en az iki boyutu içerir. İster metodolojik ister ampirik olsun, panel veri çalışmalarında bir çoğalma mevcuttur. Hsiao'nun (1986) Panel Veri Analizi'nin ilk baskısı yayınlandığında, "Social Sciences Citation" indeksine göre "panel veri veya boylamsal veri" anahtar kelimelerini listeleyen 29 çalışma vardı (Hsiao, 2007).

(Binder vd., 2005)'in çalışmasına göre panel veriler, bireyler arası farklılıkları ve bireyler arası dinamikleri harmanlayarak, yatay kesit veya zaman serisi verilere göre çeşitli avantajlara sahiptir. Bu avantajlar:

i) Model parametrelerinin daha doğru çıkarımını ilk sırada sayabiliriz. Panel verileri genellikle T = 1 olan bir panel olarak görülebilen kesit verilerinden veya N = 1 olan bir panel olarak zaman serisi verilerinden daha fazla

serbestlik derecesi ve daha fazla örnek değişkenliği içerir, bu nedenle ekonometrik tahminlerin verimliliğini artırır.

ii) İnsan davranışının karmaşıklığını yakalamak için tek bir kesit veya zaman serisi verisine göre daha fazla kapasite barındırır.

iii) Hesaplamayı ve istatistiksel çıkarımı basitleştirir. Panel verileri en az iki boyut içerir: bir kesit boyutu ve bir zaman serisi boyutu. Normal şartlar altında, panel veri tahmin edicisinin veya çıkarımlarının hesaplanmasının, yatay kesit veya zaman serisi verilerinden daha karmaşık olması beklenir. Ancak bazı durumlarda, panel verinin mevcudiyeti aslında hesaplamayı ve çıkarımı kolaylaştırır.

Bu çalışmada hazırlanan model statik panel veri analizi çerçevesinde sabit etkiler modeli ile sınanmıştır. Panel veriler, zaman içindeki ölçümleri içeren çok boyutlu verilerdir. Panel veriler, aynı firmalar veya bireyler için birden fazla zaman periyodunda elde edilen birden fazla olgunun gözlemlerini içerir. Bu çalışma, sabit etkiler modeli altında statik panel veri analizi ile gerçekleştirilmiştir. Statik Panel veri analizi, zaman serisi verilerini ve kesit verilerini aynı anda dikkate alır. Statik panel veri modelleri varyasyonu için sabit etkiler ve rastgele etkiler gibi iki tip yaklaşım vardır. Sabit etkiler modelinde, gözlemlenmeyen değişkenlerin gözlenen değişkenlerle herhangi bir ilişkisi olmasına izin verilir (R. Williams, 2018). Aynı yazar'ın rassal etkiler modeli için tanımı şu şekildedir; "*rassal etkiler gözlemlenmeyen değişkenlerin tüm gözlenen değişkenlerle ilişkisiz (veya daha güçlü bir şekilde istatistiksel olarak bağımsız) olduğu varsayılır.*" Bu varsayım genellikle yanlış olacaktır, ancak yukarıda verilen nedenlerden dolayı (örneğin, sabit etkilerle standart hatalar çok yüksek olabilir, RE zamanla değişmeyen değişkenler için etkileri tahmin etmenize olanak tanır), bazı durumlarda bir RE modeli yine de istenebilir. RE modelleri Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (GLS) ile tahmin edilebilir.

Modelde otokorelasyon sorunu Baltagi-Wu (1999) LBI (Locally Best Invariant – Yerel En İyi Değişmezlik) testi, yatay kesit bağımlılığı sorunu Pesaran (2004) tarafından geliştirilen CD Testi ve değişen varyans sorununun tespiti ise değiştirilmiş Wald Testi (Modified Wald Testi) ile araştırılmıştır.

4.4. BULGULAR

23 Avrupa Birliği ülkesi ve Türkiye için model 1'de Hausman testi sonuçlarına göre sabit etkiler tahmincisi kullanılmıştır. Meydana gelen sınama testleri sonucunda değişen varyans, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı problemleri nedeniyle model 1'de söz konusu sorunları çözen Driscoll-Kraay tahmincisi kullanılmıştır. Hausman testi sonuçlarına bakıldığında "açıklayıcı değişkenler ile birim etki arasındaki korelasyon yoktur" şeklindeki yokluk hipotezi reddedilmiştir. Bu nedenle sabit etkiler tahmincisi kullanılmıştır. Bu bağlamda ulaşılan bulgular tablo 19'da sunulmuştur.

Tablo 20: Statik Tahmin Sonuçları (Model-1)

	Sabit Etkiler (Driscoll-Kraay Tahmincisi)		
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	Olasılık
$lnrene_{it}$	-0,052***	0,002	0,000
$lnCo_2$	0,202***	0,036	0,000
Constant	2,166***	0,418	0,000
R^2	0,62		
F-testi	705,76 (0,000)		
Hausman	43,69 (0,000)		

F-testi bulgularına baktığımızda modelin genel olarak anlamlı olduğunu söylemek mümkündür. Yenilenebilir enerji ($lnrene_{it}$) katsayısı -0,052 olarak tespit edilmiş olup istatistiksel olarak %1 seviyesinde anlamlıdır. Buna göre yenilenebilir enerjide meydana gelen %1'lik bir artış fosil yakıt tüketimini %0.05 azaltmaktadır. Co2'ye ait katsayı ise 0,202 olarak bulunmuş olup istatiksel olarak anlamlıdır. Buna göre Co2 tüketiminde meydana gelen %1'lik bir artış, fosil yakıt tüketimini %0,202 arttırmaktadır.

