

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİMDALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ



TÜRKİYE’ DE ELEKTRİK ÜRETİMİNİN DIŞ TİCARET DENGESİ ÜZERİNE ETKİSİ

AKIN TUNÇ ORAN

TEZ DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ LEVENT ÖZKAN

EDİRNE 2021

Tezin Adı: Türkiye’ de Elektrik Üretiminin Dış Ticaret Dengesi Üzerine Etkisi
Hazırlayan: Akın Tunç ORAN

ÖZET

Türkiye’nin enerji konusunda dışa bağımlılığı ve enerji ithalatının getirdiği ekonomik yük ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Günümüzde hayatın her alanına dahil olan ve doğada tek başına bulunmayıp başka enerji kaynakları ile üretilen yegâne enerji kaynağı ise elektrik enerjisidir. Günümüz ve gelecek dünyanın vazgeçilmez bir unsuru olan elektrik enerjisi hane halkı ihtiyaçlarından, ulusal güvenliğe kadar birçok alanda yerini garantilemiştir. Çalışmada enerjide dışa bağımlılık mücadelesi veren Türkiye açısından, çalışmaya dahil edilen yıllar arasında ortalama olarak %54,26’sı ithal kaynaklarla üretilen elektrik enerjisinin dış ticaret dengesi üzerinde etki yaratabilecek bir seviyede bulup bulunmadığı 2001-2019 yılları arasındaki aylık veriler ile çoklu doğrusal regresyon modeli kurularak, en küçük kareler yöntemi ile Eviews 8 programı kullanılarak sınanmıştır. Regresyon analizi sonucunda model istatistiki açıdan anlamsız çıkmış ve modelin anlamsızlığı TÜİK, TEİAŞ ile Uluslararası Enerji Ajansı verileri kullanılarak sorgulanmıştır. Ülkede ilgili yıllar arasında ithal kaynaklarla gerçekleştirilen ortalama elektrik üretiminin aynı döneme ait ortalama yıllık enerji ithalatının %11,15’ine, ortalama toplam ithalatın ise yalnızca %2,21’lik kısmına denk geldiği anlaşılmıştır. Bu bağlamda ülkede ithal kaynaklarla gerçekleştirilen elektrik üretiminin, tek başına dış ticaret dengesi etkileyecek bir seviyede bulunmadığına kanaat getirilerek sonuçların anlamsızlığı desteklenmiştir. Özellikle Türkiye gibi yenilenebilir enerji alanında yüksek üretim potansiyeline sahip ülkelerin, yenilenebilir enerji teknolojilerini milli kaynaklar ile üretime geçirmelerinin ve bu teknolojilerin ülke enerji üretimi içerisindeki paylarını arttırmalarının enerji arz güvenliklerini güçlendirirken yeni istihdam alanları ile işkolları yaratmalarına olanak sağlamalarının yanı sıra enerji ithalatının getirdiği ekonomik yükün de azaltılacağı düşünülmüştür.

Anahtar Kelimeler: dış ticaret dengesi, elektrik üretimi, enerji ithalatı, ithal kaynak kullanımı.

Name of Thesis: The Effect of Electricity Production on Foreign Trade Balance in Turkey

Prepared by: Akın Tunç ORAN

ABSTRACT

Many studies have been carried out on Turkey's foreign dependency on energy and the economic burden of energy imports. Today, the only energy source that is included in all areas of life and that is not found alone in nature but produced by other energy sources is electrical energy. Electric energy, which is an indispensable element of today's and future world, has secured its place in many areas from household needs to national security. For Turkey struggling with foreign dependency in energy in the study, whether the electricity energy produced by imported sources, on average 54.26% of the years included in the study, finds a level that can have an effect on the foreign trade balance or not by establishing a multiple linear regression model with monthly data between 2001-2019. The least squares method has been tested using Eviews 8 program. As a result of the regression analysis, the model was found to be statistically insignificant and the meaninglessness of the model was questioned using the data of TÜİK, TEİAŞ and International Energy Agency. It has been understood that the average electricity production realized with imported sources between the relevant years in the country corresponds to 11.15% of the average annual energy imports for the same period, and only 2.21% of the average total imports. In this context, the meaninglessness of the results was supported by the conclusion that the electricity generation realized by imported sources in the country was not at a level that would affect the foreign trade balance alone. In particular, countries with high production potential in the field of renewable energy, such as Turkey, will increase the share of renewable energy technologies with national resources and increase the share of these technologies in the country's energy production, enabling them to create new employment areas and businesses while strengthening their energy supply security, as well as reducing the economic burden of energy imports. Has been deducted.

Key Words: balance of trade, electricity generation, Energy imports, use of imported resources.

ÖN SÖZ

Tez çalışmamda benden yardım ve desteklerini esirgemeyen başta rahmetli annem Münevver Tunç ORAN olmak üzere tüm aile üyelerime ve bu süreç içersin de bana sabırla katlanarak her daim yanımda olan çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Levent ÖZKAN'a teşekkürleri bir borç bilir, sonsuz minnetlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖN SÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
KISALTMALAR	xiv
GİRİŞ.....	1
BİRİNCİ BÖLÜM: ELEKTRİĞİN TANIMI, TARİHİ VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ.....	3
1.1. Elektriğin Tanımı	3
1.2. Elektrik Enerjisinin Tarihi	3
1.3. Türkiye’ de Elektrik Enerjisinin Geçmişi	8
1.4. Elektriğin Hukuki Niteliği	18
1.5. Elektrik Üretim Yöntemleri	23
1.5.1. Yenilenemez Enerji Kaynaklarıyla Elektrik Enerjisi Üretimi	23
1.5.1.1. Termik Santrallerle Elektrik Enerjisi Üretimi	29
1.5.1.1.2. Termik Santrallerin Yarattığı Çevre Sorunları	30
1.5.1.1.2.1. Termik Santrallerin Yarattığı Hava Kirliliği.....	31
1.5.1.1.2.2. Termik Santrallerin Yarattığı Su Kirliliği.....	32
1.5.1.1.2.3. Termik Santrallerin Yarattığı Toprak Kirliliği.....	34
1.5.1.1.1. Gaz Türbinli Santrallerle Elektrik Enerjisi Üretimi.....	36

1.5.1.1.2. Kombine Çevrimli Termik Santrallerle Elektrik Enerjisi Üretimi	39
1.5.1.1.3. Otoprodüktör Sistemlerle Elektrik Enerjisi Üretimi.....	42
1.5.1.1.4. Kojenerasyon Santralleri ile Elektrik Enerjisi Üretimi.....	43
1.5.1.1.5. Dizel Santrallerle Elektrik Enerjisi Üretimi	49
1.5.1.1.6. Nükleer Santrallerle Elektrik Enerjisi Üretimi	49
1.6.1. Yenilenebilir Kaynaklarla Elektrik Enerjisi Üretimi	57
1.6.1.1. Hidroelektrik Santrali ile Elektrik Enerjisi Üretimi	61
1.6.1.2. Rüzgâr Enerjisi ile Elektrik Üretimi.....	70
1.6.1.3. Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi	80
1.6.1.4. Çöplerden Elektrik Enerjisi Üretimi.....	84
1.6.1.5. Biyokütle ile Elektrik Üretimi.....	87
1.6.1.6. Jeotermal Enerji ile Elektrik Üretimi	91
1.6.1.7. Hidrojen Enerjisi ile Elektrik Üretimi	96
1.6.1.8. Denizler ve Okyanuslar Aracılığı ile Elektrik Üretimi	101
İKİNCİ BÖLÜM: DIŞ TİCARET VE DIŞ TİCARET DENGESİ TANIMI İLE DIŞ TİCARET TEORİLERİ	107
2.1. Dış Ticaret ile Dış Ticaret Dengesi Tanımı ve Ekonomik Büyümedeki Yeri	107
2.2. Dış Ticaret Teorileri.....	109
2.2.1. Mutlak Üstünlükler Teorisi.....	109
2.2.2. Mukayeseli Üstünlükler Teorisi.....	110
2.2.3. Heckscher – Ohlin (Faktör Donatımı) Teorisi	112
2.2.3.1. Faktör Fiyatları Eşitliği Teorisi	114
2.2.3.2. Gelir Dağılımı Teorisi	114

2.2.3.3. Rybczynski Teorisi.....	115
2.2.3.4. Faktör Donatımı Teorisinin Grafikselsel Anlatımı.....	116
2.2.3.5. Leontief Paradoksu.....	118
2.2.4. Nitelikli İşgücü Teoremi	119
2.2.5. Teknoloji Açığı Teoremi.....	120
2.2.6. Ürün Dönemleri Teoremi.....	120
2.2.7. Tercihlerde Benzerlik Teoremi	121
2.2.8. Ölçek Ekonomileri Teoremi.....	121
2.2.9. Monopolcü Rekabet Teoremi.....	122
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: DÜNYADA VE TÜRKİYEDE ENERJİ TİCARETİ İLE ELEKTİRİK ÜRETİMİ VE ELEKTRİK TİCARETİ	123
3.1. Dünya’da Enerji Ticareti.....	123
3.1.1. Dünya’da Enerji İhracatı ve İthalatı.....	124
3.1.2. Türkiye’de Enerji Ticareti.....	130
3.1.2.1. Türkiye’de Enerji İhracat ve İthalatı	134
3.2. Dünya’da Elektrik Üretimi	141
3.2.1. Dünya’da Yenilenemez Kaynaklı Elektrik Üretimi.....	143
3.2.2. Dünya’da Yenilenebilir Kaynaklı Elektrik Üretimi.....	145
3.2.3. Türkiye’de Elektrik Üretimi.....	147
3.2.3.1. Türkiye’de Yenilenemez Kaynaklı Elektrik Üretimi	152
3.2.3.2. Türkiye’de Yenilenebilir Kaynaklı Elektrik Üretimi	155
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM: TÜRKİYE’DE GERÇEKLEŞTİRİLEN ELEKTRİK ÜRETİMİNİN DIŞ TİCARET DENGESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ANALİZİ	160
4.1. Çalışmanın Amacı.....	160

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1: Elektrik Santrallerinde Kurulu Güç, Üretim, Tüketim 1923-1960	9
Tablo 2: 1980'e Kadar Planlı Kalkınma Döneminde Elektrik Üretimi ve Tüketimi	14
Tablo 3: Kullanılmakta Olan Enerji Üretim Sistemlerinin Yakıt Bazlı Çevresel Etkileri	35
Tablo 4: Kaynak Sıcaklığına Göre Jeotermal Kaynaklı Elektrik Üretimini Sınıflandırılması	92
Tablo 5: Mutlak Üstünlükler Teorisine İngiltere ve Portekiz Örneği	110
Tablo 6: Mukayeseli Üstünler Teorisine Örnek	111
Tablo 7: 2013-2019 Yılları Arası Toplam Enerji İthalatının Toplam Ülke İthalatındaki Yeri.....	139
Tablo 8: 2013-2019 Yılları Arası Toplam Enerji İhracatının Toplam Ülke İhracatındaki Yeri.....	140
Tablo 9: 2019-2039 Yılları Arası Senaryolar Kapsamında Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu.....	148
Tablo 10: 1990-2019 Yılları Arası Tek Yakıtlı ve Çok yakıtlı Yenilenemez Kaynaklı Santrallerin Kurulu Güç İçerisindeki Yeri ve Değişimi	154
Tablo 11: 1990-2019 Yılları Arasında Yenilenebilir kaynaklı Kurulu Gücün Santrallere Göre Dağılımı	159
Tablo 12: Çalışmaya Ait Araştırma Verilerinin ve Değişkenlerin Açıklama Tablosu	162
Tablo 13: Türkiye'de 2001-2019 Dönemine İlişkin Analize Dahil Edilen Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri	165

Tablo 14: ADF Birim Kök Testi Sonuçları	170
Tablo 15: PP Birim Kök Testi Sonuçları.....	171
Tablo 16: Değişkenlere Ait Varyans Artırıcı Faktör Değerleri.....	173
Tablo 17: Modele İlişkin Breusch-Pagan-Godfrey Testi sonuçları.....	175
Tablo 18: Modele İlişkin White Testi Sonuçları	176
Tablo 19: Modele İlişkin Breusch-Godfrey LM Testi Sonucu	178
Tablo 20: Otokorelasyonun Düzeltilmesi Sonrası Bruesch-Godfrey LM Testi Sonuçları.....	178

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Beşer Yıllık Arayla 1980-2015 Arası Türkiye Elektriğinde Kurulu Güç, Brüt Üretim ve Net Tüketim Değişimi.....	18
Şekil 2: Belirlenen Politikalar ile Temel Fosil Yakıtların Toplam Talep Projeksiyonları.....	26
Şekil 3: Sürdürülebilir Kalkınma Politikaları ile Temel Fosil Yakıtların Toplam Talep Projeksiyonları	27
Şekil 4: Senaryoya Göre Küresel Nükleer Kapasite, 2000-2040	29
Şekil 5: Termik Santrallerin Standart Atıklarının Ortalama Seviyeleri ve İçerisinde Çözülen Madde Miktarları	34
Şekil 6: Giovanni Barancanın Gaz Türbin Tasarımı	37
Şekil 7: Gaz Türbini Standart Brayton Basit Çevrim Şeması	38
Şekil 8: Gaz Türbinlerinin Zaman İçerisindeki Gelişimi	39
Şekil 9: Kombine Çevrim Santrali Şematik Gösterimi	41
Şekil 10: Elektrik ile Isının Ayrı ve Beraber Üretilmesi Halindeki Yakıt Kullanımı	44
Şekil 11: Kojenerasyon Santrallerinde Kullanılan Bazı Yakıtların Isıl Değerleri	48
Şekil 12: Filyon ile Nükleer Enerji Oluşumu	52
Şekil 13: Pwr Türü Bir Nükleer Santralin Basitleştirilmiş Şeması	53
Şekil 14: Nükleer Santral Kuruluşuna İlişkin Yer Belirleme ve Yer Değerlendirme Süreçleri.....	54
Şekil 15: Bazı Ülkelerde Kişi Başına Milli Gelir ve Elektrik Fiyatlarının Karşılaştırılması.....	56

Şekil 16: 2000-2100 Yılları Arasında Primer Enerji Kaynaklarının Kullanımında Değişim Beklentileri.....	59
Şekil 17: Hidroelektrik Üretim Akım Şeması	63
Şekil 18: Basit Olarak Hidroelektrik Santralinde Enerji Üretimi.....	64
Şekil 19: Akarsu Tipi Hidroelektrik Santrali	65
Şekil 20: Rüzgâr Santralinde Yatay Eksenli Türbin ve Türbini Oluşturan Unsurlar	73
Şekil 21: Dikey Eksenli Rüzgâr Türbini	74
Şekil 22: Standart Bir Rüzgâr Santralinin Ana Unsurları	75
Şekil 23: Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi Temel Çalışma Prensibi	81
Şekil 24: Şebeke Bağlantılı ve Şebeke Bağlantısız Fotovoltaik Sistem Örneği....	82
Şekil 25: Biyogaz Tesisi Temel Çalışma Prensibi	86
Şekil 26: Biyokütle Santrali Çalışma Prensibi	89
Şekil 27: Kuru Buhar Santrali Temel Çalışma Prensibi.....	93
Şekil 28: Flash Buhar Santrali Temel Çalışma Prensibi	93
Şekil 29: Binary (ikili) Çevrim Santrali Çalışma Prensibi	94
Şekil 30: PEM Tipi Yakıt Pili Temel Çalışma Prensibi	99
Şekil 31: OTEC Açık Çevrim Sistemi Temel Çalışma Prensibi	104
Şekil 32: Deniz Akım Enerjisi Çevrim Santrali	105
Şekil 33: Rance Nehri Gel-git Barajı	106
Şekil 34: Rybczynski Teoremi Grafıksel Gösterimi	115

Şekil 35: A ve B Ülkelerinde Serbest Dış Ticaret Dengesi.....	117
Şekil 36: Yeni Politikalar Doğrultusunda 2040 Senaryosuna Göre Bölgelerarası Evrensel Net Fosil Yakıt Ticareti	126
Şekil 37: 1990-2018 Yılları Arası Dünya Kömür İthalat ve İhracatı	127
Şekil 38: 1990-2018 Yılları Arası Dünya Ham Petrol İthalat ve İhracatı	128
Şekil 39: 1990-2018 Yılları Arası Dünya Doğalgaz İthalat ve İhracatı	129
Şekil 40: Mineral Yakıtlar, Mineral Yağlar ve Bunların Damıtılmasından Elde Edilen Ürünler Fasılı 2013-2019 İhracat ve İthalat değerleri.....	133
Şekil 41: Türkiye'de 1990-2019 Yılları Arası Toplam Enerji Arzı, Üretimi, İhracat ve İthalatı.....	135
Şekil 42: Türkiye'de 1990-2019 Yılları Arasında Toplam Enerji İhracatında Kömür, Petrol ve Doğalgaz İhracatının % Oranları	136
Şekil 43: Türkiye'de 1990-2019 Yılları Arasında Toplam Enerji İthalatında Kömür, Petrol ve Doğalgaz İthalatının % Payı	137
Şekil 44: 1985-2017 Yılları Arası Dünya'da Elektrik Üretimi.....	141
Şekil 45: 1990-2018 Yılları Arasında Dünya Elektrik Üretiminde Yenilenemez, Yenilenebilir ve Diğer Kaynakların % Payları.....	142
Şekil 46: 1990-2018 Yılları Arası Dünya Elektrik Üretiminde Başlıca Yenilenemez Kaynakların Değişimi.....	143
Şekil 47: 1990-2018 Yılları Arasında Dünya Elektrik Üretiminde Kullanılan Atık, Belediye Atıkları ve Diğer Kaynaklar	145
Şekil 48: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının 1990-2018 Yılları Arasında Dünya Toplam Elektrik Üretimi İçerisindeki Yerleri	146

Şekil 49: 1990-2018 Yılları Arasında Türkiye'de Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Gelişimi	149
Şekil 50: Toplam Elektrik Üretiminde Yıllar İtibariyle Kamu ve Özel Sektörün Payları.....	150
Şekil 51: Türkiye'de Toplam Kurulu Gücün 2019 Eylül İtibari ile Kaynaklara Göre Dağılımı.....	151
Şekil 52: 1990-2019 Yılları Arasında Türkiye'de Yenilenemez Kaynaklı Elektrik Üretiminin Gelişimi.....	152
Şekil 53: 1990-2019 Yılları Arasında Fosil Kaynaklı Elektrik Üretiminin Toplam Elektrik Üretimi İçerisindeki Payları	153
Şekil 54: 1990-2019 Yılları Arasında Türkiye'de Yenilenebilir Kaynaklı Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Gelişimi	156
Şekil 55: 1990-2019 Yılları Arasında Türkiye'de Toplam Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Kaynaklı Üretimin % Payları	158
Şekil 56: Tanımlayıcı İstatistikleri Verilen Değişkenlerin Grafikleri	166
Şekil 57: Jarque-Bera Test Sonucu	168
Şekil 58: 2001-2019 Yılları Arasında Ülkede Gerçekleşen Elektrik Üretimi İçerisinde Yerli ve İthal Kaynakların Dağılımı	181
Şekil 59: İthal Kaynaklı Toplam Elektrik Üretiminin Toplam Enerji İthalatı İçerisindeki Yeri	182
Şekil 60: İthal Kaynaklı Toplam Elektrik Üretiminin Toplam İthalat İçerisindeki Yeri.....	183

KISALTMALAR

ABD:	Amerika Birleşik Devletleri
ADF:	Augmented (Genişletilmiş) Dickey Fuller
AR-GE:	Araştırma ve Geliştirme
BCM:	Billion cubic meter
BGLM:	Breusch-Godfrey LM
BPG:	Breusch-Pagan-Godfrey
DPT:	Devlet Planlama Teşkilatı
DSİ:	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
EİEİ:	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPDK:	Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPIAŞ:	Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
EÜAŞ:	Elektrik Üretim Anonim Şirketi
GW:	Gigawatt
GWH:	Gigawatt Hours
HES:	Hidroelektrik Santrali
İHD:	İşletme Hakkı Devri
KT:	Kilo Ton
KTOE:	Kilo Tona Eşdeğer
KW:	Kilowatt
KWH:	Kilowatt Hours
MB/D:	Millions of Barrels per Day
MÖ:	Milattan Önce

M/S: Metre/Saat

M/SN: Metre/Saniye

MTA: Maden Teknik Arama

MTCE: Million Tonnes of Coal Equivalent

NOX: Azot Oksit

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development

PGİM: Petrol İşleri Genel Müdürlüğü

PH: Power of Hydrogen

PP: Phillips-Perron

PPM: Parts Per Million

PPMV: Parts Per Million Volume

PV: Photovoltaic

RES: Rüzgâr Enerji Santrali

TEAŞ: Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi

TEDAŞ: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi

TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi

TEK: Türkiye Elektrik Kurumu

TETAŞ: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi

TWH: Terawatt Hour

Yİ: Yap İşlet

YİD: Yap İşlet Devret

YY: Yüz Yıl

GİRİŞ

Elektrik enerji hayatımıza girdiği ilk günden bu yana insanlığın yaşamında vazgeçilmez bir konuma gelmiştir. Kullanım alanları düşünüldüğünde günümüz ve geleceğin dünyası için zaruri bir ihtiyaç olan elektrik enerjisi hane halkı ihtiyaçlarından ulusal güvenlik alanına kadar tüm sektörleri kapsayacak şekilde mevcut dünya düzenine kendisini uyarlamayı başarmış bir enerji kaynağı olmasının yanında doğada tek başına bulunmayıp, yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynaklarının işlenmesi yoluyla elde edilen ikincil bir enerji kaynağıdır. Hukuki açıdan dünyada ve ülkemizdeki genel niteliği bakımından taşınır mal statüsünde sayılan elektrik enerjisi, fazladan üretildiğinde stok edilemeyip kaynak israfına yol açmasının yanı sıra arz kısıntısına gidilemeyecek kadar kritik bir iktisadi üründür. Üretildiği gibi tüketilmesi gereken hatta üretilirken tüketilen bu ürünün arz-talep dengesinin dikkatli bir şekilde hesaplanması da oldukça önemli bir konudur. Sürekli ve kesintisiz gelişen teknoloji, artan dünya nüfusu ve ülkelerin kalkınma hedefleri dünya enerji talebinin giderek artacağını yegâne göstergesi durumundadır. Şüphesiz ki saf enerji kaynaklarının yanı sıra talebinde artış yaşanmasına kesin gözüyle bakılan enerji kaynağı da elektrik enerjisidir. İkincil bir enerji kaynağı olan elektrik enerjisinin, enerjide dışa bağımlılık sorunu yaşayan ve bu sorun nedeniyle özellikle dış ticaret dengesinde olumsuzluklarla karşı karşıya kalan ülkeler açısından, elektrik enerjisi üretim safhasındaki ithal girdi oranları ciddi bir önem teşkil etmektedir. Bu durum böylesine kritik bir enerji kaynağı üretiminin dış ticaret dengelerinde etki yaratabilecek bir seviyede bulunup bulunmadığının sorgulanması düşüncesini akıllara getirmektedir.

Türkiye 1947 yılından bu yana düzenli olarak dış ticaret açığı veren bir ülkede konumunda bulunmaktadır. Özellikle enerji ithalat payının, toplam ithalat içerisindeki yüksekliğinden sıklıkla bahsedilen Türkiye ekonomisi, enerji konusunda dışa bağımlılıkla mücadele eden bir ekonomi durumundadır. Tezin amacı ülkede %50'den fazlası ithal kaynaklarla üretilen elektrik enerjisi üretiminin dış ticaret dengesi üzerinde etki yaratabilecek bir seviyede bulunup bulunmadığının anlaşılması üzerine kurulmuştur.