Çalışmada oluşturulan model 2 farklı denklem aracılığı ile sınanmıştır. Model 1'de olduğu gibi değişen varyans, otokorelasyon ve yatay kesit bağımlılığı problemleri nedeniyle Driscoll-Kraay tahmincisi kullanılmıştır. Yukarıda birinci denkleme ait bulgulara yer vermenin ardından aşağıda tablo 20'de 2 nolu denkleme ait bulgulara yer verilmiştir. Bu bulgulara ekler kısmında detaylı bir biçimde yer verilecektir.

Tablo 20'de yer alan "*GDP*" katsayısı 0,093 olup istatiksel olarak anlamlıdır. GDP'de meydana gelen % 1'lik bir atış Co2 tüketimini %0,093 arttırmaktadır. Benzer şekilde yenilenebilir enerji katsayısı -0,185 olarak tespit edilmiştir. Buna göre yenilenebilir enerji tüketiminde meydana gelen %1'lik bir artış Co2 tüketimini %0,185 oranında azaltmaktadır.

Tablo 21: Statik Tahmin Sonuçları (Model-2)

Sabit Etkiler (Driscoll-Kraay Tahmincisi)			
Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	Olasılık
lngdp	0,093***	0,016	0,000
lnrene	-0,185***	0,031	0,000
constant	9,307***	0,031	0,000
R^2	0,29		
F-testi	28,00 (0,000)		
Hausman	110,25 (0,000)		

SONUÇ

Sonuçları incelemenin ardından aşağıdaki gözlemler yapılabilir:

- Enerji konusu politika ile birlikte değerlendirilmeli, yenilenebilir enerji alanında atılacak adımların politika yapıcılar tarafından titizlikle incelenmesi gerekmektedir.
- Çalışma, CO2'nin gelişimi ve kapsamı hakkında genel bir bakış sunar. Temiz ve sürdürülebilir kalkınma için hem Türkiye'nin hem Avrupa Birliği ülkelerinin atılacak adımları titizlikle incelemesi gerekliliğine dikkat çekmektedir.
- Başta biyokütle ve hidroelektrik olmak üzere yenilenebilir enerjinin kullanımında dünya yüzyıllık bir geleneğe sahiptir. Sonuç olarak, potansiyelden verimli bir şekilde yararlanmak için katılım hem Türkiye'nin hem de AB ülkelerinin mali ortamı geliştirilmelidir. Bu konuda Türkiye'nin henüz Avrupa Birliği'ne üye olmadığı gerçeği göz önüne alındığında, nispeten tatmin edici bir konumdadır. Bu nedenle enerji sektöründe gelecek için yüksek bir dinamik öngörülebilir.
- Sosyal/kültürel boyut farklı bir sonuç getiriyor. Özellikle Norveç, Finlandiya, Almanya gibi gelişmiş ülkelerin verileri incelendiğinde sosyal ve kültürel gelişmişliğin enerji tüketimi üzerindeki olumlu etkileri göze çarpıyor. Ancak henüz gelişmekte olan ülkelerde yaşanan yoğun enerji tüketimi bu farklılığın doğruluğunu ortaya koymaktadır.
- Yenilenebilir enerji kaynakları ve bunların kullanımı, sürdürülebilir kalkınma ile yakından ilişkilidir. Toplumların sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmaları veya ulaşmaya çalışmaları için, yenilenebilir kaynaklar açısından sürdürülebilir enerji kaynaklarını keşfetmeye çok çaba harcanmalıdır.

Tüm bu sonuçlara ek olarak çevresel kaygılar da ele alınmalıdır. Çalışmadan çevre ile ilgili çıkarılabilecek sonuçlar şu şekildedir;

- Bugün karşı karşıya olduğumuz birçok çevre sorunu var. Bu sorunlar, sürekli büyüyen kirleticiler, tehlikeler ve ekosistem bozulmasını giderek daha geniş alanlara yaymaktadır. En önemlileri asit yağışları, stratosferik ozon incelmesi ve küresel iklim değişikliğidir.
- Enerji kullanımıyla ilgili potansiyel olarak en önemli çevre sorunu sera etkisidir. Artan atmosferik konsantrasyonlar sera gazları, bu gazların Dünya yüzeyinden yayılan ısıyı tutma biçimini arttırmakta, böylece Dünya'nın yüzey sıcaklığını ve bunun sonucunda deniz seviyelerini yükseltmektedir. Son zamanlarda, zararlı kirletici emisyonlarla ilişkili mevcut çevre sorunlarına çeşitli potansiyel çözümler geliştirilmiştir. Ancak yenilenebilir enerji en önemli çözümlerden biri olarak görünmektedir.
- Yenilenebilir enerji teknolojileri, genel olarak, bazen doğrudan yararları ve maliyetleri, mevcut teknolojiler için geliştirilen değerlendirme yöntemleri açısından düşünülecek şekilde mevcut teknolojilerin yerine geçer. Örneğin, güneş enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji teknolojileri, kısa teslim süreleriyle mevcut enerji sistemlerine küçük kademeli kapasite ilaveleri sağlayabilir. Bu tür güç üretim birimleri, artımlı tedarikte genellikle nükleer santraller gibi büyük, uzun teslim süreli birimlere göre daha fazla esneklik sağlar.
- Geleneksel enerji üretimine uygun maliyetli ve çevreye karşı sorumlu alternatifler olarak hizmet veren gelişmiş yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi.
- Ar-Ge yatırımı. Birçok hükümet enerji kurumu ve kurumu bu fırsatı tanır ve yenilenebilir enerji endüstrisinin yakın vadeli ticari potansiyelden yararlanma çabalarını destekler.
- Sürdürülebilir kalkınma, uzun vadede, makul bir maliyetle kolayca ve sürdürülebilir bir şekilde temin edilebilen ve olumsuz toplumsal etkilere neden olmadan gerekli tüm görevler için kullanılabilen sürdürülebilir bir enerji kaynağı arzını gerektirir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin kullanılması, şu gerçekler nedeniyle sürdürülebilir kalkınmanın kilit bir bileşenidir: çok

daha az çevresel etki, daha fazla esneklik, tükenmemiş olma olasılığı. Buna ek olarak; artan dünya nüfusu tanımlamayı ve başarılı olmayı gerektirir.

Yukarıda genel anlamda çalışmadan elde edilebilecek sonuçların ardından ampirik analizden ulaşabileceğimiz sonuçları yorumlayalım. Sabit etkiler modeli ile elde edilen bulgular sonucunda yenilenebilir enerji ile fosil yakıt tüketimi arasında negatif bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür. İlgili konularda artan ekonomik ve toplumsal kaygı enerji güvenliği ve küresel ısınma gösteriyor ki gelecekte yenilenebilir enerji tüketimine daha fazla bağımlı hale gelecek (rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, dalga ve gelgit gibi). Bu çalışma ampirik bir yenilenebilir enerji modeli sunar. Avrupa Birliği ülkeleri için GSYİH ve toplam karbondioksit emisyonları, yenilenebilir enerji tüketiminin arkasındaki ana itici güçler olarak bulunmuştur. Co2 tüketiminde meydana gelen %1'lik bir artış, fosil yakıt tüketimini %0.202 arttırmaktadır. GDP'de meydana gelen % 1'lik bir artış ise Co2 tüketimini %0.093 arttırmaktadır. Literatür taramasında sıklıkla bahsedildiği üzere; yenilenebilir enerji tüketiminin, AB ülkelerinde sera gazı emisyonları açısından pozitif etkisi bulunmaktadır. Robalino-López vd., (2014)'nın çalışmasına göre ise; yenilenebilir enerji kullanımı, sektörel yapı ve enerji kullanımı ile iyileştirilirse, GSYİH'nın sürekli artması senaryosu altında bile CO2 emisyonları ile pozitif bir ilişki vardır. Bu durum yenilenebilir enerji üretimi için umut vadeden bir gelişme olarak algılanmaktadır.

KAYNAKÇA

Abbasi, T., Premalatha, M., & Abbasi, S. A. (2011). The Return To Renewables: Will It Help In Global Warming Control? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(1), 891-894. https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.048

Abolhosseini, S., Heshmati, A., Rashidghalam, M., & 1 National Iranian Oil Company, International Affairs, Petroleum University of Technology, Teheran, Iran. (2017). Energy security and competition over energy resources in Iran and Caucasus region. *AIMS Energy*, *5*(2), 224-238. https://doi.org/10.3934/energy.2017.2.224

Ang, B. W., Choong, W. L., & Ng, T. S. (2015). Energy security: Definitions, dimensions and indexes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *42*, 1077-1093. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.10.064

Pergis, N., & Payne, J. E. (2014). Renewable Energy, Output, CO2 Emissions And Fossil Fuel Prices In Central America: Evidence From Nonlinear Panel Smooth Transition Vector Error Correction Model. *Energy Economics*, *42*, 226-232. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.01.003

Armaroli, N., & Balzani, V. (2007). The Future of Energy Supply: Challenges and Opportunities. *Angewandte Chemie International Edition*, *46*(1-2), 52-66. https://doi.org/10.1002/anie.200602373

Armeanu, D., Vintilă, G., & Gherghina, Ş. (2017). Does Renewable Energy Drive Sustainable Economic Growth? Multivariate Panel Data Evidence for EU-28 Countries. *Energies*, *10*(3), 381. https://doi.org/10.3390/en10030381

Asare-Bediako, B., Ribeiro, P. F., & Kling, W. L. (2012). Integrated Energy Optimization With Smart Home Energy Management Systems. *2012 3rd IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe)*, 1-8. https://doi.org/10.1109/ISGTEurope.2012.6465696

Askari, M., Mirzaei Mahmoud Abadi, V., Mirhabibi, M., & Dehghani, P. (2015). Hydroelectric Energy Advantages and Disadvantages. *American Journal of Energy Science*, *2*, 17-20.