Bu bağlamda tez içerisinde elektriği tanımıyla beraber, zaman içerisindeki gelişimi ile hukuki niteliği üzerinde durularak hukuki olarak ‘iktisadi mal’ statüsünde olduğu açıklanmıştır. Elektrik üretim yöntemleri yenilenebilir ve yenilenemez teknolojiler olarak ele alınmış olup avantaj, dezavantaj ve çalışma prensipleri bakımından incelenmiştir. Dış ticaret dengesinin anlaşılması açısından tanımlanması yapılarak geçmişten günümüze kadarki sürede ülkelerin dış ticaretlerini açıklamaya ve geliştirmeye çalışan teoriler üzerinde durulmuş ve dış ticaretin önemi vurgulanmıştır.

Ülkede ve dünyada fosil kaynaklara ve elektrik enerjisine ilişkin olarak geçmişten günümüze üretim, tüketim ve ticaretleri incelenerek mevcut durum ele alınmış ve uluslararası enerji ajansı senaryoları kapsamında gelecek projeksiyonlarından bahsedilmiştir. Ülkede ithal kaynaklarla gerçekleştirilen elektrik enerjisi üretiminin dış ticaret dengesi üzerinde etki yaratabilecek bir seviyede bulunup bulunmadığı, 2001 ile 2019 yılları arasındaki aylık bazda veriler kullanılarak çoklu doğrusal regresyon analizi ile açıklanmaya çalışılmıştır. Bu doğrultuda çoklu doğrusal regresyon analizi varsayımları ortaya konularak, varsayımların geçerliliği sınanmış ve son olarak en küçük kareler yöntemi ile analiz tamamlanarak sonuçlar yorumlanmıştır. Çıkan sonuçların anlaşılması amacı ile TÜİK, TEİAŞ ve Uluslararası Enerji Ajansı verileri incelenmiş ve sonuçlar ilgili kurumların verileri ışığında desteklenmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM: ELEKTRİĞİN TANIMI, TARİHİ VE ÜRETİM YÖNTEMLERİ

1.1. Elektriğin Tanımı

Elektrik; Türk Dil Kurumu'na *'Maddenin elektron, pozitron, proton vb. parçacıklarının hareketleri ile ortaya çıkan enerji türü'* olarak tanımlanmıştır (Türk Dil Kurumu, 2019). Elektrik enerjisini, maddenin bünyesinde bulunan elektronların bağımsız bir hale gelerek gerçekleştirdikleri hareketlerin sonucunda ortaya çıkan bir güç olarak niteleyebiliriz (ATLI, 2018, s. 9).

1.2. Elektrik Enerjisinin Tarihi

Elektrik ile ilgili bilinen ilk bulguların geçmişi ilk çağlara kadar uzanmaktadır. M.Ö. 6. yüzyılda Thales kehribar adlı bir maddenin hayvan postuna sürtüldükten sonra saman küspelerini çektiğini gözlemlemiştir. Yunan tarihinde görülen bu tip çalışmalar statik elektrik üzerinedir. Çekim gücü olan taşlar birbirine sürtüldüğü zaman ortaya ışıklar çıkarmış ve bu durumun sebepleri araştırılmak istenmiştir. İlgili dönemin bilinen olayları arasında yer alan ve günümüzde Manisa civarında bulunan bir taşın (magnet) demir madenlerini çekmesi ve bu taşın magnet denmesinin nedeni'nin Manisa civarlarında bulunmasından kaynaklı olduğunu düşüncesini akıllara getirmiştir. Magnesia (Manisa) olarak da adlandırılan bu taşların Baltık denizinde Norveç ve Fin uyruklu gemilerde tabii mıknatıs yahut pusula olarak kullanıldığına dair kaynaklarda mevcuttur. Thales'in dikkatini çeken elektriklenme olayı ile manyetizma olayı 19. yüzyıllara kadar farklı olaylar olarak ele alınmıştır. Manyetizma olgusunun varlığı büyük bir ihtimalle demirin bulunmasından beri bilinmekteydi. Keza demir çeken taşlara yahut magnetite doğada çoğunlukla demir yatakları civarında rastlanmaktadır. Magnetizma ile ilgili bilimsel anlamdaki buluşlar 11. yüzyılda Çin'de mıknatıs taşlarından pusula yapılması ile başlamaktadır. Bu durum daha sonraları Avrupa'ya geçmiş ve bu konu hakkındaki ilk çalışma Petrus Peragrınus tarafından 1269 yılında

gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma da mıknatıs taşının demir madenini çekme ve farklı maddelerde mıknatıslık özelliği yaratmasının dışında, iki parçaya bölündüğü zaman kendi kutupları olan iki farklı mıknatısa dönüşmesinden de bahsedilmektedir. 300 yıl kadar sonra Robert Norman adındaki bir pusula üreticisi o güne dek bilinenlerin dışındaki bir çekimden bahsetmiş ve bu durum için ‘yeni çekim’ adını verdiği bir kitap yazmıştır. Ve bu kitap ilerleyen zamanlarda William Gilbert’in mıknatıs alanında yaptığı çalışmalar ile ortaya koyacağı gerçekleri büyük oranda kapsamaktadır (ERDOĞAN, 1998, s. 4).

William Gilbert’in 1600 yılında yayınlanmış olan ‘*De magnete*’ adlı çalışmasında Latince kehribar olarak isimlendirilen ve yunanca aynı anlamı barındıran electrum kelimesinden ilham alınarak hayvan postunda gezdirildiği vakit küçük nesneleri çekme vasfını taşıyan Yeni Latince electricus diye geçecek olan yeni bir kelimeyi ortaya çıkarmıştır. İlk defa İngilizcede electricity olarak geçen kelimeyi ise Thomas Browne 1646 yılında yayımlanmış olan ‘*Pesudoxia Epidemica*’ adlı eserinde kullanmıştır. (CRESSWELL, 2010, s. 147) Elektrik kelimesinin Türk diline geçişi ise Fransız dilinde aynı anlamı sergileyen électrique kelimesiyle gerçekleşmiştir (Türk Dil Kurumu, 2019)

İlerleyen zaman içerisinde Otto Von Guericke yaptığı deneylerle 1672 yılında sürtünme kaynaklı olarak elektrik üreten ilk üretici yapmış ve devam eden sürelerde Stephan Gray metallerin iletken ametallerin yalıtkan bir yapıda olduğunu 1729 yılında keşfetmiştir. 1745 yılına gelindiğinde Hollanda uyruklu Peter Van Musschenbroek su dolu bir cam kavanozun içine koyulmuş metal bir çubuktan oluşan ve elektriği depo edebilen Leyden Şişesini üretmiştir ki bu tarihte üretilen ilk kondansatörüdür. Bu deneyleri takip eden yıllarda Benjamin Franklin elektrik alanında yaptığı çalışmalar ile elektriğin artı ve eksi kutuplarını keşfetmiş ve adlandırmıştır. Ayrıca fırtınalı bir zamanda yaptığı uçurtma deneyi ile paratoner sisteminin bulunmasının önünü açmıştır. Carles Augustin de Coulomb ise yaptığı çalışmalar ile elektriği ölçülebilen bir kuvvet olmasının sağlamış ve Newton’un kütle çekim kanunun elektriksel yansıması olan coulomb kanunu oluşturmuştur.

Alessandro Volta yaptığı pil benzeri bir cihazla kimyasal tepkimeler sonucu elektrik akımını üretmiştir. Bu çalışmaya önem kazandıran durum bu zaman kadar yapılan çalışmaların hepsinin statik elektrik üzerine olmuş olmasıdır. Voltanın yapmış olduğu çalışma sonrasında dinamik ile statik elektriğin aynı olgunun farklı yansımaları olduğu anlaşılmıştır. 1827 yılında Alman bir fizikçi olan Georg Simon Ohm iletkenlerden geçen elektrik akımı üzerine yaptığı deneyler ile Ohm kanunun olarak tarihe geçen; akım, gerilim ve direnç arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmıştır. 19. Yüz yılın ortalarına doğru İngiliz bir fizikçi ve kimyager olan James Michael Faraday manyetik bir alanda bulunan bir bakır çembere elektrik verilerek dönmesini sağlamış ve böylelikle tarihte ilk kez elektrik enerjisi bir cihazın iş yapmasında kullanılmıştır. Teorik olarak bu cihaz bir elektrik motoru vasfında sayılmaktadır (TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, 2007, s. 10,13).

1879 yılına gelindiğinde Thomas Alva Edison ticari amaca uygun bir ampul üretmiştir. Ancak ampule elektrik sağlayacak bir tesis olmadığından dolayı Edison birkaç ay sonra '*Edison Electric Illuminating company*' şirketini kurmuştur. 1881 yılında Edison Londra çevresindeki binaların tek bir merkezden nasıl aydınlatılabileceğini açıklamıştır (CARTER, 2014). 4 Eylül 1882'de Edison Pearl Street istasyonunda kurduğu buhar ile çalışan dinamo vasıtasıyla başarılı bir sonuca ulaşmıştır. Mevcut dönemde evler hala genellikle gaz lambaları ile aydınlatılıyor olsa da yangın riskini azaltması, gaz lambalarının yakacak ürünlerinden tasarruf sağlaması ve gaz lambasının yaydığı ısının yerine serin bir çözüm olması sebebiyle cazip bir hale gelmiş ve elektrik sistemi geliştirilmeye başlanmıştır (KENNELLY, 1932, s. 293,294).

1884 yılında Amerika Birleşik Devletleri'ne göç eden ve bir süre sonra ABD vatandaşlığına geçen Avusturya-Macaristan asıllı, yaratıcı bir elektrik mühendisi olan Nikola Tesla belli bir zaman kadar Thomas Alva Edison için elektrik motorları ve jeneratörler üzerine çalışmalarda bulunmuş, sonrasında ise Westinghouse şirketinin bünyesine dahil olmuştur. Alternatif akım endüksiyon motorlarını ilk kez 1881 yılında bu şirket dahilinde geliştiren Tesla özellikle güç

iletiminde transformatör (Trafo) tasarımlarına yaptığı katkıları ile güç endüstrisinin gelişiminde devrim niteliğinde sayılabilecek çalışmalara imza atmıştır. Yaşamı boyunca birçok patent alan Tesla ilerleyen dönemlerde tasarım ve fikirleri için J.P. Morgan gibi döneminin ünlü sermayedarlarından yatırımlar alsa dahi artan faturalar ve ardi arkası kesilmeyen pahalı araç-gereç siparişlerinden dolayı yatırım kanallarını kaybetmiş ve fikirlerini istediği ölçüde hayata geçirememiştir (FRIEDLANDER, 1978, s. 30).

Elektrik tüketiminin dünyada yaygın bir hale gelmeye başlaması, gelişmiş toplumların enerji gereksinimlerinde ve kullanımlarında değişikliğe neden olduğu gibi yaşam biçimlerini de ciddi bir şekilde etkilemiştir. Elektrik üretim santrallerinin kapasitelerinin artması, termik santraller ve hidroelektrik barajlarının inşaları ile kırsal bölgelere kadar ulaşan iletim sistemlerinin gelişmesi tüketilen enerji miktarlarını her on yılda bir, iki katına çıkarmıştır. Birinci dünya savaşı öncesine kadarki süreçte yer alan elektrik tesisleri büyük çoğunlukla endüstriyel alanlarda kendi ihtiyacını karşılamaya yetecek kadar yani otoprodüktör sistem şeklinde oluşmuş ve genellikle özel şirket teşebbüsleri ile hayata geçirilmiştir. Denetimleri iyi olmamakla beraber bu konuya yönelik ilk girişimler 1920 ve 1930'lu yıllarda ortaya çıkmıştır. Bu yıllarda elektrik tüketimi hükümetlerce yahut idari otoritelerce bir lüks olarak değil gündelik hayatın ve üretimin bir ihtiyacı olarak değerlendirilmeye başlanmış ve ilgili yıllarda kamu yatırımlarınca finanse edilen hidroelektrik santralleri bolca gündeme gelmeye başlamıştır. Ancak iletim sistemlerinin parçalı bir şekilde olması, etkin bir denetim mekanizmasının bulunmaması, ciddi ölçülerde elektrik kayıplarına sebebiyet verdiği gibi arz miktarlarının belirlenmesinde de sorun teşkil etmiştir. İkinci dünya savaşı sonrasında gelişen elektrik sektöründe üretim ve iletim maliyetleri değişmiş, ölçek ekonomisi ilkel ve küçük kapasiteli santralleri ekonomik anlamda devre dışı bırakmıştır. Gelişmiş ülkeler mevcut dönemde iletim ağlarındaki oluşumunu büyük ölçüde tamamlamış ve çoğu hükümet elektrik sektörünün doğal bir tekel olduğu konusunda mutabık olup üreticileri tek bir çatı altında toplamış ya da bölgesel büyüklükteki kuruluşları kendi aralarında birleştirme durumuna getirmiştir.

Böylelikle elektrik sektöründe dikey entegrasyonlu tekelleşme başlamıştır. Bu dönemin genel düşüncesine göre, sektörü tekelin olumsuzlarından korumak için elektrik sektörünün mülkiyetinden, yönetiminden ve işletiminden kamu kurum ve kuruluşları sorumlu olmalıdır (TAMZOK, 2007, s. 73,76).

1970’li yıllarda enerji piyasalarında petrol krizi baş göstermiş ve yükselen petrol fiyatları arz güvenliği konusunda sorun oluşturmaya başlamıştır. Bunun neticesinde ülkeler elektrik üretiminde petrol kullanımının doğruluğunu sorgulamış, bazı ülkeler nükleer enerji programlarına hız kazandırırken bazıları da birincil enerji kaynaklarını çeşitlendirmeye çalışmıştır. Döneme paralel olarak Avrupa, ABD ve Japonya da petrol kullanımından ziyade kömür kullanımına yönelik politikalara başlanmıştır. Dönemin bir başka özelliği olarak, ölçek ekonomisinin geçerliliğini sürdürdüğü üretim faaliyetlerinde tahmin edilen minimum iktisadi üretim seviyesini daha da azaltabilmeye yönelik çalışmalar sırasında daha küçük boyutlarda üretim yapan santrallerin piyasaya girmesine bağlı olarak elektrik enerjisi üretim sektörünün doğal bir tekel özelliğinde olduğu düşüncesi de sorgulanmaya başlanmıştır. Kriz dönemine bağlı olarak gelişen neo-liberal politikalar kapsamında sektörlerde özelleştirme ve yeniden yapılandırma uygulamaları dünya genelinde benimsenmeye başlanmış ve bu durum kendini elektrik enerjisi sektöründe de göstermiştir. 1980 – 1990 döneminde termik ve nükleer santrallerin üretim bedellerinin artması sonrasında yeniden yapılandırma uygulamaları devreye sokulmuştur. İlerleyen teknoloji ile doğalgaza bağlı olarak çalışan ve daha küçük ölçekte üretim yapabilen santrallerin üretime dahil edilmesi ile sabit maliyetlerde düşüş gözlemlenmiştir. Teknolojik gelişmeler şebeke üzerindeki kontrol ve ölçüm maliyetlerini düşürmüş ve piyasaya küçük hacimli şirketlerin girmesi sonucunda düzensiz bir örgütlenme durumuna gelinmiştir. Elektrik enerjisi yatırımlarının, kamunun ekonomik yükünü arttırması ve etkin olmayan bir işletme sergilemesi, rekabetçi piyasa modeline dayalı bir yapılandırılmaya gidilmesine gerek olduğunu düşündürmüştür. 1980’ler de Şili’de başlayan bu reform sürecinin başarılı olması sonrasında reform hareketlerine yavaş yavaş 1990’lı yıllarda başta İngiltere, Arjantin ve Norveç olmak üzere bazı

lkelerde uygulanmaya başlanmış, bu durum ilgili sektörde reform yapmayı planlayan diğerk ülkeleri de cesaretlendirmiştir. İlerleyen yıllardaki gelişmeler ise bilişim teknolojilerinin gelişimini, küreselleşmeyi ve piyasa ekonomisini genel geçer bir durum haline getirmiştir (DEVİR, 2017, s. 37).

Günümüzde elektrik enerjisi üretimi çeşitli teknolojiler yardımıyla kamu ve özel sektör teşebbüsleri ile gerçekleşmektedir. Mevcut durumda genel olarak özelleşmiş üretim, devlet tarafından görevlendirilen ya da bizzatıhi devletin bünyesinde bulunan bağımsız idari otoritelerce denetlenen bir yapıya brnmştir. Artık hayatımızın her yerinde boy gösteren elektrik enerjisi, dünya için vaz geçilmez bir ikincil kaynak olmakla beraber endüstrilerin ve dünyanın gelişimine bağılı olarak hayatımızdaki konumunu daha da güçlendirmektedir.

1.3. Türkiye’ de Elektrik Enerjisinin Geçmişi

Türkiye’nin elektrik enerjisi üretimi ile tanışması Osmanlının son yıllarına II. Abdülhamit dönemine denk gelmektedir. İlk elektrik retimi Mersin’in Tarsus ilçesinde su değıirmenini gücüyle çevrilen bir dinamo vasıtasıyla 2 kilovatlık bir g şeklinde gerçekleşmiştir. Daha önceleri ilk kez aydınlatma amacı ile sadece saraylarda kullanılmasına izin verilen elektrik, 1914 yılına gelindiğinde İstanbul’un elektriğre kavuşması için epey çaba harcadığından bu oran abone sayısı olarak 2055 kişiye, 1918 yılı sonu itibari ile 12.894 kişiye yükselmiş aynı yıl içerisinde tüketilen elektrik ise 16,5 milyon kilovat saate ulaşmıştır. Elektrik retimi Osmanlı devleti tarafından bir kamu hizmeti olarak kabul edilse de üretimi, iletimi ve dağıtımı konusundaki durumlar yabancı sermayeli şirketlere verilen imtiyazlar ile gerçekleşmiştir. Cumhuriyet dönemine gelindiğinde savaştan çıkmış bir devlet olan Türkiye Cumhuriyeti Devletinin ekonomik açıdan gelişiminin devamı için elektriğre her alanda ihtiyaç duyulmuştur. Cumhuriyet dönemlerinde sadece belli yerlerde kendini gösteren elektrik üretimi ve yıllık kişi başına düşen 5 kilovat saatlik elektrik tüketimi bu alanda ülkenin yetersizliğini ciddi bir şekilde ortaya koymuştur. İlgili dönemde elektrik konusuna hkmete yoğun bir ilgi gösterilse de maddi yetersizlikler ve olanakların kısıtlı olmasından dolayı, üretim yine

yabancı sermayeli ayrıcalıklı şirketlerce yapılmasını zaruri kılmıştır. 1930'lu yıllara gelindiğinde dönemin hükümeti elektrik enerjisi üretimini, iletimini, dağıtımını düzenlemek ve kaynakların tespitini yaparak elektrik enerjisini halka ulaştırmak için 14 Haziran 1935 yılında 2819 sayılı *Elektrik İşleri Etüt İdaresi Teşkiline Dair Kanunla* Elektrik İşleri Etüt İdaresini kurmuş ve yine 14 Haziran 1935 de 2805 sayılı *Eti Bank* kanununu çıkarmıştır. Dönem boyunca daha önceleri imtiyazlar verilerek üretimine devam eden yabancı sermayeli şirketlere, bedelleri ödenmek suretiyle elektrik konusunda kamulaştırma hareketleri 10 Nisan 1930 yılında 1580 sayılı *Belediye Kanunu* ile belediyelere verilen imtiyazlı şirketleri satın alma hakkı şeklinde başlamış, 1950 yılına kadar bu şekilde devam etmiştir. Bu duruma ilişkili olarak İstanbul Türk Anonim Elektrik Şirketi satın alınmış ve bayındırlık bakanlığı bünyesinde bulunan Elektrik İşleri Umum Müdürlüğüne bağlanarak, 1939 yılında çıkarılan 3645 sayılı kanun ile İstanbul Belediyesine bağlı İstanbul Tramvay ve Tünel İşleri Genel Müdürlüğü tarafından işletilmeye başlanmıştır. Birçok şirket yukarıdaki şekilde kamulaştırılarak halkın hizmetine sunulmuştur. 1950-1960 döneminde ise mevcut hükümet daha liberal bir politika izlemiş ve imtiyazlı şirketlerce elektrik enerjisi yatırımlarına tekrardan başlanmıştır. Çoğu yatırım ihale edilmek suretiyle devam etmiş, yatırım finansmanları ise iç ve dış kaynaklardan sağlanmıştır (YURTOĞLU, 2018, s. 229,233).

Tablo 1: Elektrik Santrallerinde Kurulu Güç, Üretim, Tüketim 1923-1960

Yıllar	Kurulu Güç 10 ³ kW	Bürüt Üretim 10 ⁶ kWh	Tüketim 10 ⁶ kWh
1923	32,8	44,5	41,3
1924	32,9	44,6	41,3
1925	33,4	45,3	41,9
1926	48,6	65,8	60,6
1927	51,9	70,1	63,4
1928	65,9	89,4	81,4

1929	72,1	97,8	88,9
1930	78,0	106,3	96,7
1931	101,9	117,9	106,0
1932	103,3	131,6	117,5
1933	107,8	151,9	136,2
1934	117,4	195,2	157,7
1935	126,2	212,9	199,6
1936	138,5	231,1	206,8
1937	167,1	289,8	257,7
1938	178,5	312,1	279,9
1939	215,6	353,3	316,8
1940	217,0	396,9	359,3
1941	222,0	415,2	377,6
1942	226,7	408,2	372,5
1943	236,4	457,4	395,7
1944	241,9	496,1	429,9
1945	245,9	527,8	459,0
1946	247,5	562,7	487,0
1947	251,4	625,0	541,2
1948	305,5	676,3	585,7
1949	381,8	736,6	633,9
1950	407,8	789,5	678,8
1951	423,2	887,9	764,0
1952	437,8	1020,2	878,5

1953	499,5	1200,8	1012,5
1954	516,9	1402,5	1191,5
1955	611,6	1579,8	1347,3
1956	886,1	1819,1	1544,8
1957	939,4	2056,7	1757,0
1958	1030,0	2303,4	1961,5
1959	1161,0	2587,3	2170,5
1960	1272,4	2815,1	2395,7

Kaynak: (Türkiye İstatistik Kurumu, 2010, s. 221,222).

1923 ile 1950 yıllarını kapsayan dönem incelendiğinde sırasıyla birim bazında değişimler ile yüzdesel değişimlere kurulu güç olarak bakıldığında 375,0 (10^3 kW) birim artarak %1143,2 artmış, brüt üretim olarak incelendiğinde 745,0 (10^6 kWh) birim artarak %1674,1 artmış, tüketim olarak ele alındığında ise 637,5 (10^6 kWh) birim artarak %1543,5'lik artış şeklinde gerçekleşmiştir. Daha liberal olarak gelişen 1950 ile 1960 yılları arasındaki değişimlere yukarıdaki sıralamaya bağlı kalarak baktığımızda ise; kurulu güçte 864,6 (10^3 kW) birim artış yaşanarak %212,0'lik bir değişim oluşmuş, bu durum brüt üretimde 2025,6 (10^6 kWh) birim artışla ve %256,5'lik bir değişimle kendini gösterirken, tüketim tarafı ise 1716,9 (10^6 kWh) birim artarak %252,9'luk bir değişim şeklinde ortaya çıkmıştır.

27 Mayıs 1960 yılında gerçekleştirilen askeri darbe sonrasında kabul edilen 1961 anayasasının 'Sosyal ve Ekonomik Hükümler' başlığı kapsamında devlete kalkınma planlarını hazırlama yükümlülüğü verilmiş ve ekonomide kamu tarafına ayrı bir yer açılarak, planlama anayasal bir mecburiyet haline getirilmiştir (TAKIM, 2011, s. 156). Bundan sonraki dönem planlı dönem olarak geçmektedir. 1963 yılına kadar elektrik konusunda ciddi bir değişiklik veya yenilik yapılmamış, 25 Aralık 1963 tarihinde 4951 sayılı kanunun verdiği yetki çerçevesinde 4-400

sayılı cumhurbaşkanlığı onayı kapsamında enerji ve tabii kaynaklar bakanlığı (ETKB) kurulmuştur (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019). Bakanlığın amacı '*Enerji ve tabii kaynaklarla ilgili hedef ve politikaların, ülkenin savunması, güvenliği ve refahı milli ekonominin gelişmesi ve güçlenmesi doğrultusunda tespitine yardımcı olmak, enerji ve tabii kaynakların bu hedef ve politikalara uygun olarak araştırılmasını, geliştirilmesini, üretilmesini ve tüketilmesini sağlamak...*' (T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi, 1985, s. 1)'tir. 1985 yılında kanun hükmünde bir kararname doğrultusunda DSİ, EİEİ, MTA, Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (PGİM) enerji ve tabii kaynaklar bakanlığı bünyesine girmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi, 1985, s. 7).