Ayari, N., Blazsek, S., & Mendi, P. (2012). Renewable Energy Innovations In Europe: A Dynamic Panel Data Approach. *Applied Economics*, *44*(24), 3135-3147. https://doi.org/10.1080/00036846.2011.570720

Azam, A., Rafiq, M., Shafique, M., Zhang, H., & Yuan, J. (2021). Analyzing The Effect of Natural Gas, Nuclear Energy And Renewable Energy on GDP And Carbon Emissions: A Multi-Variate Panel Data Analysis. *Energy*, *219*, 119592. https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119592

Bakis, R. (2007). The Current Status and Future Opportunities of Hydroelectricity. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, *2*(3), 259-266. https://doi.org/10.1080/15567240500402958

Balat, M. (2006). Current Geothermal Energy Potential in Turkey and Use of Geothermal Energy. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, *1*(1), 55-65. https://doi.org/10.1080/009083190881436

Balat, M. (2010). Security of energy supply in Turkey: Challenges and solutions. *Energy Conversion and Management*, *51*(10), 1998-2011. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.02.033

Balat, M., & Ayar, G. (2005). Biomass Energy in the World, Use of Biomass and Potential Trends. *Energy Sources*, *27*(10), 931-940. https://doi.org/10.1080/00908310490449045

Barbier, E. (2002). Geothermal Energy Technology And Current Status: An Overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *6*(1-2), 3-65. https://doi.org/10.1016/S1364-0321(02)00002-3

Bauen, A. (2005). Biomass in Europe. Içinde *Bioenergy—Realizing the Potential* (ss. 19-30). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-008044661-5/50003-9

Bazilian, M., Sovacool, B., & Miller, M. (2013). *Linking Energy Independence to Energy Security*. 5.

Ben Jebli, M., Farhani, S., & Guesmi, K. (2020). Renewable Energy, CO2 Emissions And Value Added: Empirical Evidence From Countries With Different Income Levels. *Structural Change and Economic Dynamics*, *53*, 402-410. https://doi.org/10.1016/j.strueco.2019.12.009

Binder, M., Hsiao, C., & Pesaran, M. H. (2005). Estimation and Inference in Short Panel Vector Autoregressions with Unit Roots and Cointegration. *Econometric Theory*, *21*(4), 795-837.

Bórawski, P., Yashchenko, T., Sviderskyi, A., & Dunn, J. W. (2019). Development of Renewable Energy Market In The EU with Particular Regard To Solar Energy. * Conference Proceedings
 Determinants Of Regional Development *, *1*, Article 1. https://doi.org/10.14595/CP/01/003

Bose, B. (2010). Global Warming: Energy, Environmental Pollution, and the Impact of Power Electronics. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, *4*(1), 6-17. https://doi.org/10.1109/MIE.2010.935860

Bozkurt, S., & Tür, R. (2015). *Dünyada ve Türkiye`de Hidroelektrik Enerji, Gelişimi ve Genel Değerlendirme*. 9.

Bölük, G., & Mert, M. (2014). Fossil & Renewable Energy Consumption, GHGs (GreenHouse Gases) And Economic Growth: Evidence From A Panel of EU (European Union) Countries. *Energy*, *74*, 439-446. https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.07.008

BP 2020 Dünya Enerji Raporu Özeti. (t.y.). *Dünya Enerji Konseyi | Türk Milli Komitesi*. Geliş tarihi 10 Mart 2021, gönderen https://www.dunyaenerji.org.tr/bp-2020-dunya-enerji-raporu-ozeti/

Brauch, H. G. (t.y.). *Güvenliğin Yeniden Kavramsallaştırılması: Barış, Güvenlik, Kalkınma ve Çevre Kavramsal Dörtlüsü*. 48.

Bull, S. R. (2001). Renewable Energy Today And Tomorrow. *Proceedings of the IEEE*, *89*(8), 1216-1226. https://doi.org/10.1109/5.940290

Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N., & Bossanyi, E. (2001). *Wind Energy Handbook*. John Wiley & Sons.

Busu, M. (2019). Measuring the Renewable Energy Efficiency at the European Union Level and Its Impact on CO2 Emissions. *Processes*, *7*(12), 923. https://doi.org/10.3390/pr7120923

Büyükyılmaz, A., & Mert, M. (2015). CO2 Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi Ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin MS-VAR Yaklaşımı İle Modellenmesi: Türkiye Örneği. *Zeitschrift für die Welt der Türken / Journal of World of Turks*.

Cherp, A. (2015). *Energy Security*. https://doi.org/10.1093/OBO/9780199363445-0021

Chester, L. (2010). Conceptualising energy security and making explicit its polysemic nature. *Energy Policy*, *38*(2), 887-895. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.10.039

Chiras, D. D. (2002). *The Solar House: Passive Heating and Cooling*. Chelsea Green Pub.

Correljé, A., & van der Linde, C. (2006). Energy supply security and geopolitics: A European perspective. *Energy Policy*, *34*(5), 532-543. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.11.008

Costantini, V., Gracceva, F., Markandya, A., & Vicini, G. (2007). Security of energy supply: Comparing scenarios from a European perspective. *Energy Policy*, *35*(1), 210-226. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.11.002

Council, N. R., Studies, D. on E. and L., Toxicology, B. on E. S. and, & Projects, C. on E. I. of W.-E. (2007). *Environmental Impacts of Wind-Energy Projects*. National Academies Press.

Çaha, H. (2006). Energy Security of Turkey. *Natural Resources*, 6.

Çetin, M., & Eğrican, N. (2011). Employment Impacts of Solar Energy in Turkey. *Energy Policy*, *39*(11), 7184-7190. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.08.039

Çoban, D. O. (2012). *Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Karbon Emisyonu İlişkisi: TR Örneği*. 14.