Planlı dönemin başı olarak kabul edilen 1963 yılında toplam elektrik üretimi 3983,4 GWh seviyelerin de gerçekleşmekle birlikte nüfusun yalnızca %36,6'lık kısmı elektrikten yararlanabilmiştir. Elektriğin olduğu köy oranı ise %0,70 seviyelerindedir. Köylere elektrik verilmesine ilgili olarak yapılan çalışmalar da planlı dönem ile başlamıştır. 1963-1967 yıllarını kapsayan birinci beş yıllık kalkınma planı çerçevesinde enerji konusunda sorunların çözümlenmesini sağlamak ve gerekli tedbirleri almak ile ilgili çalışmalar yapılmış, elektrik üretimi konusunda ise hidroelektrik potansiyeli üzerinde durulmuş ve elektriğin tek bir kurum tarafından yürütülmesi ile ilgili olarak Türkiye Elektrik Kurumunun (TEK) kurulması kararlaştırılmıştır. Ancak ilk kalkınma planının en önemli hedefi olan ve elektriği tek elde toplayacak olan TEK'in kuruluşu başarılamamıştır. İkinci beş yıllık kalkınma planı doğrultusunda elektrik talebinde %14'lük bir artış yaşanacağı ön görülmüş ve bu doğrultuda hidroelektrik santrallerinin önemi vurgulanarak petrolden daha çok faydalanılması gerektiği söylenmiştir. Nükleer santral kurulması konusunda atılımların yapılması düşünülmüş, elektrik işlerinin tek elde toplanmasına ilişkin olarak birinci planda kararlaştırılan TEK'in kurulması ikinci beş yıllık plan döneminde yer alan 1970 tarihinde 1320 sayılı '*Türkiye Elektrik kurumu Kanunu*' kapsamında gerçekleştirilmiştir. TEK'in kurulmasıyla elektrik üretiminde faaliyet gösteren DSİ, EİEİ ve Etibank gibi kurumların tek elde toplanması amaçlanmış ve TEK bünyesine dahil edilmişlerdir. Ancak belediyelere

ait iletim ve dağıtım tesisleri olduğu gibi kalarak 1982 yılında 2507 sayılı kanun ile TEK'e devredilmiştir. Üçüncü plan döneminde enerji konularına ağırlık verilmiş 1972 yılında elektrik konusunda 'Elektrik Enerjisi Master Planı' hazırlanmış ve elektrikte öz kaynaklardan yararlanılmasının gerektiği vurgulanarak, elektrik ihtiyacının karşılanması açısından güvenilirlik, devamlılık ve ucuzluk ilkleri benimsenmiştir. Köylerin elektrikleendirme girişimleri üzerinde durularak, enterkonnekte sistemin geliştirilmesinin gerekliliği ile hidroelektrik ve termik santrallerin dengesinin iyi kurulmasının önemi açıklanmıştır. Dönemde nükleer santrallerin kurulma konusu yeniden gündeme alınmış ve planlanması hedeflenmiştir. 1973 ve 1977 yıllarının kapsayan üçüncü planlı dönemin en önemli olaylarından biri ise ilgili tarihler arasında patlak veren petrol krizleri olmuştur. Bu durum ekonomiyi ve enerji sektörünü sıkıntılı bir sürece sokmuş ve İlk kez 1975 yılında Bulgaristan'dan elektrik satın alınmıştır (EROL E. , 2007, s. 89,96).

Dördüncü planlı dönem kapsamında elektrik enerjisi talebindeki yıllık ortalama artış oranı %14,4 seviyesinde tahmin edilmiş ve üçüncü planlı dönemin başı olarak kabul edilen 1973 yılından dönemin sonuna kadar olan süre zarfında petrol fiyatlarındaki değişim dört katlık bir artış şeklinde gözlemlenmiştir. Bu durum bağlamında petrol araştırmaları hızlandırılırken alternatif enerji kaynaklarının ve güneş enerjisi ile ilgili çalışmaların yapılması üzerinde durulmuş, ülke içerisindeki enerji açığının kapatılması konusunda linyit üzerinde büyük bir atılım yapılması amaçlanmıştır. 1979 yılında Van ilinin ve 1980 yılında Hakkâri'nin de sisteme bağlanması ile ulusal enterkonnekte sistemin tüm ülkeyi kapsama alına almış olması hedeflenmiştir. Köylerin elektrikleendirilmesi konusunda lokal hidroelektrik santralleri üzerinde durulmuş ve bu santrallerin komple yerli imalatına teşvik ve öncelik verilmesi kararlaştırılmıştır (T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, 1979, s. 400,403).

Tablo 2: 1980'e Kadar Planlı Kalkınma Döneminde Elektrik Üretimi ve Tüketimi

Dönemler	Hedeflenen Elektrik Üretimi (Gwh)	Gerçekleşen Brüt Elektrik Üretimi (Gwh)	Elektrik Tüketimi (Gwh)
Birinci Planlı Kalkınma Dönemi (1963-1967)	6.540	6.206,08	5.069,02
İkinci Planlı Kalkınma Dönemi (1968-1972)	11.850	11.241,09	9.527,03
Üçüncü Planlı Kalkınma Dönemi (1973-1977)	20.330	20.564,06	17.968,08
Dördüncü Planlı Kalkınma Dönemi (1979-1983)	44.600	27.346,08	24.465,01

Kaynak: (T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, 1979, s. 400,403, Türkiye İstatistik Kurumu, 2010, s. 221,222)

Birinci beş yıllık kalkınma planı ile dördüncü beş yıllık kalkınma planı arasındaki süre zarfında gerçekleşen brüt elektrik üretiminde %340,63 , elektrik tüketiminde ise %382,63'lük bir artış gözlemlenmiştir. İlk üç planlı dönemde hedeflenen elektrik üretimi ile gerçekleşen brüt elektrik üretimi arasında çok bir fark oluşmamış ancak dördüncü planlı dönem kapsayan 1979-1983 yılları arasında hedeflenen üretim ile gerçekleşen brüt üretim arasında diğer dönemler baz alındığında ciddi bir fark gözlemlenmiştir.

1982 yılına gelindiğinde askeri yönetim dönemi kapsamında, belediyelerin elektrik dağıtım şebekelerinin de TEK bünyesine katılması ile ülkede kısa bir sürede olsa elektrik alanında kamu tekeli yaşanmıştır. İlerleyen zaman içerisinde kendini gösteren elektrik arz eksikliği ve kamuya ait kaynakların gerekli elektrik yatırımları için yetersiz kalması durumu TEK'in tekel özelliğini yitirmesine neden

olmuş ve özel sektör girişimlerine izin verilmesi kararlaştırılmıştır. 3096 sayılı kanun nezninde Yap İşlet (Yİ), Yap İşlet Devret (YİD), İşletme Hakkı Devri (İHD) ve otoprodüktör modeller vasıtasıyla özel sektör girişimleri teşvik edilmiştir. 1990'lı yıllarda elektrik sektöründe gerekli yatırımların yapılamaması elektrik arz-taleb dengesini hassas bir noktaya getirmiştir (TUTUŞ, 2006, s. 320). 1970 yılında kurulup faaliyete geçen TEK 1993 yılına gelindiğinde 12.08.1993 tarihli ve 93/4789 sayılı bakalar kurulu kararının 1. Maddesi uyarınca; *'Elektrik üretim ve iletim hizmetlerini yapmak üzere Türkiye Elektrik Üretim, İletim Anonim Şirketi ile elektrik dağıtım hizmetlerini yapmak üzere Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi ünvanlı iki ayrı iktisadi devlet teşekkülü kurulmuştur.'* (T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi, 1993, s. 35,36) TEAŞ ve TEDAŞ olarak iki ayrı anonim şirket olarak yapılandırılmıştır. Dönemin sonlarına gelindiğinde elektrtik talebinin belli bir bölümü dışarıdan ithal edilirken aldatıcı veriler çerçevesinde yapılan planlama çalışmaları hidroelektrik santrallerinin geri plana alınıp doğal gazla çalışan santrallerin sayısını arttırmış bu durum enerjide dışa bağımlılık derecesini yükselmiştir (TUTUŞ, 2006, s. 320).

21. Yüzyıla girildiğinde Türkiyede elektrik alanında bir reform süreci başlamıştır. TEK'in 1993 yılında TEAŞ ve TEDAŞ olarak iki ayrı iktisadi devlet teşekkülü halini almasının ardından TEAŞ, 5 Şubat 2001 tarihinde 2001/2026 sayılı kararın 1.maddesince *'Elektrik iletimi, yük tevzii ve işletme planlaması hizmetlerini yürütmek üzere Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, elektrik üretim hizmetlerini yürütmek üzere Elektrik Üretim Anonim Şirketi ve ilgili mevzuata göre elektrik üretim tesisi ve otoprodüktör olarak çalışan kuruluşlardan ve yurt dışından Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca verilecek kararlara uygun olarak elektrik satın alma ve satma, anlaşmalarını yapma ve yürütme görevlerini yerine getirmek üzere Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi ünvanlarında üç ayrı iktisadi devlet teşekkülü kuruması...*' (T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi, 2001, s. 3,5) kararlaştırılarak EÜAŞ, TEİAŞ, TETAŞ şeklini almıştır. Böylelikle elektrik üretim, iletim ve ticareti ile ilgili olarak üç ayrı yeni yapılandırma oluşturulmuş, TEDAŞ ise dağıtım hizmetlerinden sorumlu olarak mevcudiyetini korumuştur.

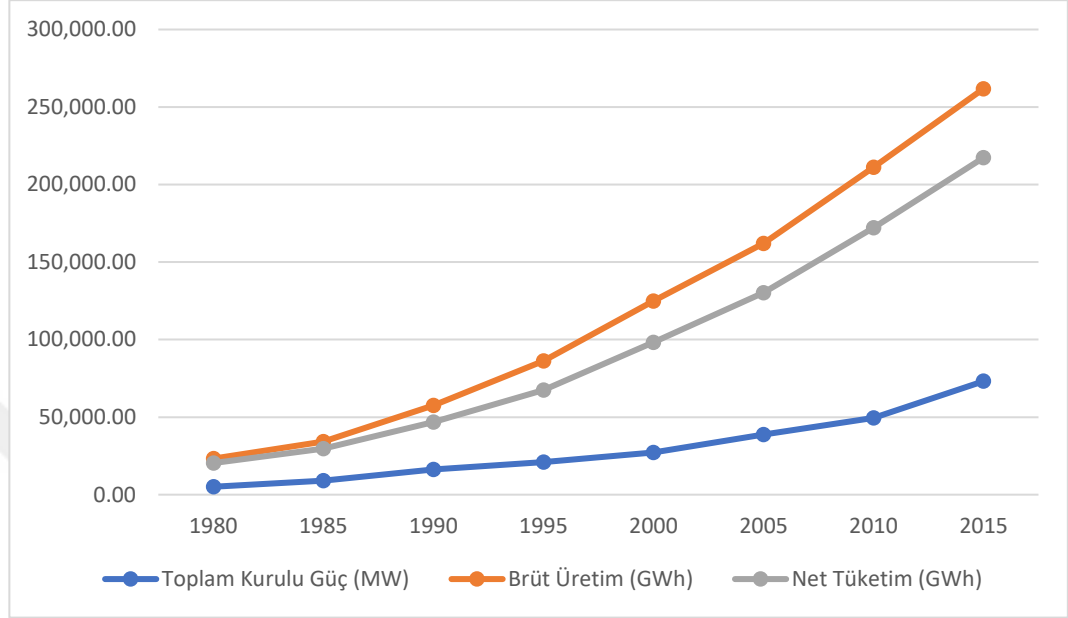
20 Şubat 2001 tarihinde kabul edilen ve 3 Mart 2001 tarihinde yürürlüğe giren 4628 sayılı elektrik piyasası kanunu ile elektrik piyasasında rekabetçi bir yapı amaçlanmış ve kanunun 1. Maddesinde kanunun amacı *‘Elektriğin yeterli, Kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreye uyumlu bir şekilde tüketicilere sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösterebilecek, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir enerji piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin sağlanması...’* (T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi, 2001, s. 1,2) şeklinde belirlenmiştir. Aynı kanuna müteakiben elektrik piyasasını düzenleme amacı ile kamu tüzel kişiliğine sahip mali ve idari özerkliği içerisinde barındıran, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ile ilişkili olarak görev yapan Elektrik Piyasası Düzenleme kurumu oluşturulmuş, 02.05.2001 tarihli 2390 sayılı resmi gazetede yayınlanan ve elektrik piyasasında değişiklik yapan doğal gaz piyasası kanunu ile Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu adını almıştır. EPDK’nın amacı elektrik, doğal gaz, petrol ve LPG piyasasında bağımsız bir düzenleme ve denetim mekanizmasının etkin bir biçimde işlemlerini tesis etmek olarak belirlenmiştir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2018).

Türkiyede elektrik piyasasının yapılanması ile ilgili değişim, 1984 yılında 3096 sayılı karar çerçevesinde uygulamaya alınan Yİ, YİD ve İHD gibi teşvikler ile başlasada, bu durum dikey bütünleşik bir yapı sergileyen elektrik piyasasının yapısında ciddi bir değişim yaratmamıştır. Asıl reform özelliği taşıyan yasa 2001 yılında yürürlüğe giren 4628 sayılı kanun ile mümkün olmuştur. Yasa ile birlikte dikey bütünleşik yapıda bulunan elektrik piyasası ayrıştırılarak, elektrik üretim ve satış faaliyetlerinin rekabet ortamında gerçekleşmesi, doğal tekel niteliğinde olan elektrik iletim ve dağıtım hizmetlerinin ise düzenlenmesi ile Türk elektrik piyasasında reformist bir duruma geçilmiştir (ÇETİNTAŞ & BİCİL, 2015, s. 10,11).

Türkiyede elektrik piyasasının işleyişi ile ilgili olarak yapılan son çalışma 30 Mart 2013 tarihli resmi gazete yayınlanmış olan 6446 sayılı elektrik piyasası kanunu ile yapılmış, bu kanun çerçevesinde organize toptan elektrik piyasalarının

işletimlerinin yapılması ve mali açıdan karşılaşılabilecek olumsuzluklara karşı mali uzlaştırma işlemleri ve ilgili uygulamalar kapsamına giren diğeri mali işlemler piyasa işletim işlemi olarak değeriendirilmiş ve bu faaliyetleri yürütmek amacı ile kanun kapsamında Enerji Piyasaları İşletme Anonim şirketi kurulmuştur (BİCİL, 2015, s. 30). EPİAş'ın amacı ve temel faaliyeti *'Piyasa işletim lisansında yer alan enerji piyasalarının etkin, şeffaf, güvenilir ve enerji piyasasının ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde planlanması, kurulması, geliştirilmesi ve işletilmesidir. Eşit taraflar arasında ayırım gözetmeden güvenilir referans fiyat oluşumunun temin edilmesi ve artan piyasa katılımcı sayısı, ürün çeşitliliğı ve işlem hacmiyle likiditenin enüst düzeye ulaştığı, piyasa birleşmeleri yoluyla ticaret yapılmasına imkan tanıyan bir enerji piyasası işletmecisi olmak..'* (Enerji Piyasaları İşletme Anonim şirketi, 2020)tır. EPİAş, Borsa İstanbul Anonim şirketi ile TEİAş kapsamı dışında kalan ve elektrik piyasası kanununa dahil olarak işletilen organize toptan elektrik piyasalarının işletiminde görev yapmaktadır. Günümüz Türkiyesinde elektrik ticareti 6446 sayılı kanun kapsamında devam etmekte olup, üretim çalışmaları lisans şartlarında kamu kuruluşları, özel sektöre bağılı üretim şirketleri ve organize sanayi alanları ile gerçekteleştirilmekte, iletim çalışmalarını TEİAş üstlenmiş olup, dağıtım ise lisansı verilen dağıtım şirketleri lisansında belirtilen bölgelerinde faaliyetlerini yürütmektedir (BİCİL, 2015, s. 30).

Şekil 1: Beşer Yıllık Arayla 1980-2015 Arası Türkiye Elektrliğinde Kurulu Güç, Brüt Üretim ve Net Tüketim Değişimi



Kaynak: (Türkiye İstatistik Kurumu, 2019)

1980’den günümüze kadar geçen sürede Türkiye’de elektrik alanında kanun ve uygulamalar bazında ciddi bir değişim yaşanmıştır. Kamu tekeli olarak görülen alan serbest ve rekabetçi bir ortama adapte edilmeye çalışılmış ve bu kapsamda reformist bir süreç izlenmiştir. Yukarıdaki veriler ışığında Türkiye’de elektrik üretiminde kullanılan satrallerin toplam gücünde 1980’den 2015’e kadarki sürede %1329,00 oranında artış gözlemlenirken bu durum brüt üretim ve yapılan net tüketimde sırasıyla %1024,72 ve %965,35 oranında bir artış şeklinde kendini göstermiştir. Bu başlık çerçevesinde Türkiye’de elektrik tarihi’nin gelişimi konusuna değinilmeye çalışılmıştır. Türkiye’de elektrik üretimi ve tüketimi tezin ikinci bölümünde daha detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

1.4. Elektrğin Hukuki Niteliği

Elektrik enerjisi doğada olduğu gibi bulunan birincil enerji kaynaklarının işleminden geçirilmesi sonucu ortaya çıkan ikincil bir enerji kaynağıdır. Diğer ticari ürünlerden farklı olarak, elektrğin belli alanlarda yerinin doldurulamaması,

depolanmasının çok geniş fiziki hacimler sayesinde olması ve yüksek maliyetler ile ekonomik anlamda kabul edilememesi, üretimi ile tüketiminin eşzamanlı gerçekleşmesi, homojen yapıda bulunması ve kim tarafından üretildiğinin bilinmemesi ile talebinin fiyat ve gelir elastikiyetinin düşük olması, tam ikamesinin güç olduğunu göstermektedir. Elektrik endüstrisi; elektriğin özelliklerinden dolayı klasik piyasa yapılarından farklı olarak rekabetçi ve rekabetçi olmayan özellikleri bünyesinde barındırmaktadır (YAVUZ, 2011, s. 19,21). Evrensel niteliğe sahip olan elektriğin hangi hukuki rejime bağlı olacağının belirlenmesi açısından, bir mal olarak mı yoksa bir hizmet olarak mı değerlendirilmesi gerektiğinin açıklanması ve anlaşılması gerekmektedir (IŞIKSUNGUR, 2011, s. 96).

Yukarıda belirtilen özelliklerden anlaşılacağı gibi elektrik diğer mal ve hizmetlerden farklı bir konumdadır. Bundan dolayıdır ki elektriğin mal olarak mı hizmet olarak mı değerlendirilmesi gerektiği önemli bir konudur. Elektrik, Avrupa hukuku ve üye ülkelerin hukuk sisteminde ‘mal’ olarak nitelendirilmiştir. Bu duruma örnek olarak iç pazarın temel serbestleri arasında yer alan malların serbest dolaşımı ilkesince alınan kararlardan; Avrupa adalet divanının *Almelo* kararının 28. Paragrafına ve *commission v italy* kararının 17. Paragrafında Avrupa topluluğu antlaşmasının 30. Maddesince elektrik bir ‘mal’ statüsünde değerlendirilmiştir. Elektriği kendi başına ‘mal’ olarak değerlendiren Avrupa hukuku, ‘enerji tedariki’ ve nihai kullanıcıya pazarlanması konusunu da hizmet olarak ele almıştır (IŞIKSUNGUR, 2011, s. 97,98).

Türkiye’de elektrik hukuki açıdan; 4721 sayılı Türk Medeni Kanun 762. Maddesi uyarınca ‘*Taşınır mülkiyetin konusu, nitelikleri itibari ile taşınabilen maddi şeyler ile edinmeye elverişli olan ve taşınmaz mülkiyetin kapsamına girmeyen doğal güçlerdir*’ (T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi, 2001). İfadesi ile ‘taşınır mal’ statüsünde değerlendirilmiş, aynı zamanda 5237 sayılı Türk Ceza Kanun onuncu bölümünde yer alan ‘Mal Varlığına Karşı Suçlar’ kapsamına giren hırsızlık suçunun altında bulunan 141. Maddenin 2. Fıkrası gereğince ‘*Ekonomik bir değer taşıyan*

her türlü enerjide taşınır mal sayılır' (ŞEN, 2012, s. 322) şeklinde tanımlanmıştır. Bir diğer hüküm ise 6502 sayılı Tüketicinin Korunması Hakkında Kanunun 3. Maddesinin 'h' bendince elektriğin mal sayılmasıdır (DEVİR, 2017, s. 19).

Toplumsal ihtiyaçların, önceliklerine göre bir sıralamaya tutulduğunu varsayacak olursak kuşkusuz ki elektrik enerjisi sırlamada ön sıralarda kendine yer bulacaktır. Elektrik, niteliği gereği bireysel ihtiyaçların karşılanmasındaki rolünün yanı sıra sanayi faaliyetlerinin devamlılığındaki katkısı da düşünüldüğü vakit ikamesi fazla mümkün olmayan bir girdi konumundadır. Genel olarak elektrik enerjisini üretim, iletim, dağıtım ve ticaret başlıkları altında toplamamız mümkün olmakla beraber, ilgili hizmetlerin sektöre uğramasının alternatif maliyetleri yıkıcı olacağı için elektrik enerjisi ile bağlantılı faaliyetlerin belli bir uyum içerisinde yürütülmesi gerekmektedir (GÖNEN, 2010, s. 374,375). Bu durum elektrik enerjisinin kamusal bir hizmet vasfında olup olmadığının değerlendirilmesi gerekliliğini doğurmaktadır.

Elektriğin 'kamu hizmeti' olarak benimsenmesi ile ilgili durumu ele alacak olursak öncelikle kamusal hizmetin tanımı ile yola çıkmak gerekecektir. Kamusal hizmetin tanımı ile ilgili olarak birçok hukuki tartışmalar bulunmakla beraber, kamusal hizmeti ülkemizdeki öğretide genel olarak *'Devlet ve diğer kamu tüzel kişileri tarafından veya bunların gözetimi ve denetimi altında genel, kollektif ihtiyaçları karşılamak, kamu yararı sağlamak için kamuya sunulmuş sürekli ve düzenli faaliyetler...'* (EROL G. S., 1999, s. 5) şeklinde tanımlamak mümkündür. Bir işin kamu hizmeti sıfatı taşımasının koşulu olarak, anayasanın 48. Maddesi olan anayasal hak ve özgürlüklerin içine giren çalışma ve sözleşme özgürlüğünün, özel girişim hürriyeti ile mülkiyet hakkının, kısıtlanması durumunun bulunmasından kaynaklı olarak yine anayasanın 123. Maddesince kamu hizmeti vasfı taşıyacak olan işin idaresinin, yapısının ve ödevlerinin kanunla hazırlanması gerekmektedir. Elektrik enerjisi üretimi, iletimi, dağıtımı ve ticareti ile ilgili faaliyetler daha önceki kanunlar ile kamu hizmeti olarak değerlendirilmiştir (AYANOĞLU, 2000, s. 70). Keza 20 Temmuz 1966 yılında kabul edilen 775 sayılı gecekondan kanunun 24.

Maddesinde geçen '*yol, kaldırım, kanalizasyon, su, elektrik gibi kamu hizmet ve tesisleri...*' (T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi, 1966, s. 3) ibaresi ile elektrik enerjisi kanunen kamu hizmeti sayılmıştır.

Kamu hizmeti vasfındaki elektrik faaliyetlerinin özel şahıslara gördürülmesine ilişkin olarak kamu hizmeti imtiyaz sözleşmeleri, 4 Aralık 1984 tarihinde çıkan 3096 sayılı '*Türkiye Elektrik Kurumu dışındaki kuruluşların elektrik üretimi, iletimi, dağıtım ve ticareti ile görevlendirilmesi hakkındaki...*' kanunla yapılandırılmış ve bu kapsamda özel teşebbüsler kendilerine verilen görev bölgelerinde elektrik üretim müsaadesi sözleşmesi, işletme hakkı devri sözleşmesi gibi sözleşmeler kapsamında ilgili kamu hizmetini ifa etmelerine olanak sağlanmıştır. Kamusal hizmet olan elektrikle ilgili bir başka imtiyaz sözleşmesi ise 16 Temmuz 1997 tarihinde çıkan 4283 sayılı '*Yap – İşlet modeli ile elektrik enerjisi üretim tesisinin kurulması ve işletilmesi ile enerji satışının düzenlenmesi hakkında...*' ki, kanun kapsamında gerçekleşmiştir (AYANOĞLU, 2000, s. 70).

İlerleyen yıllarda elektrik faaliyetleri 20 Şubat 2001 tarihinde kabul edilen 4628 sayılı kanunun 2. Maddesinde '*üretim, iletim, dağıtım, toptan satış, perakende satış, perakende satış hizmeti ve ithalat-ihracat...*' (TBMM, 2001) olarak düzenlenmiş ve aynı maddenin 'b' bendinde iletim tarafının; TEİAŞ tarafından yürütülen doğal tekel özelliği arz eden bir faaliyet olması kararlaştırılarak, iletim hattından yararlanmak isteyen tüm eşit tarafların aralarında ayırım gözetmeksizin mevzuata uygun olarak faydalanmalarına olanak sağlanmıştır. İlgili kanun 2. Maddesinin 'c' bendinde dağıtım faaliyetleri ise, gerekli lisansları alan tüzel kişilerin kendilerine tesis edilen bölgelerde dağıtım görevlerini ifa edebilecekleri gibi görev bölgelerindeki tüketicilere perakende satış ve perakende satış hizmeti sunmalarının yanı sıra, dağıtım sisteminden faydalanmak isteyen eşit taraflara aralarında ayırım gözetmeksizin bu taraflara dağıtım ve bağlantı hizmetlerini sunabilecekleri şekilde düzenlenmiştir. Toptan satış faaliyetleri ise aynı maddenin 'd' bendinde ele alınmış ve bu faaliyetlerin mevzuata uygun olarak, Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt Anonim Şirketi ve özel toptan satış şirketlerince gerekli

izinlerin alınması suretiyle gerçekleştirilmesi karara bağlanmıştır (TBMM, 2001). Aynı kanun çerçevesinde yukarıda belirtilen faaliyetlerin denetlemesi ve düzenlemesi için bağımsız bir idari otorite olarak, Elektrik Piyasası Düzenleme Kurumu kurulmuş ve daha sonradan ismi Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu olarak değiştirilerek görevlerinin devam ettirilmesi sağlanmış ancak son şeklini günümüzde kullanılan 6446 sayılı elektrik piyasası kanunu ile almıştır (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2018).

Türkiye de elektrik enerjisini ve faaliyetlerini bir hizmet olarak ele aldığımızda; kamu ve özel teşebbüslerce belli kıstaslar nezdinde yürütülen, bağımsız bir idari otorite tarafından denetlenen ve gerekli yükümlülüklerin yerine getirilmemesi durumunda yaptırım uygulanan, uygun, kaliteli ve sürekli olmakla mükellef bir kamu hizmeti olarak inceleyebiliriz. Bununla beraber elektrik enerji faaliyetlerinin teferruatlı olarak ele alındığı 2001 tarihli 4628 sayılı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun'un 2. Maddesi günümüze kadar beş defa değişime uğramış ve son halini 2013 yılında yürürlüğe giren 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun 30. Maddesi ile almıştır.

Avrupa birliği hukuku 'kamu hizmeti' kavramı yerine farklı bir kavram olan evrensel hizmet kavramını kullanmıştır. Evrensel hizmeti; Ayrıcalıksız olarak herkese belli bir standartta, makul bir fiyattan, devamlı ve belli bir düzen içerisinde sunulması ile yükümlü olunan, çağdaş bir birey için vazgeçilmesi olanaksız olan minimum ortak ihtiyaç olarak tanımlaya biliriz. Avrupa Birliği kuruluşları kamu hizmeti niteliğindeki işlerin, mecbur kalınmadıkça devlet tarafından işletilmemesi gerektiğini ve devletin buradaki varlığının sadece regülatör görevinde bulunması gerektiğini vurgulamıştır (ULUSOY, 1999, s. 169,170). Genel olarak telekomünikasyon alanında ortaya çıkan evrensel hizmet kavramı doğal tekel niteliği olan birçok sektöre uyarlanmıştır. Eijk'e göre evrensel hizmet yalnızca telekomünikasyon sektörünü değil elektrik ve su gibi birçok sektörü de kapsamaktadır (Eijk, 2004, s. 7).

1.5. Elektrik Üretim Yöntemleri

Hayatımıza girdiği günden beri gündelik yaşamımızda vazgeçilmez bir yer edinen elektrik enerjisi, gerek bireysel anlamda gerekse toplumsal anlamda refah artışında önemli bir konumdadır. Gelişen teknolojiler yaşam kalitemizi yükseltip hayatımızı daha kolay ve verimli kılarken enerji ihtiyacını da beraberinde getirmektedir. İkincil bir enerji kaynağı olan elektrik enerjisi bu ihtiyacın başında yer alarak adeta lokomotif görevini üstlenmiştir. Başka kaynaklardan yararlanılarak üretilen elektrik zaman içerisinde, dünyanın gelişimi ile kullanım alanını ve miktarını da arttırmıştır. Bağımlılık oranı artan elektrik enerjisine sahip olmak için, insanlık zaman içerisinde farklı yöntemler geliştirmiş ve bu durum ilerleyen süreçte gelişen teknolojiyle beraber temiz enerji üretim yöntemleri olan yenilenebilir kaynaklı üretim santrallerine kadar gelişim kaydedilmiştir. Yenilenemez kaynaklı üretim santralleri ile üretim günümüzde hala aktif ve büyük oranda kullanılsa da çevreye ve canlılara karşı ciddi olumsuzluklar taşımasından dolayı, alternatif üretim yöntemleri gün geçtikçe yeşil enerji üzerinde yoğunlaşmaktadır. Özellikle artan nüfus ile daha sağlıklı hale gelen yaşam standartları ve mevcut santrallerde kullanılan girdilerin sonlu fosil kaynaklı olması, yenilenebilir enerjiye dönüşümün önemli etkenlerinden biri olarak yer alırken mevcut çevre politikaları da kanunlar kapsamında süreci destler nitelikte şekillenmeye başlamışlardır. Tezin bu başlığında elektrik üretim santralleri yenilenebilir ve yenilenemez olmalarına göre incelenecektir.

1.5.1. Yenilenemez Enerji Kaynaklarıyla Elektrik Enerjisi Üretimi

Enerji kaynakları, uygun işleme alındıkları zaman enerji açığa çıkaran kaynaklardır. Yenilenemez olarak nitelendirilen enerji kaynakları ise çekirdek bazlı veya fosil bazlı olarak sınıflandırılmaktadır. Kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer kaynaklar yenilenemez enerji kaynakları sınıfını temsil ederler (KOÇ & ŞENEL, 2015, s. 33). Klasik enerji kaynakları olarak da adlandırılan bu kaynaklar yaşamımızda önemli bir yer teşkil etmektedir. Özellikle fosil yakıtlar olarak sınıflandırılan kömür, petrol ve doğalgaz son iki yüz yılda ekonomikliği ve imalat

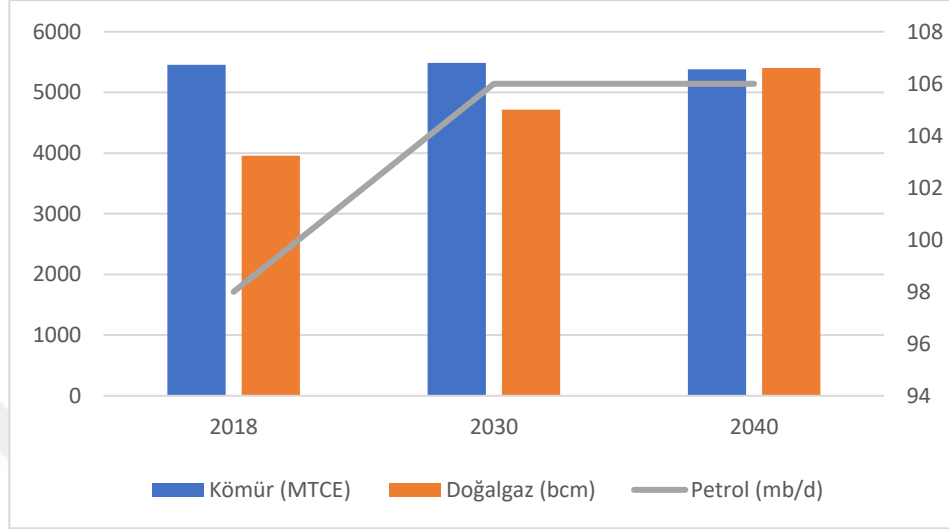
sektöründeki gelişmelerle beraber kendine geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Dünyanın enerji ihtiyacı ciddi bölgesel farklılıklara karşın, ekonomik büyüme, teknolojik ilerlemeler, nüfus artışıyla beraber aynı doğrultuda artmaktadır (YILMAZ M. , 2012, s. 34). Yapılan ön görülerde 2040 yılına kadar dünya nüfusunun 9 milyara ulaşacağı tahmin edilmiş ve bu durum enerji arzında 1,9 milyar insanlık bir artış gerekliliği şeklinde yorumlanmıştır. Yapılan tahminler çerçevesinde, nüfus oranında yaşanması beklenen artışın %90'nın OECD dışı ülkelerde gerçekleşeceği ve ilgili ülkelerin küresel GSYİH artışına %70, toplam enerji talebindeki artışa ise %90'nın üzerinde bir katkı sağlayacağı beklentisi ortaya çıkmıştır. Konuyla ilgi olarak yazılan bütün senaryolar incelendiğinde 2040 yılına kadar olan sürede enerji talebinin karşılanması hususunda, kömür ve petrolün paylarının azalacağı ön görülmekle beraber fosil kaynakların egemen enerji girdiler olarak yerlerini koruyacağı kanısı oluşmuştur. Birincil enerji kaynaklarındaki payı %81'i bulan fosil yakıtların, 2040 yılındaki paylarının şuandaki politikaların devamı ettiği varsayımı altında %79'a, yeni politikaların gelişimi ile devam edildiği yaklaşıma göre %75'e, son olarak ise dünya enerji ajansının karbon emisyon çözümlerini incelediği 450 ppm senaryosuna göre %60 oranlarına kadar gerileyeceği tahmin edilmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, 2016).

2040 senaryosunda kömürün payı birincil enerjide, yürürlükteki politikalar ile devam edildiğinde %28,6, yeni geliştirilecek politikalar çerçevesinde %24,6, ppm senaryosuna göre ise %16,4 iken petrol ile doğalgaz oranları sırasıyla ilk iki senaryo kapsamında kömür oranları baz alındığında ciddi bir değişikliğe uğramamakla beraber ppm senaryosuna göre, petrol ve doğalgazın birincil enerjideki payının %22 seviyelerinde olacağı ön görülmüştür. Nükleer enerji ele alındığında ise birincil enerjideki payı 2016 yılı itibari ile %4,8 iken, bu durumun 2040 yılına gelindiğinde yürürlükteki politikalara devam edildiği varsayımına göre %5,3, yeni politikalar senaryosu baz alındığında %6,7, ppm senaryosuna göre ise %10,7 oranlarına yükseleceği düşünülmektedir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, 2016).

Küresel elektrik üretiminde ise talep tarafının ortalama olarak yıllık %2,3 oranında artacağı tahmin edilmekle birlikte, 2040 yılına gelindiğinde toplam talebin %80 oranında artmış olacağı kanaatine varılmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı, 2017). Elektrik üretiminde kullanılacak olan enerji miktarının yılda ortalama olarak %2 civarında artacağı düşünülerek, 2040 yılına gelindiğinde %70 bir artış yaşanmış olacağı ön görülmüş ve bu artışın evrensel enerji büyüme oranının %42'sine karşılık geleceği hesaplanmıştır (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, 2016).

Yakıt gruplarının geleceğinin ilerleyen dönemlerde nasıl şekilleneceği ile ilgili çalışmalar yapan kurumların başında uluslararası enerji ajansı gelmektedir. Ajans yaptığı çalışmada, gruplara ayırdığı fosil yakıtları 2030 ve 2040 senaryosuna göre belirlenen politikalar ve sürdürülebilir kalkınma politikaları kapsamında iki şekilde incelemiştir. Yapılan çalışmaya göre belirlenen mevcut politikalar ile dünya toplam kömür talebinde ciddi bir değişme yaşanmazken, 2018 ile 2040 yılları arasındaki dönem incelendiğinde grafik verilene göre doğalgaz talebinde %36,6'lık bir artış yaşanacağı tahmin edilmiştir. Toplam petrol talebinde ise 2018 – 2030 yılları arasında, grafik verilerince %8,16 oranında bir artış yaşanırken 2030 – 2040 döneminde ise toplam talep bazında bir değişme olmamıştır.

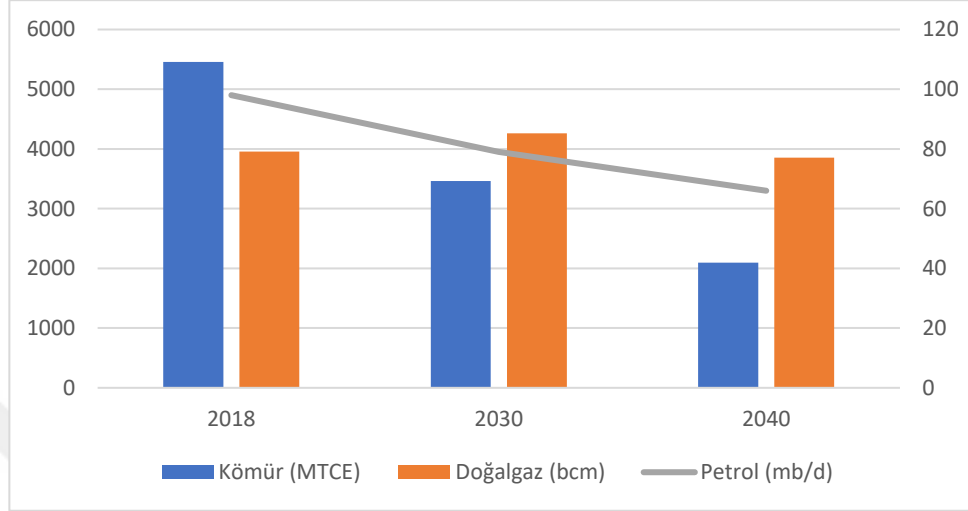
Şekil 2: Belirlenen Politikalar ile Temel Fosil Yakıtların Toplam Talep Projeksiyonları



Kaynak: (İnternational Energy Agency: IEA, 2019)

Çalışmanın ikinci kısmını kapsayan sürdürülebilir kalkınma politikaları düşünülerek yapılan tahminlere göre, temel fosil yakıtlarda 2018 – 2040 yılları arasında toplam kömür talebinde grafik verilerince %61,63'lük bir azalış yaşanırken, bu durum kendini doğalgaz talebinde 2018 – 2030 yılları arasında %7,81 oranında bir artış olarak göstermiş, 2030 – 2040 yılları arasında ise %9,59 oranında bir azalış sergilemiştir. Toplam petrol talebinde ise devamlı bir düşüş yaşanmış ve 2018 – 2040 dönemi arasında toplamda %32,65'lik bir talep azalışı yaşanacağı tahmin edilmiştir.

Şekil 3: Sürdürülebilir Kalkınma Politikaları ile Temel Fosil Yakıtların Toplam Talep Projeksiyonları



Kaynak: (İnternational Energy Agency: IEA, 2019)

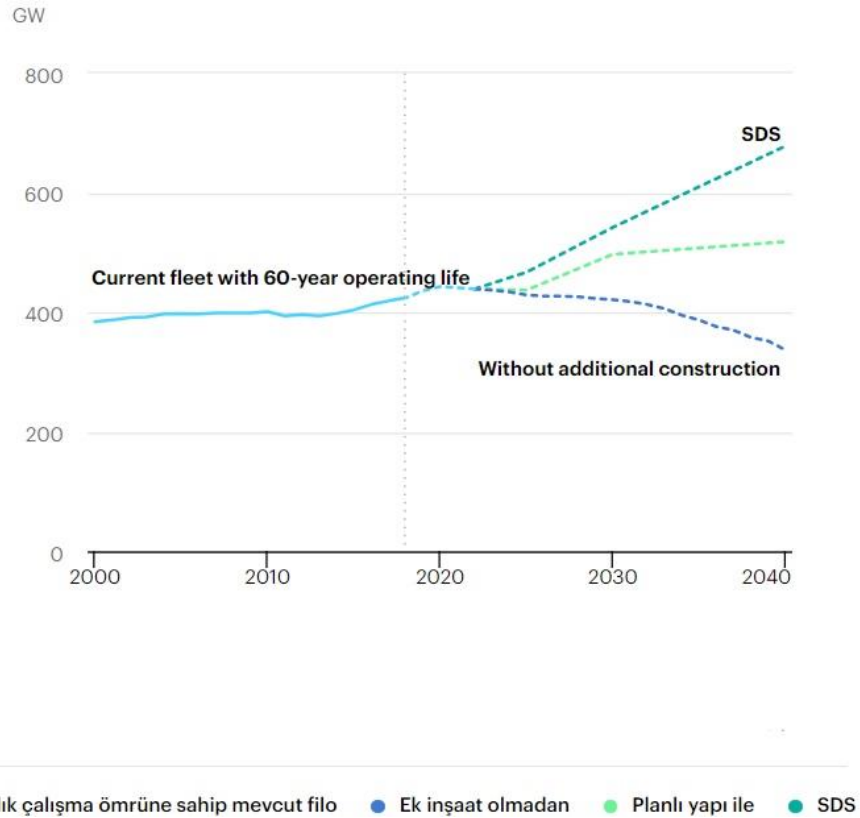
Çekirdek bazlı olan fosil yakıtların temsili ise nükleer güç santralleri ile olmuştur. 2018 yılında 11,2 GW'lık ek bir nükleer kapasitenin şebekeye bağlanması ile 1989'dan bu yana en büyük kapasite artışı gerçekleşmiştir. Mevcut politikalar ile ilerlenmesi durumunda 2030 da 512 GW olması beklenen nükleer gücün, sürdürülebilir kalkınma senaryosuna göre ise 2030 yılındaki kapasitesi 497 GW olarak ön görülmüştür. Türkiye'nin de 2018 yılında Akkuyu nükleer santrali ile dahil olduğu nükleer program birçok ülke tarafından, yeni santrallerin inşası ve mevcut kapasite ile çalışma ömrünün arttırılması şeklinde devam etmektedir. Politik olarak ise hükümetlerin nükleer programlar ile ilgili siyasi taahhütleri, iklim değişikliği ve enerji arz güvenliği konularındaki uzlaştırma çabaları, birçok ülkede nükleer politikada belirsizlik yaratmakla birlikte konuyla ilgili yatırımları da olumsuz yönde etkilemektedir. Programa yeni dahil edilen projelerin azlığı dikkat çekerken nükleer kapasitede küresel yatırımların yetersiz kaldığı vurgulanmış ve sürdürülebilir kalkınma senaryosun gerçekleştirilebilmesi için ise 2040 yılına kadar ki dönemde 1,5 trilyon dolarlık bir yatırım gerekliliği vurgulanmıştır (İnternational Energy Agency: IEA, 2019).

2018 yılı itibari ile 450 adet olan operasyonel nükleer güç reaktörünün yıl sonu toplam kurulu güç kapasitesi 396 GW olarak hesaplanmış, 2018 yılında operasyonel reaktörlerce üretilen elektrik oranı ise %2,4'lük bir artış göstererek 2563 TW/h seviyesine yükselmiştir. Bu oran dünya toplam elektrik üretiminin %10'una tekabül etmektedir (İnternatioanal Atomic Energy Agency: IAEA, 2019). Bazı devletler (Almanya, Belçika, İsviçre) ülkelerinde bulunan kurulu nükleer enerjiyi kaldırma veya tükettikleri toplam enerji içindeki payını düşürme (Fransa) gibi hedefleri olduğunu açıklarken, diğer devletler ise planlarının aksaklığa uğramaması ve konuyla ilgili belirledikleri hedeflere ulaşılması için nükleer enerjiyi destekleyeceklerini vurgulamışlardır. Konuyla ilgili politikaların belirsizlik yaratması endüstriyel yatırımı etkilemektedir. Özellikle elektrik piyasası belirsizlikleri, yatırımcıların nükleer güç ile yapacakları üretim miktarı tahminlerini olumsuz yönde etkilemekte ve yatırım kararlarının kârlılığının şüpheli hale gelmesine neden olmaktadır. Teknolojik açıdan ise endüstri katılımının yetersizliği, yeni santrallerin üretim maliyetinin belirsizliğinde artış etkisi yaratırken santrallere verilen lisansların bölgesel ve küresel bir uyum çerçevesinde olmaması üreticilerin lisanslarını proje süresinin uzamasına sebep olacak şekilde belli aralıklar ile yenilemeleri durumu ile ulusal yasa ve standartlara bağlı kalmaları koşulunu beraberinde getirmektedir (İnternational Energy Agency: IEA, 2019).

Yukarıdaki durumlardan dolayı elektrik piyasası belirsizliklerinin giderilmesi, endüstriyel katılımın artırılması, uluslararası bir lisanslama çerçevesinin oluşturulması gibi konular ve türevlerinin aksayan yanlarının çözülmesi geleceğe ilişkin hazırlanan senaryolara daha güçlü ve yol gösterici bir nitelik kazandıracaktır. Uluslararası enerji ajansının yapmış olduğu çalışmaya göre şekil 4 te gösterildiği üzere ilerleyen yıllarda nükleer kapasitede, 2000 yılı başlangıç baz alınarak bakıldığında 60 yıllık ortalama çalışma ömrüne sahip olan mevcut nükleer güç kapasitesinin herhangi bir ek kapasite yapılarak düzenlenmediği varsayımı altında, 2040 yılına kadarki süreç içerisinde son yıl itibari ile 350 GW altına ineceği, planlı yapılaşma ile yaklaşık olarak 2018 yılı toplam nükleer kapasitesinin; ajansın resmi web sitesindeki grafik verileri (2018) baz alınarak

hesaplandığında %22,1 oranında artacağı, sürdürülebilir kalkınma senaryosu (SDS) uygulandığında ise kapasite artış oranının 2018 verisine göre yaklaşık olarak %60 oranında gerçekleşeceği ön görülmektedir.