De Paola, A., Ortolani, M., Lo Re, G., Anastasi, G., & Das, S. K. (2014). Intelligent Management Systems for Energy Efficiency in Buildings: A Survey. *ACM Computing Surveys*, *47*(1), 1-38. https://doi.org/10.1145/2611779

Demirbaş, A. (2001). Energy balance, energy sources, energy policy, future developments and energy investments in Turkey. *Energy Conversion and Management*, *42*(10), 1239-1258. https://doi.org/10.1016/S0196-8904(00)00109-6

Devabhaktuni, V., Alam, M., Shekara Sreenadh Reddy Depuru, S., Green, R. C., Nims, D., & Near, C. (2013). Solar energy: Trends and enabling technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *19*, 555-564. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.024

Dincer, I. (2000). Renewable energy and sustainable development: A crucial review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *4*(2), 157-175. https://doi.org/10.1016/S1364-0321(99)00011-8

Dogan, E., & Seker, F. (2016). Determinants of CO2 Emissions In The European Union: The Role Of Renewable And Non-Renewable Energy. *Renewable Energy*, *94*, 429-439. https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.078

Dorian, J. P., Franssen, H. T., & Simbeck, D. R. (2006). Global challenges in energy. *Energy Policy*, *34*(15), 1984-1991. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.03.010

Electricity production from hydroelectric sources (% of total) | *Data*. (t.y.).

Ellabban, O., Abu-Rub, H., & Blaabjerg, F. (2014). Renewable Energy Resources: Current Status, Future Prospects and Their Enabling Technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *39*, 748-764. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.113

Elliott, D. (2000). Renewable Energy And Sustainable Futures. *Futures*, *32*(3-4), 261-274. https://doi.org/10.1016/S0016-3287(99)00096-8

Energy Efficiency | EESI. (t.y.).

Erdogdu, E. (2009). On The Wind Energy In Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *13*(6-7), 1361-1371. https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.09.003

Faaij, A. P. C. (2006). Bio-Energy In Europe: Changing Technology Choices. *Energy Policy*, *34*(3), 322-342. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2004.03.026

Field, C., Campbell, J., & Lobell, D. (2008). Biomass energy: The scale of the potential resource. *Trends in Ecology & Evolution*, *23*(2), 65-72. https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.12.001

Fridleifsson, I. B. (2001). Geothermal Energy For The Benefit of The People. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *5*(3), 299-312. https://doi.org/10.1016/S1364-0321(01)00002-8

Ghobadian, B., Najafi, G., Rahimi, H., & Yusaf, T. F. (2009). Future of renewable energies in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *13*(3), 689-695. https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.11.010

Gillingham, K., Newell, R. G., & Palmer, K. (2009). Energy Efficiency Economics and Policy. *Annual Review of Resource Economics*, *1*(1), 597-620. https://doi.org/10.1146/annurev.resource.102308.124234

Goldemberg, J. (2007). Ethanol for a Sustainable Energy Future. *Science*, *315*(5813), 808-810. https://doi.org/10.1126/science.1137013

Green, M. A. (2000). Photovoltaics: Technology overview. *Energy Policy*, *28*(14), 989-998. https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00086-0

Günay, D. (2017). Sanayi ve Sanayi Tarihi

Haas, R., Panzer, C., Resch, G., Ragwitz, M., Reece, G., & Held, A. (2011). A Historical Review of Promotion Strategies For Electricity From Renewable Energy Sources in EU Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(2), 1003-1034. https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.11.015

Hanif, I., Faraz Raza, S. M., Gago-de-Santos, P., & Abbas, Q. (2019). Fossil Fuels, Foreign Direct Investment And Economic Growth Have Triggered CO2 Emissions In Emerging Asian Economies: Some Empirical Evidence. *Energy*, *171*, 493-501. https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.011

Henryson, J., Håkansson, T., & Pyrko, J. (2000). Energy efficiency in buildings through information – Swedish perspective. *Energy Policy*, *28*(3), 169-180. https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00004-5

Hernandez, R. R., Easter, S. B., Murphy-Mariscal, M. L., Maestre, F. T., Tavassoli, M., Allen, E. B., Barrows, C. W., Belnap, J., Ochoa-Hueso, R., Ravi, S., & Allen, M. F. (2014). Environmental impacts of utility-scale solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *29*, 766-779. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.041

Hoffmann, W. (2006). PV solar electricity industry: Market growth and perspective. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, *90*(18), 3285-3311. https://doi.org/10.1016/j.solmat.2005.09.022

Hoogwijk, M. M., Faaij, A. P. C., Broek, R. C. A., Berndes, G., Gielen, D., & Turkenburg, W. C. (2003). Exploration Of The Ranges Of The Global Potential Of Biomass For Energy. *Biomass and Bioenergy*, *25*. https://doi.org/10.1016/S0961-9534(02)00191-5

Hosenuzzaman, M., Rahim, N. A., Selvaraj, J., Hasanuzzaman, M., Malek, A. B. M. A., & Nahar, A. (2015). Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *41*, 284-297. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.046

Hsiao, C. (2007). Panel Data Analysis—Advantages and Challenges. *Panel Data Analysis*, 22.

İLleez, B. (2020). *Türkiye'de Biyokütle Enerjisi*. 30.

Ito, K. (2017). CO2 Emissions, Renewable And Non-Renewable Energy Consumption, And Economic Growth: Evidence From Panel Data For Developing Countries. *International Economics*, *151*, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.inteco.2017.02.001

Jeuland, M., Fetter, T. R., Li, Y., Pattanayak, S. K., Usmani, F., Bluffstone, R. A., Chávez, C., Girardeau, H., Hassen, S., Jagger, P., Jaime, M. M., Karumba, M., Köhlin, G., Lenz, L., Litzow, E. L., Masatsugu, L., Naranjo, M. A., Peters, J., Qin, P., … Toman, M. (2021). Is Energy The Golden Thread? A Systematic Review Of The Impacts Of Modern And Traditional Energy Use In Low- And Middle-Income Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *135*, 110406. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110406

Johansson, B. (2013). A Broadened Typology on Energy And Security. *Energy*, *53*, 199-205. https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.03.012

Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., & Kim, K.-H. (2018). Solar Energy: Potential And Future Prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *82*, 894-900. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094

Kadam, M., Mahamuni, M., & Parikh, Y. (2015). *Smart Home System*. 2349-2163.

Kaygusuz, K. (1999). Energy Situation, Future Developments, Energy Saving, and Energy Efficiency in Turkey. *Energy Sources*, *21*(5), 405-416. https://doi.org/10.1080/00908319950014722

Kaygusuz, K., & Kaygusuz, A. (2004). Geothermal Energy In Turkey: The Sustainable Future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *8*(6), 545-563. https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.01.001

Kempton, W., Darley, J. M., & Stern, P. C. (1992). Psychological Research For The New Energy Problems: Strategies and Opportunities. *American Psychologist*, *47*(10), 1213-1223. https://doi.org/10.1037/0003-066X.47.10.1213

Kılıç Demircan, Rüya & Gültekin, Arzuhan Burcu. (2017). *Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Enerji Sistemlerinin İncelenmesi*. *10*(1), 36-51.

Kim, T.-Y., Heshmati, A., & Park, J. (2010). Decelerating agricultural society: Theoretical and historical perspectives. *Technological Forecasting and Social Change*, *77*(3), 479-499. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2009.08.005

Koç, E., & Kaya, K. (2015). *ENERJİ KAYNAKLARI–YENİLENEBİLİR ENERJİ DURUMU*. 6.

Kolstad, I. (2009). The resource curse: Which institutions matter? *Applied Economics Letters*, *16*(4), 439-442. https://doi.org/10.1080/17446540802167339

Kralova, I., & Sjöblom, J. (2010). Biofuels–Renewable Energy Sources: A Review. *Journal of Dispersion Science and Technology*, *31*(3), 409-425. https://doi.org/10.1080/01932690903119674

Krohn, S., Morthorst, P.-E., & Awerbuch, S. (t.y.). *The Economics of Wind Energy*. 156.

Laitner, J., DeCicco, J., Elliott, N., Geller, H., Goldberg, M., Mowris, R., & Nadel, S. (2020). *Energy Efficiency and Economic Development in the Midwest*.

Leitão, N. C., & Lorente, D. B. (2020). The Linkage between Economic Growth, Renewable Energy, Tourism, CO2 Emissions, and International Trade: The Evidence for the European Union. *Energies*, *13*(18), 4838. https://doi.org/10.3390/en13184838

Lund, H. (2007). Renewable Energy Strategies For Sustainable Development. *Energy*, *32*(6), 912-919. https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.10.017

Manwell, J. F., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. (2010). *Wind Energy Explained: Theory, Design and Application*. John Wiley & Sons.

Marques, A. C., Fuinhas, J. A., & Pires Manso, J. R. (2010). Motivations Driving Renewable Energy In European Countries: A Panel Data Approach. *Energy Policy*, *38*(11), 6877-6885. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.07.003

Mehlum, H., Moene, K., & Torvik, R. (2006). Institutions and the Resource Curse. *The Economic Journal*, *116*(508), 1-20. https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2006.01045.x

Melikoglu, M. (2017). Geothermal Energy In Turkey And Around The World: A Review Of The Literature And An Analysis Based On Turkey's Vision 2023 Energy Targets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *76*, 485-492. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.082

Menyah, K., & Wolde-Rufael, Y. (2010). CO2 Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy And Economic Growth In The US. *Energy Policy*, *38*(6), 2911-2915. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.024

Møller, B. (2003). The Consept Of Security: 23.

Möst, D., & Fichtner, W. (2010). Renewable energy sources in European energy supply and interactions with emission trading. *Energy Policy*, *38*(6), 2898-2910. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.01.023

Mundo-Hernández, J., de Celis Alonso, B., Hernández-Álvarez, J., & de Celis-Carrillo, B. (2014). An overview of solar photovoltaic energy in Mexico and Germany. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *31*, 639-649. https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.029

Newell, R. G., Jaffe, A. B., & Stavins, R. N. (1999). The Induced Innovation Hypothesis and Energy-Saving Technological Change. *The Quarterly Journal of Economics*, *114*(3), 941-975. https://doi.org/10.1162/003355399556188

Nilsen, P. (2004). Making sense of safety. *Injury Prevention*, *10*(2), 71-73. https://doi.org/10.1136/ip.2004.005322