Şekil 4: Senaryoya Göre Küresel Nükleer Kapasite, 2000-2040



Kaynak: (International Energy Agency: İEA, 2019)

1.5.1.1. Termik Santrallerle Elektrik Enerjisi Üretimi

Termik santraller; işlenmemiş bir enerji kaynağından, yüksek ısı ve basınç ile buhar elde edilmesi ve bu buhar sayesinde buhar türbinlerinin tahrik edilmesi neticesinde, jeneratörün döndürülmesiyle elektrik enerjisi üretiminin gerçekleştiği santrallerdir. Termik santraller yakıt olarak katı, sıvı, gaz formundaki yakıtları kullanarak yakıtların içinde bulundurduğu kimyevi enerjiyi ısı enerjisine, ısı enerjisini ise mekanik enerjiye ve son olarak da dönüşüm zincirini mekanik enerjiden elektrik enerjisine dönüştürmek şeklinde tamamlamaktadır. Bu tip

santraller de yakıt olarak katı yakıtlar içerisinde linyit, taşkömürü, çöp gibi yakıtlar kullanılabilirken, sıvı yakıtlar grubunda ise fuel-oil yakıtlar, gaz bazlı yakıtlarda ise doğalgaz, baca gazı ve türevi gazları kullanabilirler, tüm bunlara ek olarak ise termik santraller türüne göre nükleer ve sentetik yakıtlar da kullanabilmektedirler. Kurulacak olan bir termik santrallerde kurulacağı yerim seçimi önemli olduğu gibi yer seçimi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. İlgili faktörlere örnek olarak hammadde kaynağına yakınlık, kaynağın santralle ulaşım şekli ve en önemli faktörlerden biri ise çevresinde olacak olan soğuk bir kaynağın varlığıdır. Eğer ki soğutma kaynağının bir akarsu olması durumu söz konusu ise güçlü bir debi koşulu doğmaktadır. Bu sebebe bağlı olarak büyük ölçekli termik santraller deniz kıyıları yahut büyük akarsu kenarlarında kurulmaktadır. Santrallerin çevresinde yarattığı ısı artışı doğal çevrenin sağlığını ciddi derecede etkilediğinden su kaynağının az olduğu ancak termik santrallerin çok sayıda bulunduğu bölgelerde kurulan santrallerde, atmosferik soğutma sistemi olarak geçen hiperbol şeklindeki soğutma kulelerinden yararlanılır (KOCAMAN, 2017, s. 23,24).

1.5.1.1.2. Termik Santrallerin Yarattığı Çevre Sorunları

Termik santrallerin elektrik üretiminde kullandıkları yakıt seçimi üretim süresi boyunca bir takım avantaj ve dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Yakıt seçimi santralin çalışma şeklini, üretim maliyetini, çalışacak işçi sayısı gibi birçok faktörü etkilemektedir. Özellikle kömür ve linyit bazlı çalışan termik santral tiplerinin kalitesiz linyit kömürü, kömür tozu ve fuel – oil gibi yakıtların kullanımı açısından uygun olması bu tür termik santralleri türevlerine göre ekonomik kılmaktadır. Bu nedenler doğrultusunda kömür ve linyit bazlı termik santral tipleri ülkemiz elektrik üretiminde ciddi bir paya sahiptir. Petrol bazlı çalışan termik santral tiplerinde petrol fiyatlarının çeşitli sebeplere bağlı olarak dalgalanmasının, maliyet istikrarını tehlikeye atması ve mevcut duruma göre maliyetlerde artış sergilemesi, elektrik fiyatlarında da yukarı doğru bir hareketlenme yaratabileceğinden seçilen bu yakıt türü termik santraller için dezavantaj olabilmektedir (ALİOĞLU, 2010, s. 9).

Türkiye fosil yakıtlar içerisinde doğalgazda da petrolde olduğu gibi rezerv bakımından neredeyse yok denilecek bir paya sahiptir. Enerji ihtiyacının büyük bir bölümünü doğalgaz ile sağlayan ülkemiz için bu durum ciddi bir dışa bağımlılık yaratmaktadır. Türkiye de özellikle elektrik enerjisi üretiminde kayda değer bir doğalgaz oranının kullanılması bunun yegâne sebeplerinden biridir (KARAHAN, 2014, s. 28). Petrol bazlı yakıt kullanan termik santrallerdeki dezavantaj kendini burada da göstermektedir. İthal kaynaklı doğalgaz fiyatlarında meydana gelecek olan bir fiyat artışı, elektrik fiyatları üzerinde de belirleyici bir rol oynayacaktır. Bu durumda doğalgaz yakıtlı termik santralleri için bir dezavantaj oluştursa da Türkiye'nin coğrafi konumu gereği ilgili hammadde kaynağına olan yakınlığı ise önemli bir avantajdır. Santrallerin seçtikleri yakıt türüne göre en önemli sorunlarından biri ise çevre ve canlı sağlığı üzerindeki etkileridir. Bu etkiler hava kirliliği, su kirliliği ve toprak kirliliği olmakla beraber canlılar üzerindeki etkileridir.

1.5.1.1.2.1. Termik Santrallerin Yarattığı Hava Kirliliği

Termik santrallerin çevre sorunlarından biri olan hava kirliliği, santral bacalarınca salınan gazlarla oluşmaktadır. Ülkemizde bulunan linyit kaynaklarında radyoaktif madde ve kükürt oranının yüksek olması bu maddelerin, baca gazları sayesinde partikül olarak doğaya karışmasına neden olmaktadır. Termik santrallerin bacalarından salınan sakıncalı gazlardan biri olan kükürt, santral bacalarına uygulanan '*Baca Gazı Desülfirizasyon*' sistemlerince %99 oranına kadar önlenebilmekte, ancak bu sistemler azot oksitleri, karbondioksit ve karbon monoksitler ile kömür içerisinde bulunan radyoaktifleri engelleyememektedir. Bu gibi durumların önüne geçilmesi açısından kullanılacak olan yakıtın içerisinde bulunan zararları maddelerin yoğunluklarının yıkama ve harmanlama gibi işlemler ile azaltılması ve yakım işlemine sonrasında geçilmesi gerekmektedir. Ülkemizde kullanılan termik santrallerdeki linyit kaynaklarının kül ergime noktasının (Bir maddenin hal değişimi süresince koruduğu sıcaklık.) düşük olması kömürün daha hafif ısılarda yanmasına olanak sağlamakta ve azot oksit salınımlarında tehlike arz etmemektedir (AVCI, 2005, s. 14,15).

Doğalgaz ile elektrik enerjisi üreten termik santrallerde ise durum farklı seyretmektedir. Bu tip santrallerde kullanılan sıcaklık değerinin ve hava yoğunluğunun yüksek olması azot oksit oluşumlarını üst seviyelerde gerçekleştirmektedir. Lakin özel yakma sistemlerinin santrale adapte edilmesiyle yakıt ve hava oranı istenilen düzeye çekilerek kontrol altında tutulabilmektedir (DPT, 2001, s. 9-2). Azot oksitler atmosfere salındıkları zaman doğalgazlar ile etkileşime girerek nitrik asit oluşumuna neden olacak olan zincirleme reaksiyonu başlatmaktadırlar. Asit yağmurlarının çevresel problemlerinden en önemlisi toprağın kimyasını ve biyolojisini etkilemesidir. Asit yağmuru; toprağın içinde bulunan magnezyum, kalsiyum ve türevi elementleri arındırarak alt tabakaya inmesine ve toprakta zirai verimsizliğe neden olmanın yanı sıra toprağın asitleşmesine de sebebiyet vermektedir. Dünya sağlık örgütünün 1984 yılının temmuz ayında Berlin'de düzenlemiş olduğu Avrupa bölge toplantısında ise asit yağmurlarının insan sağlığı üzerine etkileri dolaylı ve dolaysız olarak ele alınmakla beraber deri, göz ve solunum sistemi üzerindeki tahribatı dikkat çekici niteliktedir. Keza toprakta, besinlerde ve yer altı sularında biriken asidik kimyasallar uzun süre içerisinde insan vücuduna nüfuz edip depolanabilmektedir (İLHAN, DÜNDAR, ÖZ, & KILINÇ, 2000, s. 1,2). Yanmaya bağlı olarak ortaya çıkan baca gazları ile ilgili olarak yapılan başka bir çalışmada ise yayılan partiküllerin radyoaktif özellikler taşıdıkları ve havada bir radyasyon yayılımına sebebiyet verdikleri görülmüş ve bu durum için halkın bilgilendirilmesinin gerekliliği üzerinde durulmuştur (AVCI, 2005, s. 14,15).

1.5.1.1.2.2. Termik Santrallerin Yarattığı Su Kirliliği

Yeryüzündeki sular güneşten elde ettikleri enerji ile 'hidrolik çevrim' diye adlandırılan bir döngüye sahiptirler. Canlıların yaşamsal ihtiyaçlarının sürdürülmesi için gerekli olan temiz su insanların ekonomik etkinliklerinin devamı açısından da hayati önem taşımakta ve ihtiyaçların karşılanmasından sonra tekrardan döngüye katılmaktadır. Çeşitli etken maddelerle suyun kimyasal, biyolojik ve fiziki yapısının değişime uğramasına su kirliliği denmektedir. (HAYTA, 2006, s. 367). Bir başka tanım ise su kaynaklarının yapısının organik,

inorganik, biyolojik ve radyoaktif maddelerce bozulacak şekilde değişime uğraması ve bu değişime paralel olarak kalitesini kaybetmesi şeklinde yapılmıştır (BALTA, 2005, s. 58).

Termik santrallerin faaliyetleri süresince kullandıkları ve boşaltımını gerçekleştirdikleri suların sıcaklık değerleri, mevcut bölgede bulunan doğal su sıcaklığı standardından yüksek bir seviyede seyrederek normal sıcaklık değerlerinin üzerinde çevresel bir su sıcaklığı yaratmaktadır. Bu durum bölgedeki doğal çevre üzerinde olumsuz bir etkiye neden olmaktadır. Bu duruma ek olarak baca gazlarının oluşumuna sebebiyet verdikleri asit yağmurları, suların hidrojen gücü diye tanımlanan PH değerleri üzerinde değiştirici etki yaratabilmektedir (FINDIK, 2015, s. 788). Termik santrallerde oluşan atık suların içerisindeki en büyük pay; kazanın altına geçen kül ve cürufun soğutulmasını sağlayan soğutma teknesinden taşan çöküntü madde ve ağır metaller içeren sular ile asidik ve bazik etkileri bulunan, atılımı gerçekleştirilen birimlerledir. Bunlara ek olarak santrallerde kullanılan kazan ve soğutma kulesi blöfleri ile kum filtrelerinin yıkanmasında kullanılan yıkama suları ve santral bölümlerinin temizlenmesinde kimyasallarla birlikte kullanılan atık sular da santral kökenli su kirliliğine katkı sağlamaktadır (ERCAN & NAKİBOĞLU, 1984, s. 205).

Şekil 5: Termik Santrallerin Standart Atıklarının Ortalama Seviyeleri ve İçerisinde Çözülen Madde Miktarları

Atık Tipi	Akış Hızı gpd/MW	Çözünmüş Katı Madde (mg/lt)
Kimyasal Yıkama Suları	4	3000
Ateş Tarafı Yıkama Suları	5	3000
Ön Isıtıcı Yıkama Suları	100	8000
Laboratuvar Drenajları	10	200
Kazan Blöfü	100	50
İyon Değiştirici Rejenerasyonu	88	6000
Cüruf Taşıma Suyu	300	300

Kaynak: (ERCAN & NAKİBOĞLU, 1984, s. 204)

1.5.1.1.2.3. Termik Santrallerin Yarattığı Toprak Kirliliği

Toprak, gezegenimizi oluşturan temel bileşenler arasında yer alan ve canlıların yaşamsal faaliyetlerinin devam ettirmelerinde önemli bir rol oynayan kaynaklar arasında bulunmaktadır. İnsansal etkiler sonrasında toprağın yapısında meydana gelecek olan fiziksel, kimyasal, biyolojik ve jeolojik her türlü değişim toprak kirliliği olarak tanımlanmaktadır. Endüstriyel açıdan bakıldığında termik santraller, egzoz yahut ısınma enerjisinin sonucunda ortaya çıkan gazlara bağlı olarak oluşan hava kirliliği, toprak kirlenmesinde ve yapısının değişmesinde son derece etkilidir. Özellikle Türkiye’de bulunan fosil yakıtların içerisinde en çok rezerv miktarına sahip olanlardan linyit, kalitesi düşük bir maden olmakla beraber yakılarak enerji üretildiğinde kirliliğe yüksek derecelerde katkı sağlamaktadır. Ülkemizdeki linyit kaynaklarının zenginliği linyiti enerjimizin vazgeçilmez bir parçası durumuna getirmiştir. Bir kömürü türü olan linyitin kullanımı sonrasında ortaya çıkan kükürt oksitler, azot oksitler, karbon monoksit, ozon, hidrokarbonlar gibi birçok atık madde ortaya çıkmakta, bunlar arasında bulunan kükürt oksit ve azot oksitler asit yağmuru oluşumlarında en etken gazlar içerisinde bulunmaktadır.

Asit yağmurları ise toprağın biyolojik ve kimyasal yapısında ciddi tahribata neden vermektedirler (KARACA & TURGAY, 2012, s. 13,16).

Termik santrallerin hava ve sular üzerinde sergilemiş olduğu çevre sıkıntıları topraklar üzerinde de geçerlidir. Santrallerden boşaltımı yapılan kimyasal madde içeren sular, baca gazlarının asidik yağmur üretimi ve rüzgâr ile serpilen küllerin toprak üzerinde birikimi, termik santrallerce oluşan toprak kirliliğinin başlıca nedenleridir. Bu etkenler toprağın kalitesi düşürüp verimliliğini azaltmakta ve bitki örtüsünün gelişimini engellemektedir (Wikipedia, 2019). Gelişmiş ülkeler enerji üretimi sırasında yarattığı çevre sorunlarından dolayı termik santrallerin enerji üretimleri içindeki payını azaltma yoluna giderken gelişmemiş yahut az gelişmiş ülkeler daha ekonomik olmasından dolayı termik santralleri tercih etmektedirler. Sanayileşme hızının artmasıyla beraber fosil yakıtların kullanımı artmış bununla birlikte çevrede ve canlılarda ne ölçüde deformasyonlar gösterdiği daha belirgin bir şekilde anlaşılmıştır. Kömür, doğalgaz ve petrolün neden olduğu durumların başında iklim değişikliği gelmekte ve ilgili kaynaklardan yakılarak elde edilen enerjinin, küresel ısınmaya yaptığı katkı her yıl milyonlarca ton karbon karbondioksit salınımı ile beraberinde gelen çevresel yıkıcılık olmuştur (BAKAN, 2008, s. 7,8).

Tablo 3: Kullanılmakta Olan Enerji Üretim Sistemlerinin Yakıt Bazlı Çevresel Etkileri

Yakıt	İklim Değişikliği	Asit Yağmurları	Su Kirliliği	Toprak Kirliliği	Gürültü	Radyasyon
Petrol	X	X	X	X	X	-----
Kömür	X	X	X	X	X	X
Doğalgaz	X	X	X	-----	X	-----
Nükleer	-----	-----	X	X	-----	X
Hidrolik	X	-----	X	X	-----	-----
Rüzgâr	-----	-----	-----	-----	X	-----
Güneş	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Jeotermal	-----	-----	X	X	-----	-----

Kaynak: (BAKAN, 2008, s. 4)

Termik santrallerin faaliyetleri süresince kullandıkları fosil yakıtlara göre çevreye ve sağlığa olan zararları değişse bile gerekli önlemler alınmadığı takdirde, ekonomik olarak ele alınan elektrik enerjisi üretimi ciddi çevresel sorunların yanı sıra insan sağlığı açısından da büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Yatağan termik santrallinin çevresinde yapılan bir çalışmaya göre yatağan bölgesinde bulunan devlet hastanesinde solunum yolu sıkıntıları ile ilgili olarak yatarak tedavi gören hasta sayısı Muğla merkezli devlet hastanelerinde aynı şikâyet ile yatarak tedavi gören hastaların iki katı oranında, bronşit, astım, amfizem ve türevi hastalıklar için ise bu oran üç katı şeklinde sonuçlanmıştır (Türk Tabibler Birliği, 2000, s. 14).

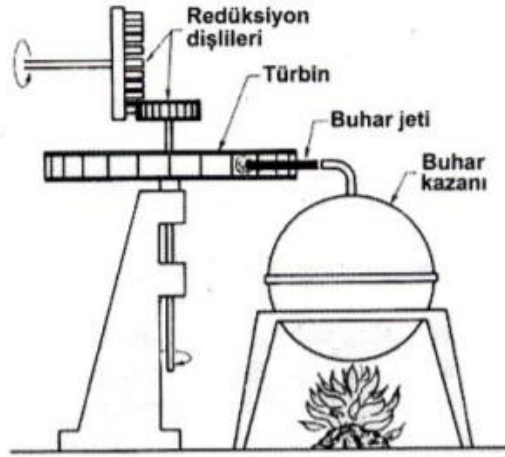
1.5.1.1.1. Gaz Türbinli Santrallerle Elektrik Enerjisi Üretimi

Ülkemizin enerjiye duyduğu ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Bu enerji gereksiniminin hangi kaynaklarca sağlanacağı sorusu enerjiye duyulan ihtiyaca paralel olarak sık sık gündeme gelmektedir. Enerji kaynaklarında kesinti yaşanmaması gerekliliği ve kaynakların ekonomik olması son derece mühim bir konudur. Avrupa ülkelerinde enerji maliyetleri ortalama olarak kilovat saat başına 6 sent civarında iken bu durum ülkemizde 9-10 sent civarında olmaktadır (KESKİNEL, 2006, s. 21). On birinci kalkınma planına göre 2018 yılında 303,3 TWh olan elektrik enerjisi talebinin 2023 yılına gelindiğinde %23 artarak 375,8 TWh civarında olacağı tahmin edilmektedir. Doğalgazın ise elektrik üretimindeki payı %29,85'ten %20,7'lere doğru gerileyeceği düşünülmektedir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019, s. 114). Her halükârda doğalgaz önümüzdeki yıllar içerisinde elektrik üretimindeki ciddi konumunu koruyacaktır. Bu durum gaz ile çalışan santral tiplerini bizim için önemli bir hale getirmektedir. Temel olarak kömürle çalışan termik santrallerin devamı olan gaz türbinli santraller elektrik üretim yöntemleri arasında oldukça yaygın kullanılmaktadırlar.

Gaz türbininin tarihi M.Ö. 130'lara kadar dayanmaktadır. İlk gaz türbinli jet tahriki örneğinin, İskenderiyeli filozof Heron'un bronz bir küreyi buhar ile jet tahriki sonucunda döndürmesi suretiyle bulunduğu düşünülmektedir. 1600 yıllarda ise

Giovanni Branca'da ilgili türbinler konusunda çalışma yapmış ve 1621 yılında benzer bir türbin tasarımı ortaya koymuştur. 1680 yılında Isaac Newton üçüncü hareket yasası gereğince jet tepkisi üzerinde durmuş ve bu kapsamda atsız bir at arabası projesi yapmıştır. 1900'li yıllara gelindiğinde ise René Lorin ve Henri – Fabrice Melot yanma ile çalışan bir makinenin eksoz gazlarını kullanarak bir tahrik yaratma fikrini gündeme getirmişlerdir. Uçaklarda kullanılmak üzere ise gaz türbini tahriki fikri 1921 yılında Maxime Guillaume tarafınca ortaya atılmış ve patenti alınmıştır. Modern anlamda ise ilk gaz türbini Frank Whittle tarafından 1930 yılında yapılmıştır (Toprak , 2007, s. 5,6).

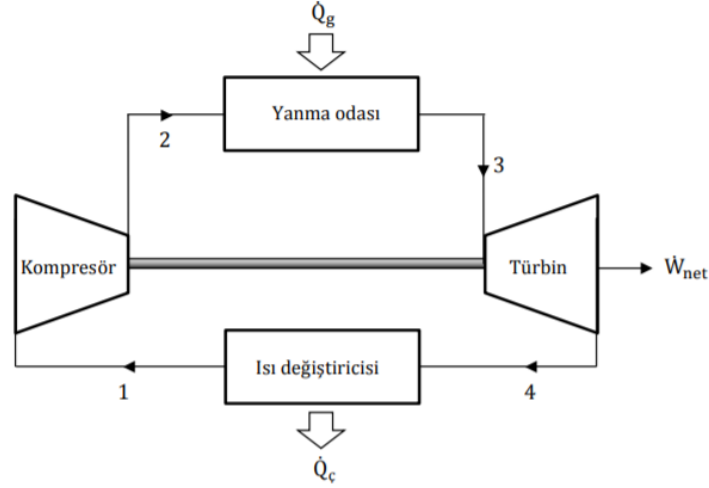
Şekil 6: Giovanni Barancanın Gaz Türbin Tasarımı



Kaynak: (Toprak , 2007, s. 5)

Gaz türbinli santrallerin çalışma mekanizmasını basitçe ele alacak olursak; atmosferde bulunan hava bir kompresör yardımı ile çekilerek sıkıştırılır, bu durumda basıncı ve sıcaklığı artan yüksek basınçlı hava yakıtın sabit bir basınçla yakıldığı yanma odasına aktarılır, yanma kazanında yahut odasında türbin basıncına göre genişleyen yüksek sıcakdaki gazlar türbin çevresinde genişleyerek tahrik yaratır ve türbinin dönmesini sağlar, egzozdan çıkan gazlar ise atmosfere geri salınır. Bu çalışma prensibine açık çevrimli adı verilmiştir. Açık çevrimli sistemlerin verimlilik oranları %30-35 civarındadır (BAŞARAN, 2017, s. 81).

Şekil 7: Gaz Türbini Standart Brayton Basit Çevrim Şeması

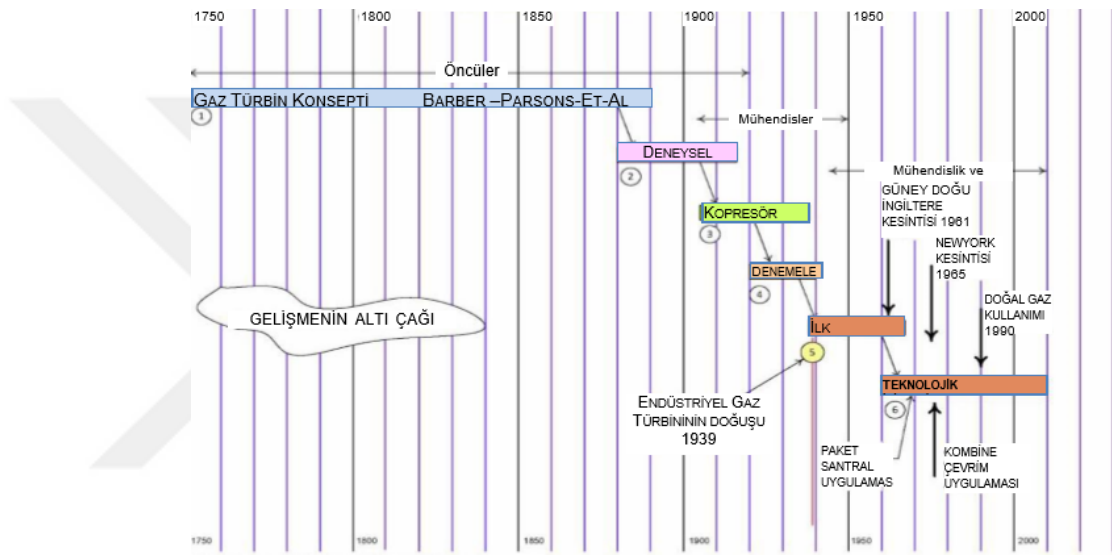


Kaynak: (AKBAŞ, 2018, s. 13)

Gaz türbinli santrallerde petrol kaynaklı yakıtlar ve doğalgaz kullanılmakla beraber, güç/elektrik üretimi için genel yakıt tercihi doğalgaz olmaktadır. İlk kez 1939 yılında 4 MW gücünde kurulan bir santral olarak kullanıma başlanılan gaz türbinli santraller 1965 yılına kadar basit açık çevrim ve kapalı çevrim şeklinde faaliyet göstermiş ve %17-18'lik bir verimle çalışmışlardır. Verimleri türbinlere giren gazların sıcaklığına bağlı olarak artan bu santrallerde ortalama olarak her 55 derecelik sıcaklık artışında türbin çıkışında %10-13'lük bir artış yaşanmasına neden olurken verimliliğe katkısı ise %2-4 oranında değişmektedir. İlerleyen zaman ve gelişen teknolojiye bağlı olarak verim artışları yaşanmıştır, 1940'lara gelindiğinde 550 derece olan türbin giriş sıcaklığı 1960'larda 816 dereceye çıkmış ve ortalama olarak 10 yılda 100 derece artarak 2000'lerin başında 1300 dereceye ve 2015 itibarıyla 1800 derecelere ulaşmıştır. Gaz türbinli santrallerin verimlerinin artırılması konusunda yapılan çalışmalar sonucunda 1965 yılından bugüne kadar geçen süre zarfında kombine çevrimli santral tipi ortaya çıkmış ve kullanılmaya başlanmıştır. Basit çevrimli santraller ise bir alternatif olarak varlığını sürdürmeye devam etmişlerdir. 1934 yılında 4 MW'lık kurulu güce sahip üretilen gaz türbinli santraller 1990'lı yıllarda 250 MW büyüklüğe ulaşmış, 2015 yılına gelindiğinde ise basit çevrimli ticari santraller 519 MW'lık bir üretim kapasitesine ulaşmayı başarmışlardır. Fosil bazlı yakıt kullanan gaz türbinli ve kombine çevrimli santrallerde emisyon salınımları göz ardı

edilmemiş ve özellikle azot oksit miktarları kriterlere tabi tutulmuştur. 1970’li yıllarda 75 ppmv kabul edilirken, 90’ların başında bu emisyon için 15 ppmv altı talep edilmeye başlanmıştır. Gelişen teknoloji ile verimlilik oranı artan basit çevrimli gaz türbinli santrallerin günümüzdeki verimlilik oranları 2015 yılı itibari ile %41 dolaylarındadır (YILDIRIM, 2017, s. 65,71).