Oğulata, R. T. (2002). Sectoral Energy Consumption In Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *6*(5), 471-480. https://doi.org/10.1016/S1364-0321(02)00012-6

Okumuş, İ. (2020). Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Tarım ve CO2 Emisyonu İlişkisi. *Renewable Energy Consumption, Agriculture and CO2 Emissions Nexus in Turkey.*, *6*(1), 21-34. https://doi.org/10.20979/ueyd.659092

Omer, A. M. (2012). Built Environment: Relating the Benefits of Renewable Energy Technologies. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, *5*, 561-575. https://doi.org/10.15282/ijame.5.2012.3.0044

Özbuğday, F. C., & Erbas, B. C. (2015). How Effective Are Energy Efficiency And Renewable Energy In Curbing CO2 Emissions In The Long Run? A Heterogeneous Panel Data Analysis. *Energy*, *82*, 734-745. https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.01.084

Özdemir, N. (2016). İmparatorluktan Cumhuriyete Türkiye'de Elektriğin Tarihsel Gelişimi. *Osmanlı Medeniyeti Araştırmaları Dergisi*, *2*(3), 17. https://doi.org/10.21021/osmed.89880

Öztürk, D. S., & Saygin, S. (2017). *The economic effects of the 1973 oil crisis and stagflation case*. 13.

Panwar, N. L. (2011). Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12.

Peng, J., Lu, L., & Yang, H. (2013). Review on life cycle assessment of energy payback and greenhouse gas emission of solar photovoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 19*, 255-274. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.035

Peng, K.-Q., & Lee, S.-T. (2011). Silicon Nanowires for Photovoltaic Solar Energy Conversion. *Advanced Materials, 23*(2), 198-215. https://doi.org/10.1002/adma.201002410

Przychodzen, W., & Przychodzen, J. (2020). Determinants of Renewable Energy Production In Transition Economies: A Panel Data Approach. *Energy, 191*, 116583. https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116583

Rajbhandari, A., & Zhang, F. (2018). Does Energy Efficiency Promote Economic Growth? Evidence From A Multicountry And Multisectoral Panel Dataset. *Energy Economics, 69*, 128-139. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2017.11.007

Robalino-López, A., Mena-Nieto, A., & García-Ramos, J. E. (2014). System Dynamics Modeling For Renewable Energy And CO2 Emissions: A Case Study Of Ecuador. *Energy for Sustainable Development, 20*, 11-20. https://doi.org/10.1016/j.esd.2014.02.001

Rockett, A. A. (2010). The Future Of Energy – Photovoltaics. *Current Opinion in Solid State and Materials Science, 14*(6), 117-122. https://doi.org/10.1016/j.cossms.2010.09.003

Sachs, D. Jeffery & Warden, M. Andrew. (1995). Natural Resources Abundance and Economic Growth. *National Bureau of Economic Research*. https://www.nber.org/system/files/working_papers/w5398/w5398.pdf

Sachs, J. D., & Warner, A. M. (2001). The Curse Of Natural Resources. *European Economic Review, 45*(4-6), 827-838. https://doi.org/10.1016/S0014-2921(01)00125-8

Sadorsky, P. (2009). Renewable Energy Consumption, CO2 Emissions And Oil Prices In The G7 Countries. *Energy Economics, 31*(3), 456-462. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2008.12.010

Sadorsky, P. (2011). Some Future Scenarios For Renewable Energy. *Futures, 43*(10), 1091-1104. https://doi.org/10.1016/j.futures.2011.07.008

Sala-i-Martin, X., & Subramanian, A. (2008). Addressing the Natural Resource Curse: An Illustration from Nigeria. Içinde P. Collier, C. C. Soludo, & C. Pattillo (Ed.), *Economic Policy Options for a Prosperous Nigeria* (ss. 61-92). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/9780230583191_4

Salman, L., Salman, S., Jahangirian, S., Abraham, M., German, F., Blair, C., & Krenz, P. (2016). Energy efficient IoT-based smart home. *2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 526-529. https://doi.org/10.1109/WF-IoT.2016.7845449

Sampaio, P. G. V., & González, M. O. A. (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *74*, 590-601. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.081

Sarp Yakut. (2017). *Uluslararası Politika Akademisi – (upa) – kaynak laneti (resource curse) teorisi*. Http://politikaakademisi.org/2017/08/24/kaynak-laneti-resource-curse-teorisi/

Sebri, M., & Ben-Salha, O. (2014). On The Causal Dynamics Between Economic Growth, Renewable Energy Consumption, CO 2 Emissions And Trade Openness: Fresh Evidence From BRICS Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *39*, 14-23. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.033

Selici, T., & Utlu, Z. (t.y.). *Enerji Kullanımının Çevresel Etkileri Ve Sürdürülebilir Gelişme Açısından Değerlendirilmesi*. 5.

Sigot, M. (2013). *Master Thesis – Energy Security and the EU: between independency priorities, strategic vulnerabilities and sustainability needs*. 56.