Şekil 8: Gaz Türbinlerinin Zaman İçerisindeki Gelişimi



Kaynak: (YILDIRIM, 2017, s. 64)

1.5.1.1.2. Kombine Çevrimli Termik Santrallerle Elektrik Enerjisi Üretimi

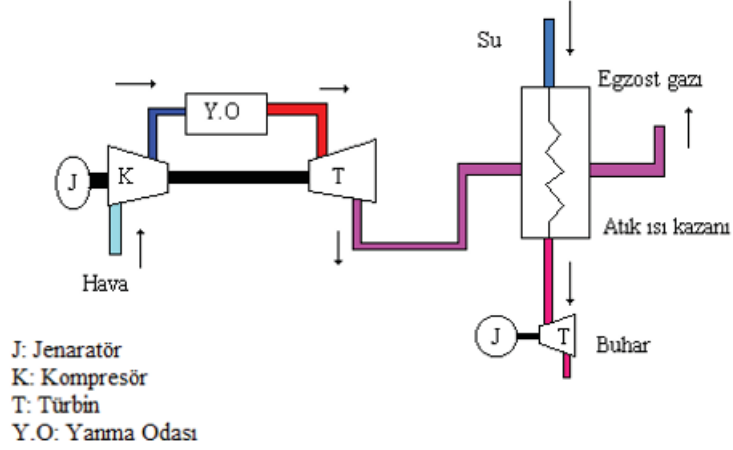
Enerji talebinin karşılanması esnasında izlenecek olan enerji üretim sürecinde, kullanılan kaynakların ekonomik açıdan uygun ve verimli bir şekilde üretim sürecine dahil edilmesi beklenmektedir. Bu durum maliyetleri minimize etmenin yanında çevreci bir yaklaşım olarak da görülebilmekle beraber arz güvenliği için gerekli olan birincil enerji kaynaklarının rezerv ömürlerini korumaktadır. Bu bağlamda gerekli olan sadece enerji dönüşümü üzerinde durmak değil aynı zamanda verimli enerji elde edebilmektir. Enerji sektörünün temel görevi; artan nüfus ile beraberinde gelişen enerji ihtiyacını giderilmesi hususunda gerekli olan enerjinin uygun ekonomik koşullar ile kesintisiz ve ihtiyaçları

aksatmayacak şekilde sunulmasıdır. Enerji sektörünün bu görevi doğrultusunda diğer enerji kaynaklarına göre temini ve çevresel etkileri daha kabul edilebilir olan doğal gaz primer enerji üretiminde göze çarpmaktadır (ÜNVER & KILIÇ, 2005, s. 50). Dünya bazında kullanılan yegâne primer enerji kaynağı ise elektrik enerjisidir. Elektrik enerjisi üretim santralleri genellikle üretim sürecinde girdi olarak kullanılan kaynağa göre isimlendirilmektedirler. Bunlara örnek olarak hidro elektrik santralleri, nükleer santraller, doğal gaz kombine çevrimli santraller gösterilebilir. Bu durumun önemli bir yanı ise kesintisiz bir elektrik enerjisi üretiminde kaynak çeşitliliğinin ve alternatif yöntemlerin ne kadar değerli olduğudur. Türkiye de 1970’li yıllardan bu yana hızlı bir artış seyreden elektrik tüketiminde 1990’lara kadar genellikle su, taş kömürü, ithal kömür, linyit ve fuel-oil kullanılmasına karşın 90’ların sonuyla beraber ülkenin enerji talebine ilişkin yapmış olduğu projeksiyonlarda yeni alternatif elektrik üretim kaynakları olan yenilenebilir enerji, doğal gaz, nükleer enerji alanındaki yatırımlar gündeme gelmiş, enerjinin asgari maliyet ve azami verimle üretilmesi hedeflenmiştir. Dünya genelinde elektrik üretimine ilişkin kullanılan kaynakların dağılımına bakıldığı vakit kömürden sonra gelen doğal gaz ülkemizde de elektrik üretim bandındaki yerini ciddi ölçülerde korumaktadır (ÖZCAN & EREN, 2014, s. 2).

Doğal gaz çevrimli kombine santraller klasik üretim yöntemlerine nazaran verimlerinin daha iyi seyretmesinden ve kısa bir süre içerisinde işletmeye alınabilmelerinden dolayı, ülkemizde üretilen elektrik enerjisinin, santral türlerine göre dağılımı incelendiğinde artan bir orana sahiptirler (ÜNVER & KILIÇ, 2005, s. 51). Kombine çevrimli santrallerin çalışma prensibi, yüksek sıcaklık ve basıncın etkisi ile çalışan gaz türbininden salınan egzoz gazlarının atmosfere salınması yerine basit bir ısı değiştiricisine yollanması ve burada basınçlı bir buhar oluşturarak üretilen buharın güce çevrilmek üzere buhar türbinine geri gönderilmesi ve bu sayede iki ayrı çevrim sisteminin bir arada çalışarak yüksek verimli bir güç üretmesi şeklinde gerçekleşir. Bu bağlamda basit çevrimli gaz türbinlerinde verim %40 dolaylarındayken kombine çevrimli doğal gaz santrallerinde verim %60’lara kadar çıkabilmektedir (ÇİFTKAYA, 2010, s. 5,6). Kılınç, Özcan ve çizmeciyeye göre

ise gaz türbinli kombine çevrim santrallerinin kurulu güçleri 60 ile 600 MW arasında olmakla sadece gaz türbinli olarak çalışan santrallerin verimlilik oranları kendi başlarına %30-35 civarlarındayken kombine çevrimli hele geldikleri zaman verim %45-50 arasında seyretmektedir. Tasarlanan buhar türbinleri gaz türbinlerinin verim oranının %40-50'si kadar ekstra bir elektrik gücü sağlamaktadırlar. Ancak kurulu gücü 100 MW'ın altında olan santrallerde buhar türbinlerinin sağladığı verimlilik oranı %20-30 arasındadır (KILINÇ, ÖZCAN, & ÇİZMECİ , 2013, s. 2).

Şekil 9: Kombine Çevrim Santrali Şematik Gösterimi



Kaynak: (ÖZCAN & EREN, 2014, s. 3).

Santralin verimliliği konusunda yapılan çalışmalardan bir tanesi de çevre sıcaklığı konusunda olmuştur. Çevre sıcaklığının artışına paralel olarak santrallerde verimlilik kaybı ve yakıt sarfiyatı olduğu gözlemlenmiştir. 15 dereceyi geçen çevre sıcaklığında ortalama olarak %1,67-7,22 oranında bir verim kaybı yaşanırken 1999 da yapılan bir araştırmaya göre Bursa Ovacık doğal gaz kombine çevrimli santralinde 42 derece üstü sıcaklıkta %9 yakıt sarfiyatı yaşandığı belirlenmiştir. Çevre sıcaklığına bağlı gelişen bu verimlilik kaybı ve yakıt sarfiyatının önlenmesi konusunda çevre sıcaklığını baz alarak kurulan santrallerde fark gaz türbin çeşitlerinin kullanılması şeklinde öneriler bulunmaktadır (RAHİM, 2011, s. 194,195). Kombine çevrimli doğal gaz santralleri kömürlü termik santrallere,

hidroelektrik santrallere ve nükleer santrallere göre birtakım avantajlara sahiptir. Bunlar; hızlı kurumlu süresi ve kurulum maliyeti düşüklüğü, doğal gazın türevi fosil yakıtlara kıyasla teminin kolay olması, diğer santraller türlerine göre işletmeye alma süresinin daha makul olması, doğal gazın çevresel etkilerinin diğer fosil yakıtlara oranla daha kabul edilebilir seyretmesi, ilgili santral tipinin bakım ve onarım maliyetlerinin ekonomik açıdan daha uygun olması şeklinde sıralanabilir (ÖZCAN & EREN, 2014, s. 3).

1.5.1.1.3. Otoprodüktör Sistemlerle Elektrik Enerjisi Üretimi

Otoprodüktör elektrik üretim sistemleri organize sanayi gibi güç harcamalarının yoğun olduğu yerlerde, buralara entegre olarak çalışan ve yanıcı gaz ile buharın üretim, kullanım ve atılım süreçlerine bağlı olarak elektrik ve istenildiği vakit sıcak su üretilen, çevresel atıkların da elektrik üretimine dahil edilmesine olanak veren entegre edilen yerin enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılan santral tipleridir. Otoprodüktörlerin en önemli özelliklerinden biri ise sanayide yapılan üretimin gerektirdiği kadar elektrik üretimi yapmalarıdır. Yani üretildiği anda tüketilen bir elektrik üretimi söz konusudur. Bu durum yakıt tasarrufu sağlamanın yanın da üretim ve tüketimin eş zamanlı gerçekleşmesine bağlı olarak sistem kayıplarını da minimize etmektedir. 6 Ağustos 1985 tarihli bakanlar kurulu kararı ile serbest bırakılan otoprodüktör sistemler kanun değişikliklerine uğrasalar da serbestliklerini günümüzde korumakla beraber teşviklerde almışlardır. Otoprodüktör sistemlerden yararlanma konusunda organize sanayilerle sınırlı kalmayıp, tatil köyleri, üniversite kampüsleri, hastaneler ve belli bir konut sayısını aşmış olan uydu kent olarak adlandırılan siteler gibi bazı yerler bu sistemleri kullanabilirken, belediyeler ise atıkların değerlendirilmesini ve tasarruf konularını göze alarak otoprodüktör tesisleri kurabilmektedirler. Otoprodüktör santraller kombine çevrimli, buhar türbinli, hidrolik, biyokütle atıklar, rüzgâr ve güneş ile çalışan santral tipleri olabilmektedirler. Otoprodüktör sistemlerde fazladan bir elektrik üretimi olması durumunda fazla üretilen elektriği fiziki hat bağlantıları yaptıkları yerlere satabilirler, fiziki bir bağlantıyı olmaması durumunda ise iletim ve dağıtım sistemini belli kurallara uymak ve ücretini ödemek suretinde

kullanabilirler. Fazladan ürettiği elektriği satacak olan otoprodüktör ya da otoprodüktör grubu, ürettiği elektrik enerjisini, bir takvim yılı içerisinde gerçekleştirdiği üretimin %20'sini aşmayacak şekilde konuyla ilgili resmi kurulun belirlediği miktarlardaki oranlar çerçevesinde (Bu ilgili oranlar kurul tarafından değiştirilebilirler.) tüketiciye uygulanan elektrik fiyatının %85'ini aşmayacak şekilde serbest piyasa ortamında satabilirler (Yiğit, 2006, s. 1,3).

1.5.1.1.4. Kojenerasyon Santralleri ile Elektrik Enerjisi Üretimi

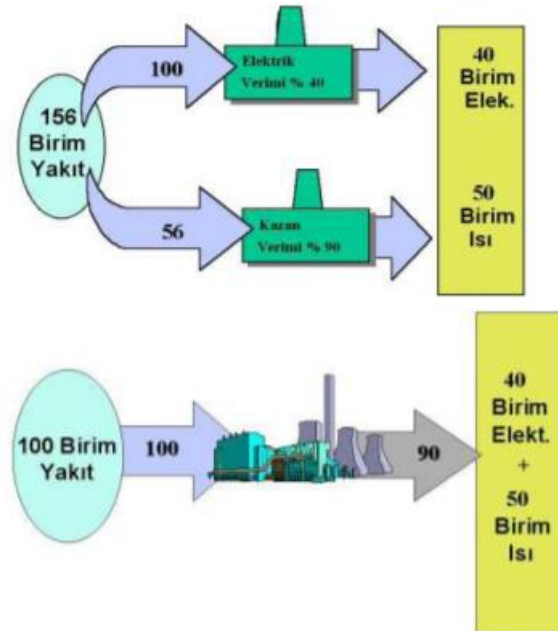
Günümüz enerji üretiminin vazgeçilmezi olan fosil yakıtların elektrik enerjisi üretimindeki yeri termik santral türlerinin hepsinde temel girdi şeklindedir. Sonlu bir kaynak olan fosil yakıtları kullanımından alınabilecek en üst düzey verimin alınması ve atık dönüşümlerinin enerjinin bir parçası haline getirilmesi, üretimin devamlılığı, ekonomikliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilip fosil kaynakların yerini alması için gerekli süre konusunda fayda sağlarken aynı zamanda enerji atığının dönüşümü, ortaya çıka olumsuz çevresel etkileri de azaltmaktadır. Kojenerasyon santralinin önemi diğer termik santrallere kıyasla burada ortaya çıkmaktadır.

Klasikleşmiş enerji santrallerinde kullanılan fosil girdilerin ancak üçte birlik kısmı elektrik enerjisine dönüşmekte geri kalan kısım ise soğutma suyu olarak çevreye bırakılmaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin mevcut durumu sistem gereksinimlerini karşılamakta yetersiz kalırken, sanayileşmenin hızlı artışı elektrik ve ısı enerjisi talebi arttırmakta ve üreticiler kesintisiz, kaliteli arz güvenliği olan kendi enerji üretim tesislerini kurmaya yönelmektedir. Günümüz dünyasında ise dağıtık enerji modeline geçilmektedir. Oysaki yerinde enerji üretimi daha temiz, güvenilir ve ucuz olmanın yanı sıra, iletim kayıplarını önlemekle kalmayıp iletim ve dağıtım, bakım maliyetlerini de düşürerek daha ekonomik bir enerji bilançosu oluşturmaktadır. Bu bağlamda Kojenerasyon santralleri öne çıkmaktadır. Kojenerasyon; birleşik ısı ve elektrik üretimidir. Çeşitli gaz gruplarının yakıt olarak kullanıldığı kojenerasyon santrallerinde elektrik enerjisinin yanında ısı enerjisi de üretilebilmektedir. Santralde çalışma prensibine bağlı olarak

elektrik, ısı ve buhar aynı anda üretilmekte olup, sadece elektrik üretimi yapılan termik santrallerin ortalama verimi %30 – 40 arasında seyrederken bu durum kojenerasyon santrallerinde iki üretim gerçekleştirilmesi ile %80 – 90 seviyelerine çıkmaktadır. Bu tip termik santraller mevcut yakıtı, elektrik ve ısıya dönüştürmenin en etkili biçimi olmakta ve tasarruf olarak ele alındığında ise enerji maliyetlerini %40 oranında azaltarak azami tasarrufu sağlamaktadırlar (PRAVADALIOĞLU, 2011, s. 1,3).

Elektrik ve ısı enerjisinin ayrı ayrı üretildiği düşünüldüğü vakit toplamda 90 birim değerinde bir enerji üretilmesi için 156 birimlik bir yakıt kullanımı söz konusu olurken, bu oran iki enerji bir arada üretildiğinde kullanılan yakıt miktarını 100 birim seviyelerine geriletmekte olup aynı enerji birimi için $100/156 = \%64$ oranında yakıt miktarını düşürmekte bu da %36'lık bir tasarrufa denk gelmektedir (GÜL & BELTİR, 2015, s. 2).

Şekil 10: Elektrik ile Isının Ayrı ve Beraber Üretilmesi Halindeki Yakıt Kullanımı



Kaynak: (GÜL & BELTİR, 2015, s. 2)

Kojenerasyon santralini diğer termik santrallerden farklı kıran özelliği yakıt tasarrufu sağlamasıdır. Sağlanacak olan yakıt tasarrufunun nasıl hesaplanması gerektiğine ilişkin olarak Avrupa parlamentosu ve konseyinin 11 Şubat 2004 tarihli 2004/8/EC yönergesinin 3. Ekinde çevre ekonomisine geniş bir yer verilmiş ve primer enerji tasarruf (PES)'u formülize edilmiştir. Yönerge kapsamına göre birlikte gerçekleştirilen üretimin verimli sayılması için; orta ve büyük ölçekli santrallerde üretimlerin ay ayrı yapıldığı ve birbirinden bağımsız sistemlerce gerçekleştirildiği varsayımı altında ve bu sistemlerin referans verimlerini kullanarak hesaplanan PES değerinin en az %10 olması, küçük ve çok küçük ölçekli birlikte üretim santrallerinde ise %10 kistası aranmaksızın verimli ünite sayılabilmektedir (KILKIŞ, 2007, s. 8). Bu bilgiler doğrultusunda primer enerji tasarruf oranı (PES);

$$PES = \left[1 - \frac{1}{\frac{CHPHn}{RefHn} + \frac{CHPEn}{RefEn}} \right] \times 100$$

Formülü ile bulunmaktadır. Semboller şu anlamları taşımaktadır;

- CHPHn: Birlikte faydalı ısı üretim verimi
- CHPEn: Birlikte güç üretim verimi
- RefHn: Birlikte faydalı ısı üretimi referans değeri
- RefEn: Birlikte güç üretimi referans değeri (KILKIŞ, 2007, s. 8).

Kojenerasyon sistemi ile ilgili olarak, sistemin ekonomik bir yatırım olup olmayacağını incelenmesinde fizibilite çalışması hayati önem teşkil etmektedir. Bu nedenle kurulacak olan kojenerasyon sisteminin toplam verimliliği ile yatırımı yapacak olan tarafın enerji gereksinimleri dikkate alınmalıdır. Bu durumda sistem seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar;

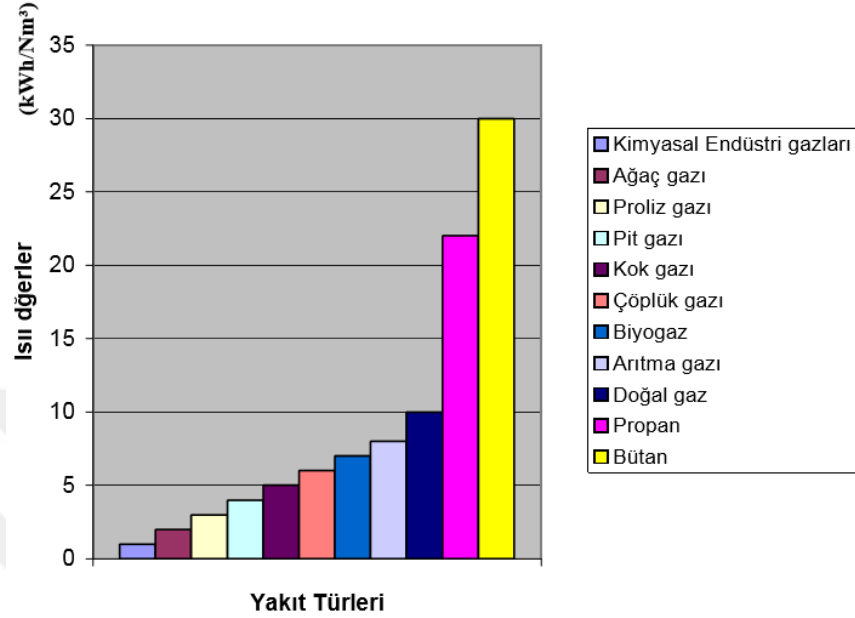
- Teşekkülün elektrik – ısı harcama yapısı ve ısı – elektrik dengesi
- Teşekkülün yıllık faaliyet süresi
- Teşekkülün enerji talebi oranı

- Primer enerji kaynaklarının ulaşılabilirlik durumları ile ekonomik açıdan elverışı şeklinde sıralanabilir (ÇALIŞICI, 2005, s. 46).

Kojenerasyon santral sistemlerinin seçimi konusunda çeşitli alternatifler bulunmaktadır. Temel olarak dört tip sistem tipi olmakla beraber hangisinin kurulacağı ve ekonomik olacağı yapılacak olan fizibilite çalışması ile kararlaştırılmaktadır. Bu sistemler; gaz türbinli sistemler, buhar türbinli sistemler, gaz ve buhar türbinli kombine sistemler, gaz motorlu sistemlerdir. Gaz türbinli kojenerasyon santralleri son zamanlarda birlikte enerji üretim sistemleri arasında en çok tercih edilen sistemler sınıfındadır. Güvenirlik derecesi son derece yüksek olana sistemin bakım giderleri minimuma yakın seyretmektedir. 500 kW'tan 200 MW kalan geniş bir enerji üretim olanağı sağlayan bu santrallerin, 1 MW seviyesinden az üretimde türbinlerinin çalışma verimlilikleri düşük olmakta ve kW başına yüksek birim maliyete sebebiyet vermektedir. Basit çevrimli gaz türbinli kojenerasyon sistemleri için ise eşik 25 MW seviyesidir. Bu seviyenin altında üretimler için uygun kabul edilmektedirler. Kojenerasyon sistemleri arasında kullanılan en klasik santral tipi buhar türbinli santrallerdir. Bu santrallerde yakıt olarak kömür, fuel-oil, lpg ve çöp gazı gibi yakıtlar kullanılabilir. Ancak emisyon değerlerinin kriterlere uygun olarak işletilmesi gerektiğinden sisteme dahil edilecek önlemler ekonomikliğini sorgulatacak duruma getirebilir. Elektrik ihtiyacının yanında buhar ihtiyacının da gerekli olduğu teşekküller için uygun seçim olabilmektedir. Örnek verilecek olursa kâğıt, cam, petrokimya, petrol rafineleri gibi alanlarda faaliyet gösterecek olan işletmeler açısından uygundur. Kombine çevrimli kojenerasyonlarda ise yakıtın %40'tan fazlası elektriğe çevrilebilmekte olup gerektiği durumlarda ilave yanma kullanılarak, artan elektrik ve ısı enerji talebi karşılanabilmekte ve esnek bir üretim özelliği sağlamaktadır. Gaz motorlu santrallerin kullanımı ise günümüzde genişlemekte ve özellikle 3,5 MW'tan düşük seviyelerde gerçekleşen üretimlerde verimi yakalamaktadır. Gaz motorlu bir kojenerasyon sisteminde %40 elektrik enerjisi ve %50 seviyelerinde ısı enerjisi elde etmek mümkündür (AKDENİZ, 2007, s. 30,31).