Silveira, J. L., Tuna, C. E., & Lamas, W. de Q. (2013). The need of subsidy for the implementation of photovoltaic solar energy as supporting of decentralized electrical power generation in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *20*, 133-141. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.054

Sözen, A., Arcaklioğlu, E., & Özkaymak, M. (2005). Turkey's Net Energy Consumption. *Applied Energy*, *81*(2), 209-221. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2004.07.001

Strupczewski, A. (2003). Accident Risks In Nuclear-Power Plants. *Applied Energy*, *75*(1-2), 79-86. https://doi.org/10.1016/S0306-2619(03)00021-7

Suganthi, L., & Samuel, A. A. (2012). Energy models for demand forecasting—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(2), 1223-1240. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.014

Surek, T. (2005). Crystal growth and materials research in photovoltaics: Progress and challenges. *Journal of Crystal Growth*, *275*(1), 292-304. https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2004.10.093

Sürmen, Y. (2003). The Necessity of Biomass Energy for the Turkish Economy. *Energy Sources*, *25*(2), 83-92. https://doi.org/10.1080/00908310390142145

Tracking SDG 7: The Energy Progress Report. (s. 204). (t.y.).

Tsoutsos, T., Frantzeskaki, N., & Gekas, V. (2005). Environmental impacts from the solar energy technologies. *Energy Policy*, *33*(3), 289-296. https://doi.org/10.1016/S0301-4215(03)00241-6

Turner, J. A. (1999). A Realizable Renewable Energy Future. *Science*, *285*(5428), 687-689. https://doi.org/10.1126/science.285.5428.687

Tyagi, V. V., Rahim, N. A. A., Rahim, N. A., & Selvaraj, J. A. /L. (2013). Progress in solar PV technology: Research and achievement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *20*, 443-461. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.09.028

Ünalan, G. (2003). *Türkiye Enerji Kaynaklarının Genel Değerlendirmesi*. 28.

Vivoda, V. (2010). Evaluating energy security in the Asia-Pacific region: A novel methodological approach. *Energy Policy*, *38*(9), 5258-5263. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.05.028

Waheed, R., Chang, D., Sarwar, S., & Chen, W. (2018). Forest, Agriculture, Renewable Energy And CO2 Emission. *Journal of Cleaner Production*, *172*, 4231-4238. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.287

Wang, S., Li, Q., Fang, C., & Zhou, C. (2016). The Relationship Between Economic Growth, Energy Consumption And CO2 Emissions: Empirical Evidence From China. *Science of The Total Environment*, *542*, 360-371. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.10.027

Wang, S., & Wang, S. (2015). Impacts of Wind Energy On Environment: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *49*, 437-443. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.137

Williams, J. L., & Alhajji, A. F. (2003). *The Coming Energy Crisis ?* 8.

Williams, R. (2018). *Panel Data 4: Fixed Effects vs Random Effects Models*. 8.

Yasnolob, I., Gorb, O., Kozachenko, Y., Kalian, O., Borovyk, T., & Zahrebelna, I. (2019). Energy Independence and Energy Efficiency of Populated Areas in the System of Management. *Journal of Environmental Management and Tourism*, *10*(3), 538. https://doi.org/10.14505//jemt.v10.3(35).09

Yenisu, E. (2018). Enerji Tüketimi, CO2 Emisyonu ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, *3*(5), 9-29.

Yilmaz, M., & Atak, M. (2010). Decomposition Analysis of Sectoral Energy Consumption in Turkey. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, *5*(2), 224-231. https://doi.org/10.1080/15567240802533203

Yumurtacı, Z. & Dönmez, Aydın Hacı. (2013). *Konutlarda Enerji Verimliliği*. 3.

Yüksek, I. (2009). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapılarda Kullanım Olanakları*.

EKLER

```
. quietly xtreg lnfc lnrene lnco2, fe

.
. estimates store fe

.
. quietly xtreg lnfc lnrene lnco2, re

.
. estimates store re

.
. hausman fe re
```

	Coefficients			
	(b) fe	(B) re	(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
lnrene	-.0522696	-.0556729	.0034034	.
lnco2	.2022427	.1786973	.0235454	.0035568

```
                b = consistent under Ho and Ha; obtained from xtreg
     B = inconsistent under Ha, efficient under Ho; obtained from xtreg

 Test:  Ho:  difference in coefficients not systematic

           chi2(2) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
                   =       43.69
         Prob>chi2 =      0.0000
         (V_b-V_B is not positive definite)

.
```

```
. xtreg lnfc lnrene lnco2, fe

Fixed-effects (within) regression               Number of obs      =       529
Group variable: id                              Number of groups   =        23

R-sq:                                           Obs per group:
     within  = 0.6158                                         min =        23
     between = 0.0186                                         avg =      23.0
     overall = 0.0253                                         max =        23

                                                F(2,504)           =    403.92
corr(u_i, Xb)  = -0.6525                        Prob > F           =    0.0000

------------------------------------------------------------------------------
        lnfc |      Coef.   Std. Err.      t    P>|t|     [95% Conf. Interval]
-------------+----------------------------------------------------------------
      lnrene |  -.0522696   .0036286   -14.41   0.000    -.0593986   -.0451406
       lnco2 |   .2022427   .0132707    15.24   0.000     .1761701    .2283153
       _cons |   2.165633   .1538204    14.08   0.000     1.863425    2.467842
-------------+----------------------------------------------------------------
     sigma_u |  .31851631
     sigma_e |  .03243922
         rho |  .98973412   (fraction of variance due to u_i)
------------------------------------------------------------------------------
F test that all u_i=0: F(22, 504) = 871.52                     Prob > F = 0.0000

.
```