Kojenerasyon santrallerinin ömürleri ortalama olarak elen alındığında 100.000 saat ile 150.000 saat arasında değerlendirilmektedir. Bu zaman dilimi yıl olarak düşünüldüğünde 10-12 yıllık bir süreye eş değerdir. İlgili santrallerin ekonomik ömürlerinin değerlendirilmesinde, kullanılan yakıt tipinin gaz bazlı olması ve bu alanda geniş alternatifleri bünyesinde bulundurması önemli bir kriter olarak ele alınmakta ve ekolojik anlamda da pozitif bir etki yaratmaktadır. Kullanılan gaz skalası kimya endüstrilerinde ortaya çıkan 0.54 kWh/Nm^3 düzeyinde bir ısı enerjisine sahip gazlardan, 30 kWh/Nm^3 'lük ısı enerjisine sahip bütan gazına kadar geniş bir alanı kaplamaktadır. Isı enerjileri ele alındığında çöplük, kanalizasyon ve türevi atıklar enerji bakımından son derece önemli değerler teşkil etmekte olup, bu atıkların çevreye bilinçsizce atılması çevre kirliliği yaratmanın yanı sıra bir çeşit enerji hammaddesinden de vazgeçiş anlamı taşımaktadır. İlgili atıkların enerji üretimi için kullanıldığı varsayımı altında ısı enerji değerleri hesaplanarak yapılan çalışmalarda 2 kWh 'lik elektrik ve 1.23 kWh ısı enerjisi için; 5-7 kg'lık biyoatık, 5-15 kg'lık çöp atığı, 8-12 kg'lık ters organik atık, $4-7 \text{ m}^3$ 'lük şehir kanalizasyon suyu yeterli kabul edilmektedir. Özellikle Türkiye gibi enerjide dışa bağımlılık oranı yüksek, termik ve nükleer santrallerin sık sık gündeme geldiği ülkeler için bu gibi atıklardan faydalanmak, enerji girdisinde olumlu etki yaratmakla beraber çevre sağlığı ve güvenliği açısından da önemlidir (ENER, 2006, s. 20).

Şekil 11: Kojenerasyon Santrallerinde Kullanılan Bazı Yakıtların Isıl Değerleri



Kaynak: (ENER, 2006, s. 19)

Kojenerasyonların diğer termik santrallere kıyasla avantajlarına baktığımızda ise;

- Enerji tasarrufu
- Çevresel kirliliğin indirgenmesi
- Primer enerji kaynaklarını hızlı tükenmesinin önlenmesi
- Türlerine kıyasla düşük maliyet yatırıma sahip olması
- Santral kurulum süresinin kısıtlılığı
- Enerji üretiminde kullanılan yakıt tüketiminin ekonomikliği şeklinde sıralanabilmektedir (ARAT, 2006, s. 2).

Kojenerasyon santral sistemlerinin dezavantajları ile termik Santrallerin dezavantajları birbiri ile örtüşmekte lakin kullanılan teknoloji ve daha çevreci bir tasarımının olması ilgili santralleri kategorisindekilerle mukayese edildiğinde daha masum kılmaktadır.

1.5.1.1.5. Dizel Santrallerle Elektrik Enerjisi Üretimi

Dizel santraller genellikle küçük ve orta seviyelerde bir güç kullanımı gerektiren yerlerin elektrik ihtiyacını karşılama amacı ile kullanılır. Bu tip santraller günümüzde çoğunlukla elektrik kesintisinin ciddi maliyet kayıplarına veya başka problemlere yol açtığı yerlerde elektrik gelene kadar geçen süre zarfında gerekli olan güç ihtiyacının karşılanmasında oldukça önemli bir fayda sağlamaktadırlar (ALİOĞLU, 2010, s. 6). Dizel santraller benzinli ve doğal gazlı olabilmekle beraber ekonomikliği ve verimliliği düşünüldüğünde genel anlamda en çok kullanılan santral tipi sıvı yakıtlı dizel santrallerdir. Dizel santraller sıvı bir yakıttan elde ettikleri güç ile bağlı oldukları motoru çalıştırır, motor çıkışından alınan mekanik enerji alternatif akıma dönüştürülmek için bir elektrik motoruna gider ve bir iletkenin çevresinde manyetik alanın değişime uğraması ile iletkende akım üretilmesi süreci gerçekleşir. Bu jeneratörler büyük çaplı işletmelerde ve hastanelerde kullanıldığı gibi konutlar bazında da kullanılabilen ve yedek güç ihtiyacının karşılanması konusunda 5-30 kW arasında düşük güç üretebildikleri gibi ihtiyacı karşılanacağı yerin güç ihtiyacına bağlı olarak da tasarımları çerçevesinde 30 kW ile 6 MW arasında bir güç üretimi gerçekleştirebilirler (SEVEN , 2017, s. 9). Ancak jeneratör bazında gerçekleştirilecek olan bir güç üretimi, kesinti süresi içerisinde üretim kaybı yaşanmaması yahut hastane bazında düşünüldüğünde daha büyük problemlerin önüne geçilmesi konusunda son derece verimli ve mühim olsa da uzun süreli elektrik üretimi ve direk olarak gerekli güç ihtiyacının karşılanması açısından ekonomik ve verimli değildir.

1.5.1.1.6. Nükleer Santrallerle Elektrik Enerjisi Üretimi

Günümüz dünyasının dinamikliği birçok alanda kendini göstermektedir. Ülkeler bu dinamik yapıya ayak uydurmak ve yurttaşlarına daha iyi bir refah düzeni sunabilmek için politikalarını da bu dinamikliğe göre düzenlemektedir. Ülkelerin gelişimi, artan nüfus ihtiyacı, fosil kaynakların ömürlülük süresi, enerji sektörünün dinamikliğini arttırmakta ve yeni çalışmalar yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Yenilenebilir enerji üzerine yoğun çalışmalar yürütülüyor olsa da ülkelerin enerji

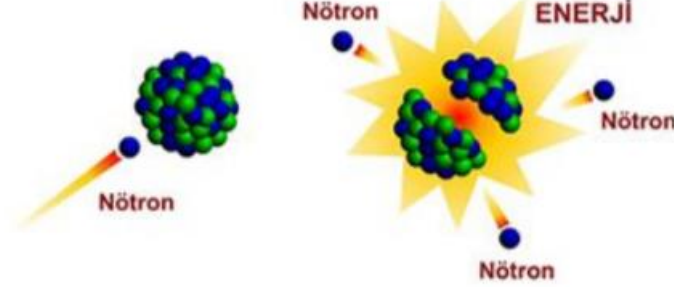
arz güvenliklerini garantileyecek seviyelere henüz ulaşmamıştır. Bu durum gereğince enerji arzı güvenliği ülkelerin politikaları ve strateji planları arasında azımsanamayacak bir yere sahip olmuştur. Enerji üretiminin devamlılığı ve üretimin ekonomikliği ile verimliliğinin sağlanmasının yanı sıra çevresel etkilerinin yükümlülüğü göz ardı edilmemektedir. Üretim sürecindeki girdi çeşitlerine göre oranları değişen bu kriterler her bir üretim yöntemi için ayrı ayrı değerlendirilmeli ve rasyonel bir şekilde doğru seçim yapılmalıdır. Bu üretim yöntemlerinin bir tanesi de birçok ülke tarafından kullanılan ve bazı ülkelerin ise toplam enerji üretimi üzerindeki paylarını düşürdüğü, bazı ülkelerin enerji üretim envanterine yeni girmekte olan, kimi ülkelerin ise kalkınma planları arasında bulunan nükleer enerjidir (ÖZMEN, 2007, s. 3).

1800'lerin sonuna doğru radyoaktif maddelerin ve radyo aktivitenin keşfi ile radyasyona sahip olan maddelerin enerji alanında kullanılabileceği konusu bir merak ve araştırma konusu olmuştur. Nükleer gücün enerji ilgili olarak kullanılabileceği ve kontrol altında tutulup süreklilik arz edebileceği 2 Aralık 1942 tarihinde Chicago üniversitesinde Enrico Fermi ve arkadaşları tarafından kurulan bir uranyum sistemi ile zincirleme bir reaksiyonun gerçekleştirilmesi suretiyle kanıtlanmış olup nükleer enerji dönemi girişin adımı atılmıştır. 1946 yılında hızlanan ve Manhattan projesi ile askeri alanda sürdürülen nükleer enerjinin sivil alanda da gelişimini devam ettirmesi açısından atom enerjisi komisyonu kurulmuştur. 1951 yılına gelindiğinde Arco'da elektrik üretebilen bir reaktör oluşturulmuş ve 1954 yılında ise Rusya'da küçük ebatlarda bir nükleer santral aktif bir şekilde çalışmaya başlamıştır. Atom enerjisi gibi kuvvetli bir güç kaynağının barışçıl amaçlar çerçevesinde kullanımına ilişkin olarak 1955 yılında toplanan 1. Cenevre konferansı ile 1956 yılında Türkiye'de atom enerjisi komisyonu kurulmuştur. Türkiye ise nükleer enerji kapsamındaki araştırmalara 1962 yılında Küçükçekmece tarafında kurulmuş olan araştırma reaktörü ile başlamıştır. 1970'lerde nükleer bir santralin kurulumu ile ilgili fizibilite çalışmaları ve yer seçimi konusunda araştırmalar başlatılmış bu duruma ilişkin olarak maliyet – fayda değerlendirilmesi ile Mersin Akkuyu, Sinop İnceburun ve Kırklareli İğneada

mevkileri uygun bulunmuştur. Ancak 1986 yılında yaşanan Çernobil kazasının çevresel ve psikolojik etkileri nedeniyle nükleer santral konusunu bir süre askıya alınmıştır. İlerleyen yıllarda enerji politikaları çerçevesinde yapılan planlar dahilinde nükleer santral konusu yeniden gündeme gelmiş ve 2006 yılının kasım ayında nükleer santral kurulması, işletilmesi ve elde edilen enerjinin satışına ilişkin olarak hazırlanan kanun tasarısı meclise sunulmuş ve tasarı 8 Mayıs 2007 tarihinde kabul edilmiştir. Bunu takiben kurulacak olan ilk nükleer santral mevkiinin Sinop olacağı duyurulmuştur (ÖZMEN, 2007, s. 3).

Doğada bulunan maddelerin nitelikleri çekirdekleri tarafından belirlenmektedir. Çekirdek yapısı nötron ve proton adı verilen parçacıklardan oluşur ve çekirdek özü itibari ile bir enerji deposudur. Doğadaki bazı maddelerin çekirdek yapısındaki enerji diğer maddelere nispeten daha fazladır. Bu maddelerin çekirdekleri içlerinde bulundurdıkları aşırı enerjiyi zaman içinde çevrelerine radyasyon ya da parçacık şeklinde yayabilirler bu parçacıklara radyoaktif parça denmektedir. Radyoaktif elementlerin içlerinde bazıları kararsız bir yapı sergilemekle beraber hafif bir müdahale ile bölünebilir ve yeni çekirdekler oluşturabilirler. Atom enerjisi olarak da adlandırılan nükleer enerji; atom çekirdeğinin bölünmesi, parçalanması ki bu duruma fisyon adı verilmektedir yahut başka bir atom çekirdeği ile birleşmesi kaynaması durumunda (füzyon) ortaya çıkmaktadır. Günümüz nükleer santrallerinde kullanılan metot genellikle uranyum-235 atomunun nötron yardımıyla parçalanması sonucu ortaya çıkan enerjinin dönüşümü şeklindedir (TMMOB Fizik Mühendisleri Odası, 2011, s. 9).

Şekil 12: Fisyon ile Nükleer Enerji Oluşumu

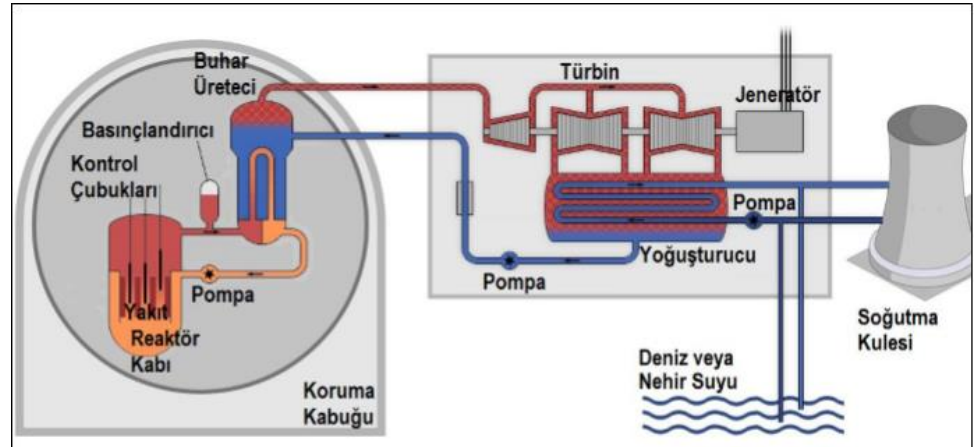


Kaynak: (TMMOB Fizik Mühendisleri Odası, 2011, s. 9)

Bölünen çekirdekten çıkan nötron parçaları rast gele önüne çıkan diğer uranyum-235 çekirdeklerine çarparak onların bölünmesine yol açar ve bu durum bu şekilde seyreder bu duruma zincirleme reaksiyon veya zincir tepkimesi adı verilmektedir. Nükleer santraller tüm bu tepkime zinciri sonrasında ortaya çıkan enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmek üzere tasarlanmış sistemlerdir. Başka bir nükleer enerji elde etme türü olan ve çekirdeklerin bölünmesi metodunun tersi olarak çekirdeklerin birleşmesi şeklinde enerji elde edinimine dayanan füzyon ile ilgili teknolojiler geliştirilme aşamalarında olup şuan için ticari amaçta kullanılmamaktadırlar. Nükleer enerji santrallerini diğer enerji üretim santrallerinden ayıran en önemli özellik elektrik üretimi için elde edilen ısı enerjisini elde ediş biçimidir. Kömürlü santrallerde elde edilen ısı enerjisi kömürün yanması ile doğal gaz santrallerinde elde edilen ısı enerjisi doğal gazın yanması ile elde edilirken, nükleer santrallerde elde edilen ısı enerjisinin kaynağı birbirini takip eden reaksiyonlardır. Nükleer santraller tek bir parça olarak değil blok parçalar şeklinde inşa edilirler ve inşa edilen üretim bloklarının her birine ünite denmektedir. Bir ünitenin içinde nükleer ada ve türbin adası denen iki bölüm vardır. Türbin adası konvansiyonel ada olarak da isimlendirilmektedir, keza bu bölüm sadece nükleer santrallerde değil başka termik santrallerde de mevcuttur. Sistemin işleyişi ve elektrik üretiminin gerçekleşmesini sağlayan ısı enerjisine dayalı buhar üretimi ünitenin nükleer ada diye adlandırılan kısmında gerçekleşmektedir. Nükleer adanın temel görevi içene giren suyu enerji ve basınç oranı yüksek verimli bir buhar haline getirmektir burada üretilen buhar daha sonra türbin adasına yollanmakta ve burada

elektriğe dönüşmektedir. Türbin adasının içinde üç tip türbin kesimi bulunmaktadır. Bunlar yüksek basınçlı türbinler, orta basınçlı türbinler ve alçak basınçlı türbinlerdir. Nükleer adadan türbin adasına yollanan yüksek basınçlı buhar ilk olarak yüksek basınç türbinlerine girer buradaki türbinlerin dönmesi sonrasında enerjisinin ve basıncının bir kısmını yitiren buhar oradan orta basınç türbinlerine doğru devam eder ve bu durum alçak basınç türbinlerinin çıkışına kadar aynı şekilde tekrarlanır. Tüm vasfını yitirmiş olan buhar tekrar kullanılmak üzere suya dönüşmek için alçak basınç türbininden yoğunlaştırıcıya girer. Türbinlerin dönmesine bağlı olarak ortaya çıkan mekanik enerji bir jeneratör sistemi ile elektrik enerjisine dönüşmüş olur. Yoğunlaştırıcı santrallerin kurulduğu çevrenin yakınında olan nehir veya deniz suyunun borular içerisinde geçtiği bir sistemdir. Vasıfsız buhar bu boruların dış yüzeyine çarparak tekrar suya dönüşür. Oluşan sıcak su bir havzada birikerek ön ısıtıcıdan geçmiş bir şekilde tekrardan buhara dönüştürülmek üzere reaktör adasına gönderilir bu suya besleme suyu denmektedir suyu adaya gönderen sisteme ise besleme suyu pompası denmektedir. Nehir çevresinde kurulan santrallerde nehir suyu bazı durumlarda yoğunlaştırıcı için yetersiz kalmaktadır. Bu durumda soğutma kulelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Deniz kenarı santrallerde genellikle soğutma kuleleri bulunmamaktadır. Bu tip durumlar için yapılan tasarımlarda mevcuttur. Soğutma kuleleri devasa bir baca görünümündedirler (BAŞOĞLU, 2017, s. 109,113).

Şekil 13: Pwr Türü Bir Nükleer Santralin Basitleştirilmiş Şeması



Kaynak: (BAŞOĞLU, 2017, s. 114)

Nükleer santralin kurulacağı yerin seçimi son derece önemlidir. Santralin kuruluş yerinin belirlenmesi konusunda uluslararası enerji ajansının SSG-35 kodlu güvenlik kılavuzuna baş vurulur, bu kılavuzda nükleer santralin kuruluş yerine karar verilmesi durumu iki ana süreç olarak belirlenmiştir. Bu süreçler yer belirleme süreci ile belirlenen yerin değerlendirilmesidir. İki ana başlık halinde bulunan süreçler beş alt başlık olarak aşamalara bölünmüştür. Bu aşalar;

- Yer araştırma aşaması
- Yer seçimi aşaması
- Seçilen yerin özelliklerinin belirlenmesi aşaması
- İşletme öncesi aşama
- İşletme aşamasıdır.

Yer araştırmasında potansiyel yerler belirlenir ve bu yerler bazı kriterlere tabi tutularak elenir seçilen yerler nükleer santral kurulumuna ilişkin olarak tehlike arz etmesi, maliyet özellikleri, gibi bir çok faktöre göre önceden belirlenen kılavuz kriterlerince elemeye alınır ve bir sonraki aşamaya geçilir işletme öncesi aşaması, santralin tasarımı ve işletmenin kurulum sürecinde arazide yapılacak olan çalışmaların uygunluğu ve saha ile ilgili yapılan öngörülerin doğruluğunun kontrolünü içermektedir. (BAŞKURT, 2017, s. 32)

Şekil 14: Nükleer Santral Kuruluşuna İlişkin Yer Belirleme ve Yer Değerlendirme Süreçleri

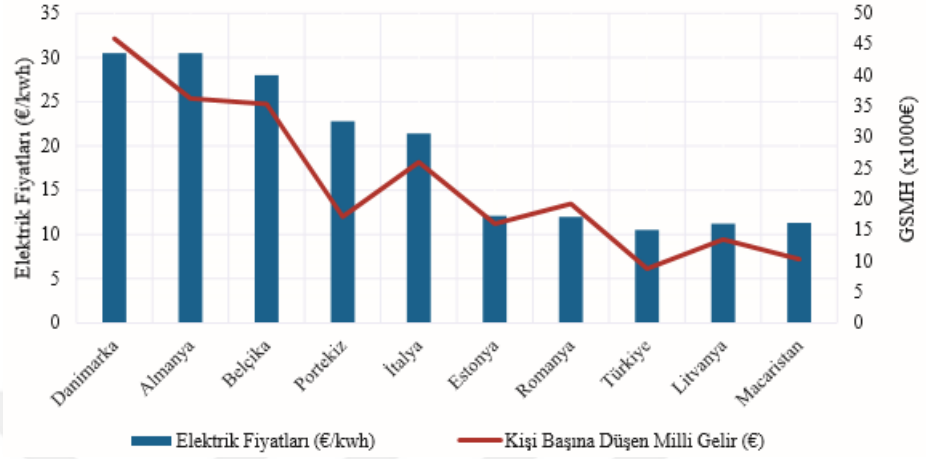


Kaynak: (BAŞKURT, 2017, s. 32)

Gelişmekte olan bir ülke olarak Türkiye'nin elektrik ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Gelişmekte olan ülkeler açısından bu beklenen bir durumdur. Türkiye

enerji üretimi ile ilgili olarak ciddi bir enerji çeşitliliğine sahiptir. Ülkemizde üretilen enerji içerisinde doğal gazın payının yüksek olması bir problem gibi görünse de yenilenebilir kaynaklara olan yönelimde dikkate alınmalıdır. Ancak ülkemizde bulunan yenilenebilir kaynakların toplam gücü hidrolik enerjisini ayrı tuttuğumuzda yeterli seviyelerde değildir. Çevresel katkıları son derece önemli olan yenilenebilir kaynaklı enerji üretimi vazgeçilmemesi gereken bir alan olmakla beraber önünde kat etmesi gereken ciddi bir yol bulunmaktadır. Günümüz gelişmiş ülkelerinin enerji politikalarına bakıldığında kömür, hidrolik ve kriterlere bağlı olarak nükleer enerjinin kullanıldığı görülmektedir. Günümüz enerji politikaları arasında en önemli maddelerden biri elektrik üretiminde yerli kaynakların kullanımının artırılmasıdır. Bu durum için en güzel yollardan biri çeşitliliğe dayalı enerji üretimidir. Nükleer enerji bu çeşitliliklerden bir tanesi olmakla birlikte elektrik üretiminde doğal gazın yükünün hafifletilmesi açısından önemlidir. Bütün bunlar bir yana kurulacak olan nükleer santralleri, ülkeye yeni bir teknolojinin transferi şeklinde de değerlendirmek gerekmektedir. Türkiye’de kurulması planlanan iki adet nükleer santral projesi vardır. Bunlar Akkuyu nükleer santrali ile Sinop nükleer santralidir. Akkuyu nükleer santrali için Rusya ile anlaşılmıştır. Akkuyuda kurulacak olan santralin gücü 4,800 MW olacak ve Rusya da kullanılan PWR tipindeki Kalininskaya nükleer santraline benzeyecektir ve 60 yıllık bir işletme ömrü olacaktır. Sinop da kurulacak olan nükleer santral için ise Japonya ile anlaşılmıştır. Sinop nükleer santrali ise 4 üniteden oluşacak ve 4,500 MW’lık bir kurulu güce sahip olacaktır. Projelerin hayata geçirilmesi ile Türkiye’nin toplamda 9,300 MW seviyesinde bir nükleer gücü olacaktır ki bu kurulu gücün yıllık elektrik üretimi azımsanamayacak düzeyleri ifade etmektedir. Günümüz sanayileşmiş dünyasının gelişmiş ülkelerine bakıldığında, kişi başına milli gelirinin mukayesesi sonucunda dünya ortalaması baz alındığında sürekliliği ve kalitesi korunan ucuz elektrik ile teknolojik gelişme ve büyüme hedefleri gerçekleştirilmektedir. Nükleer santraller ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına karşılık, çalışma sürelerinin uzunluğu, sürekliliği, üretilen enerji miktarının yüksekliği ve enerjiye olan talep düşünüldüğünde elektrik üretimi konusunda tercih edilen yöntemler arasında yerini sağlam tutmaktadır (Türkiye Bilimler Akademisi, 2019, s. 33).

Şekil 15: Bazı Ülkelerde Kişi Başına Milli Gelir ve Elektrik Fiyatlarının Karşılaştırılması



Kaynak: (Türkiye Bilimler Akademisi, 2019, s. 23)

Nükleer santrallerin avantajlarına ve dezavantajlarına bakıldığında avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Yakıt maliyetleri açısından doğal gaza kıyasla on kat daha tasarrufludurlar.
- Nükleer santrallerin yakıt kullanım miktarları diğer santrallere kıyasla daha düşük miktarda seyrettiği için atık miktarı da duruma paralel olarak daha azdır. 10 gram uranyum kullanımı ile elde edilen enerji miktarı, 1 ton kömür, 480m³ doğal gaz, 560 litre petrol bazlı üretilen enerjiye eşittir.
- İstihdam ve kalifiye eleman yaratmaktadırlar.
- Nükleer santral kurulumu ile ilgili olarak yan sanayi kollarının gelişmesini sağlar (Nükleer Enerji: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

Dezavantajlarına baktığımızda ise;

- İlk yatırım maliyetleri yüksektir.

- Yatırımların asgari süreleri ki ortalama 10-12 yıl gibi uzun soluklu bir süreçtir.
- Yakıt konusunda dışa bağımlılık durumu oluşturabilir.
- Kilovat başı üretim düşünüldüğü kadar ucuz seyretmeyip türevlerine oranla daha pahalıdır.
- Tesisten çıkan atıkların kontrolü ve depolanması uzun ve masraflıdır.
- Nükleer santralin işletimi diğer santrallere göre daha ciddi riskler içermektedir.
- İşletim süreleri dolan nükleer santrallerin lağvedilmesi maliyetli bir süreç olmasının yanı sıra bazı durumlarda ilk yatırım maliyetlerinin bile üzerine çıkabilmektedir (TMMOB Makina Mühendisleri Odası, 2007, s. 77).

Nükleer santrallerin kurulmasının enerji arzı güvenliliği konusuna katkısının olacağı şüphesizdir. Üretim yöntemlerinin ve girdi kaynaklarının çeşitlendirilmesi hafife alınmaması gereken bir gerekliliktir. Keza nükleer santral kurulumu elektrik üretim maliyetlerinde büyük bir yük olan doğal gaz ithalatının yükünün azaltılması konusunda da önemli bir adım olabilmektedir. Ancak geçmişte ve günümüzde yaşanan nükleer santral kazalarının faturaları her zaman ağır olmuş ve ekonomik değerlerin üzerinde kayıplara sebebiyet vermiştir. Bu bağlamda kurulacak olan santrallerin analizlerinin iyi yapılıp, alternatif fikirler çerçevesinde değerlendirilmeleri ve fırsat maliyetlerinin en doğru şekilde gözetilmesi gerekmektedir.

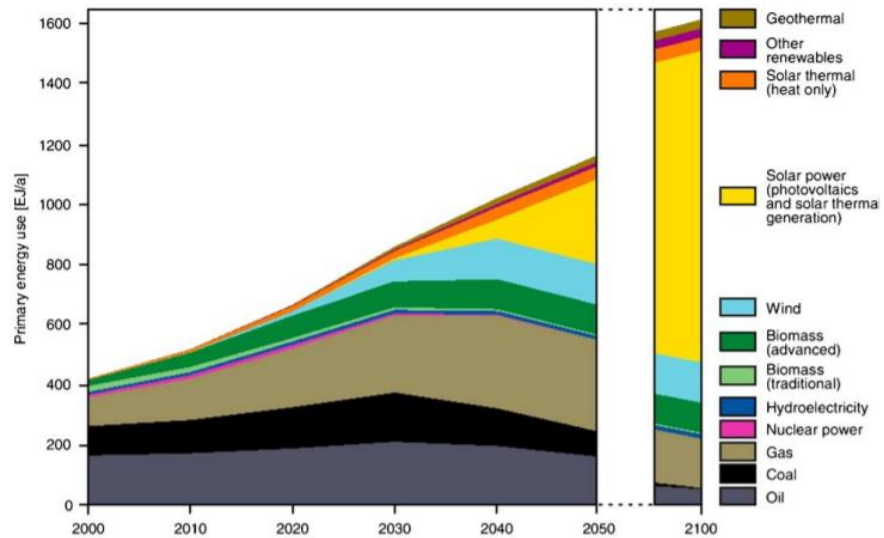
1.6.1. Yenilenebilir Kaynaklarla Elektrik Enerjisi Üretimi

Günümüzde sıkça telaffuz edilen sürdürülebilir kalkınma kavramı tanım itibari ile karşımıza ilk defa 1989 yılında Brundtland Raporu kapsamında çıkmıştır. Tanımı gereği sürdürülebilir kalkınma; gelecek olan jenerasyonun ihtiyaçlarını sağlama konusunda kaynaklardan yararlanma derecesinin, günümüz kullanımına

bağlı olarak tehlikeli bir hâl almasına olanak vermeden, günümüz ihtiyaçlarının sağlanabilmesidir. Bu kapsamda sürdürülebilir kalkınmanın birçok değişkenini etkileyen başlıca husus yenilenebilir enerji ve yenilenebilir kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasıdır. Enerji üretimi bazında sürdürülebilir kalkınmaya ilişkin olarak temel değişkenleri sıralayacak olursak bunlar; enerji üretiminin birim fiyatı, sera gazı emisyonu, primer enerji kaynaklarının bulunabilirliği, rezerv oranı, enerji dönüşümlerinin verimlilik düzeyi, bir birimlik enerji üretimi için gerekli olacak arazi kullanımı, tatlı su kullanımı ve kamuoyu idraki gibi değişkenlerdir. Bu değişkenler içerisinde sera gazı emisyonu, kamuoyu, rezerv oranı ve ulaşılabilirlik açısından yenilenebilir enerji kaynakları büyük bir avantaja sahiptirler. Dünya enerji konseyinin gelecek yıllara ait olarak yaptığı enerji üretim seviyeleri ve üretim teknolojilerine yönelik çalışmasında çeşitli senaryolar kaleme alınmıştır. 2016 yılında yayınlanan enerji senaryoları kapsamında üç temel senaryo bulunmaktadır. Bunlar; iyimser olarak (unfinished seymphony), kabul edilebilir olarak (modern jazz) ve kötümser olarak ise (hard rock) senaryolarıdır. Bu senaryolar kapsamında dünyayı 2060 yılında bekleyen enerji gelişmeleri ve bu gelişmelere zemin hazırlayan değişkenler açıklanmıştır. Dünya enerji konseyinin yukarıdaki çalışmasına göre dünya enerji talebinin, 2030 yılında yeni teknolojilerin verimliliklerine ve sıkı enerji politikalarının uygulanmalarına bağlı olarak tepe noktasını görmesi beklenmektedir. 1970 yılından günümüze kadar geçen sürede kendini ikiye katlayan enerji talebinin, 2060 yılına kadar ki sürede daha makul bir artış hızı seyretmesi beklenmektedir. 2060 yılına gelindiğinde primer enerji tüketiminde; unfinished seymphony senaryosuna göre %22, modern jazz olarak %38, hard rock olarak ise %46 seviyeleri beklenirken bu durum primer enerji talebi içinse yukarıdaki sıralamaya bağlı olarak %10, %25 ve %34 oranlarındadır. Bu oranlar çerçevesinde 2060 yılına gelindiğinde elektrik talebinin günümüze kıyasla kendini iki katına katlayacağı ve bu bağlamda 2060 'a kadar olan süre içerisinde elektrik üretimi için yapılacak olan yatırımların 35 ile 43 trilyon dolar civarında olması beklenmektedir. Yenilenebilir enerji kapsamında elektrik üretiminde rüzgâr ve güneş enerjilerinin başı çekeceği ve ilerleyen zamanla beraber üretim maliyetlerinde düşüş yaşanacağı, unfinished seymphony – modern jazz senaryolarına göre %70'lik bir azalma olacağı ön görülmektedir. Rüzgâr ve güneş

enerjilerinin elektrik dönüşümlerinde kullanılan miktarların 2060 senaryosuna göre iyimser açıdan %39, kötümser olarak ise %20 seviyelerinde olması beklenmektedir. Diğer yenilenebilir kaynaklarında gelişim süreçleri ilerlerken hidroelektrik kaynakların özellikle Afrika için öneminin artacağı, Çin başta olmakla beraber nükleer yatırımların ise Doğu Asya da yoğunlaşacağı düşünülmektedir. 2060'a gelindiğinde günümüzde %80 olan kömür ve doğal gaz kullanımının iyimser olarak %50, makul açıdan %63, kötümser olarak ise %70 oranlarında seyredeceği varsayılmıştır. Bu senaryolarda yer alan en karmaşık ve önemli senaryo ise karbon emisyonu ve küresel ısınma problemleridir. Mevcut problemlerin ise çözümüne 30 ile 40 yıllık bir zaman içinde iyimser bir yaklaşımda bulunulmamakla birlikte senaryolar bazında da bu düşünce desteklenmektedir. Ancak yukarıda belirtilen 3 senaryoya göre de karbon emisyonunun 2060 yılına kadar zirveye görmesi beklenmektedir (ONAT, 2018, s. 1,3).

Şekil 16: 2000-2100 Yılları Arasında Birincil Enerji Kaynaklarının Kullanımında Değişim Beklentileri



Kaynak: (World Energy Council, 2004, s. 297)

Türkiye'nin enerji potansiyeli incelendiğinde yenilenebilir enerji açısından fosil kaynaklara kıyasla daha verimli ve avantajlı bir durumda olduğu anlaşılmaktadır. Başlıca yenilebilir enerji kaynaklarını hidrolik, rüzgâr, güneş,

biyokütle ve jeotermal olarak sıralamak mümkün olmakla birlikte, özellikle 433 milyar kWh/yıl bazındaki hidrolik potansiyeli ve bunu takip eden 216 kWh/yıl teknik potansiyel ile 164 milyar kWh/yıl ekonomik potansiyel dikkate alındığında, hidrolik enerji ciddi seviyelerde bulunan yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Türkiye de mevcut olan teknik hidroelektrik potansiyeli dünya teknik hidroelektrik potansiyelinin %1'ine karşılık gelirken Avrupa'nın ise %16'sına denk düşmektedir. 784.347 km²'lik yüz ölçümü ile geniş bir sahaya sahip olan Türkiye iklimsel özellikleri itibari ile de rüzgâr enerjisinde yüksek bir potansiyele sahip durumdadır. Rüzgârın sürekliliği ve hızı doğrultusunda enerji elde edimi konusunda bölgesel farklılıklar gözlenmekle birlikte elektrik işleri etüt idaresin yapmış olduğu bir çalışma kapsamında Türkiye'nin rüzgâr atlası çıkarılmış ve rüzgâr bazlı elektrik üretim potansiyeli için rüzgâr hızının 7.0 m/sn üzerinde olduğu değerler ile denizler üzerinde 10.463 MW karada ise 37.386 MW olmakla beraber toplamda potansiyel 47.849 MW olarak hesaplanmıştır. Türkiye jeotermal enerji olarak incelendiğinde ise yaklaşık 1000 adet doğal çıkışlı sıcak su kaynağını bünyesinde barındırmaktadır. Maden teknik aramanın yapmış olduğu çalışmada 198 tane jeotermal alan tespit edilmiş ve jeotermal ısı potansiyelinin 31.500 MW seviyesinde olduğu hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular ışığında Türkiye'deki jeotermal ısı alanının en büyük kısmının %79'luk oran ile Batı Anadolu bölgesinde olduğu saptanmış ve bu sırayı %8,5'lik oranla İç Anadolu, %7,5'lik değeriyle Marmara, %4,5 ile Doğu Anadolu ve 0,5'lik payı ile diğer bölgeler takip etmiştir. Ancak Türkiye'de bulunan sıcak su kaynaklarını %94'lük gibi büyü bir kısmı termal turizm, ısıtma, mineral çıkartmak vb. doğrudan kullanımına elverişli iken sadece %6'lık kısmı elektrik üretmek gibi dolaylı kullanıma uygundur. Tespit edilen jeotermal alanlardan 20 tanesi elektrik üretimine uygun halde olmanın yanı sıra hepsi Batı Anadolu da yer almış ve enerji üretim potansiyeli olarak 640 MW'lık bir değere sahip olduğu anlaşılmıştır (Yılmaz, 2012, s. 43). Matematiksel konumu itibariyle Türkiye'nin önemli bir yenilenebilir enerji potansiyeli de güneş enerjisidir. Ülkenin yıllık güneşlenme süresinin günlük 7,2 saatlik bir değer ile 2640 saat olduğu hesaplanmış ve yıllık ortalama güneş radyasyon değeri 1311 kWh/m² seviyesinde belirlenmiştir. Elektrik işleri etüt idaresin 2010 yılında yapmış olduğu çalışma ile Türkiye'nin güneş enerji

potansiyeli atlası çıkartılmış ve ülkenin güneş enerji potansiyelinin 56.000 MW'lık bir termik santrale eşit olduğu sonucuna varılmıştır. Bu değer yıllık ortalama 380 milyar kWh bazında bir üretime denk gelmektedir. Ne var ki güneş enerjisine bağlı olarak elektrik elde etme maliyetlerinin yüksekliği potansiyeli yüksek olan bu enerji türünün ülkede ticari anlamda kullanılmasını önemli derecede kısıtlamaktadır. İlerleyen teknolojik gelişmelere bağlı olarak maliyetlerin ucuzlaması ve bu enerji türünden yararlanılmasının artması beklenmektedir. Dünyada bulunan enerji kaynakları içerisinde azımsanamayacak bir paya sahip olan bir diğer yenilenebilir enerji kaynağı da biyokütle enerjisidir. %10'luk bir paya sahip olan biyokütle enerjisi dünyada ve Türkiye'de genel kullanım alanı olarak yakacak şeklinde yer bulsa da ülkede birincil enerji üretimindeki payı %11, tüketim ayağında ise %3,1'lik bir orana sahiptir. Ülkede modern anlamda biyokütle enerjisinin kullanımı 5015 sayılı Petrol Piyasası kanununda yer alan yerli hammadde kullanımıyla elde edilecek biyoyakıtlara ÖTV muafiyeti sonrasında gelişim sergilemiştir. Türkiye'de 117 bin tonluk bir yıllık potansiyele sahip olan biyokütle enerjisi yaklaşık olarak 32 Mtep'e denk gelmektedir. Bu potansiyel içersin deki en büyük pay 24,5 Mtep ile bitkilere aitken onları 4.5 Mtep ile orman atıkları ve 4,1 ile çok yıllık bitkiler takip etmektedir. Hayvansal kaynaklı yıllık atıklardan elde edilecek biyogaz potansiyelinin ise 1,5 ile 2 Mtep olacağı düşünülmektedir (Yılmaz, 2012, s. 45).

Yukarıdaki bilgiler ışığında ilerleyen dönemlerde ülkelerin enerji ihtiyaçlarının ve artan taleplerinin karşılanmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı gerek sürdürülebilir kalkınma açısından gerekse çevresel sorunların çözümü açısından kilit bir rol oynayacaktır. Özellikle gelişen teknoloji ile çevresel enerji dönüşüm sistemlerinin malzeme ve bakım maliyetlerinin azalma göstermesi, dünya enerji elde ediniminin arz güvenliliğini sarsmayacak şekilde bu doğrultuya yönelebileceğini düşündürmektedir.

1.6.1.1. Hidroelektrik Santrali ile Elektrik Enerjisi Üretimi

Dünya nüfusunun gün geçtikçe hızlı bir şekilde artmasıyla birlikte enerjiye ve suya duyulan ihtiyaçta artmaktadır. Petrol kömür ve doğalgaz gibi yenilenemez

birincil enerji kaynakları yerine rüzgâr, güneş, biyokütle, hidrolik ve okyanus gibi yeni kaynaklar kullanılmaya başlanmıştır (ŞEKELLİ & KEÇECİOĞLU, 2011, s. 19). Hidrolik enerjisinin kullanım yaygınlığı gözetildiğinde diğer yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde çok ciddi bir orana sahiptir. Hidrolik enerjinin yenilenebilir kaynak çeşidi olması bakımından çevreye de önemli bir etkisi bulunmaktadır. Hidrolik santraller diğer fosil kaynak kullanan santrallere kıyasla elektrik üretimi için bir hammaddeye ihtiyaç duymaması bakımından işletim maliyetlerinde önemli bir avantaja sahiptirler. Fosil bir kaynak kullanımının söz konusu olmaması temiz bir enerji üretimini göstermekte ve diğer enerji üretim santralleri ile mukayese edildiğinde verimlilik, işletme maliyeti ve uzun işletme süresi açısından en iyi değerleri bünyelerinde barındırmaktadırlar. Günümüz dünyasında elektrik enerjisi çeşitli kaynaklardan ve enerji dönüşüm sistemleri ile temin edilmektedir. Bu sistemler ve kaynaklardan en yaygın kullanılanı hidrolik enerjisi ile hidroelektrik santralleridir. Dünya genelindeki brüt hidroelektrik potansiyeli yaklaşık olarak 40.150 Twh/yıl iken uygulanabilir teknik potansiyel 14.060 Twh/yıl, ekonomik olarak uygulanabilir teknik potansiyel ise 8.905 Twh/yıl değerindedir (ORAL, BEHÇET, & AYKUT, 2017, s. 30). Türkiye özellikle hidrolik, rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarında büyük bir potansiyele sahiptir. Ülkede yenilenebilir bazlı üretilen enerji seviyeleri toplam üretilen enerji seviyesinin %25’lik kısmına karşılık gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından hidrolik enerjisi ise Türkiye’nin jeomorfolojik yapısı ile klimatolojik/hidrolojik özellikleri değerlendirildiği de ciddi bir önem sahiptir (ŞEKELLİ & KEÇECİOĞLU, 2011, s. 22).

Hidrolik enerji ilk olarak M.Ö. 500’lerde buğday ve mısırların öğütülmesi için yapılan değirmenlerde kullanılan su gücü, ilerleyen zaman ve değişen ihtiyaçlar sonrasında enerji üretimi için kullanılmaya başlanmıştır. 1800’lü yılların sonlarına doğru elektriğin günlük hayatta kullanımın yaygınlaşmasını takiben ilk hidroelektrik santrali 1882 yılında Londra’da kullanılmaya başlanmış ve ülkemizde de 1902 yılında Tarsus bölgesinde 2 kW gücünde bir mini su türbinli tesis kurulmuştur. 20.yy ile yükseliş dönemine giren hidroelektrik santralleri günümüze

kadar epey ilerletilmiş ve konu ile ilgili edinilen bilgi, tecrübe vb. kazanımlar bütün ülkelere hizmet olarak sunulmuştur. Hidroelektrik santralinin çalışma prensibi temelde akarsu yatağında sürtünmeye giden enerjinin verimli halde kullanılmasına dayanır. Basit olarak ele alınacak olur ise; suyun akışından gelen enerjiyi su türbinleri vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüştürülmesi, ortaya çıkan bu mekanik enerjiyi ise su türbinlerinin tahrik ettiği jeneratörler yardımıyla elektrik enerjisi hâline getirilmesidir. Üretilen elektrik enerjisi ise iletim hatları yardımıyla şebekeye aktararak tüketicilere sunulmaktadır (MERCAN, 2014, s. 5).

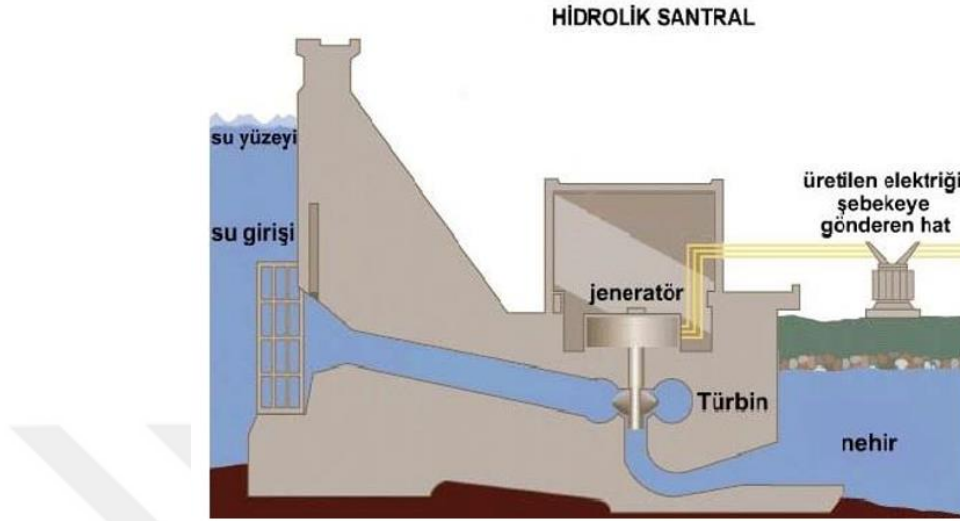
Şekil 17: Hidroelektrik Üretim Akım Şeması



Kaynak: (BOZDEMİR, 2013, s. 6)

Hidroelektrik santrallerinde belirli bir zaman aralığında ideal çalışma şartlarında üretilmesi muhtemel enerjiye üretilen enerji denmektedir. Üretilen enerji; güvenilir (firm) enerji, ki bu belirlenen zaman aralığının %95'inde bulunan su hacmi ile üretilen enerji ile sekonder enerji diye tabir edilen kalan zamanda bulunan su hacmiyle üretilen enerjinin toplamıdır (MERCAN, 2014, s. 13). Standart bir hidroelektrik santralinde üretim basit haliyle aşağıdaki şekilde gibidir.

Şekil 18: Basit Olarak Hidroelektrik Santralinde Enerji Üretimi



Kaynak: (MERCAN, 2014, s. 15)

Hidroelektrik santralleri depolama yapılarına göre, düşülerine göre, kurulu güçlerine göre, ulusal elektrik sisteminin yükünü karşılama durumlarına göre, baraj gövdelerinin türlerine göre ve santral binalarının konumuna göre sınıflandırmak mümkündür. Ancak temel olarak ele alındığında iki tip hidroelektrik santral türü vardır. Bunlar barajlı yani depo tipi ve barajsız olarak da tabir edilen akarsu tipi santrallerdir.

Akarsu tipi bir başka deyişle nehir tipi santraller; herhangi bir birikim yapısı olmaksızın suyun belli bir yükseklikten pompalanarak düşürülmesine bağlı olarak santrale sisteme dahil edilmesi suretiyle işleyen santral türleridir. Baraj yapısının bünyesinde bulundurmeyen akarsu tipi santrallerin en önemli dezavantajlarından biri verimliliklerinin mevsimsel koşullara bağlı olarak değişkenlik göstermesidir. Coğrafi özelliklerden direkt olarak etkilenen bu santral tipi düşü ve debi olmak üzere iki temel değişken çerçevesinde verimlilik göstermektedir. Santral türbinlerini tahrik eden suyun gücüne göre üretilen elektrik debi ve düşü değerleri ile doğru orantılıdır. Depo tipi şeklinde tabir edilen ve barajlı bir yapıya sahip olan biriktirmeli hidroelektrik santrallerde ise durum, suyun önün bir baraj yapısı ile kapatılması sonucu birikim sağlanması şeklinde seyreder.

Buradaki temel amaç kurak dönemlerde su ihtiyacının buradan karşılanmasıdır. Lakin baraj tipi santrallerin çevreye zararları nehir tipi santrallere kıyasla daha yıkıcıdır. Büyük alanların sular altında kalmasına neden olan bu santral tipleri bölgeyi etkisizleştirerek verim elde edilmesini olanaksız hale getirmekle birlikte birikim olan alanda, su içerisindeki cıva oranının artış göstermesine ve su canlılarının etkilenmesine bağlı olarak ilgili havzadaki balıkların tüketilmesi durumunda insan sağlığı açısından olumsuz sonuçlar arz etmektedir (YAMAN & HAŞIL, 2018, s. 147).

Şekil 19: Akarsu Tipi Hidroelektrik Santrali



Kaynak: (T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, 2013, s. 18)

Hidroelektrik santrallerini düşülerine göre sınıflandıracak olursak yüksekliğin 10 metreden aşağı olan santraller alçak düşülü, yüksekliği 10 ila 50 metre arasında bulunan santraller orta düşülü ve yüksekliği 50 metre üstünde olan santraller ise yüksek düşülü santraller olarak değerlendirilmektedir. Sınıflandırma kurulu güce göre yapıldığında ise kurulu gücü 100 kW'ın altında olan santraller çok küçük (mikro) kapasiteli santraller olarak adlandırılmaktadır. Mikro ölçekli santraller üretim hacimleri dolayısıyla ulusal enerji hattına elektrik tedarik etmezler. Bu ölçekteki santraller genel olarak ulusal enerji şebekesinin ulaşamadığı merkezi yerleşim yerlerine uzak kalmış bölgelerde inşa edilmektedirler. Ürettikleri

enerji ufak bir yerleşim yerinin yada bir üretim tesisin temel ihtiyaçlarını idame ettirebilecek güçte olup, bu tip santraller kış mevsiminde enerji iletim hatlarında ortaya çıkabilecek sorunlardan etkilememesi, debi değeri düşük olan akarsuların üretimde kullanılması ve dönemsel olarak demonte edilebilmesi bakımından sadece yaz mevsiminde kullanılan, merkezi şebeke kurulumunun maliyetli ve zor olduğu yüksek yayla, mezra gibi alanların enerji ihtiyacının karşılanması için uygun tesislerdir. Küçük (mini) kapasiteli santraller ise 100 kW ile 1.000 kW arası üretim yapan santraller olup ulusal enerji hatlarına elektrik tedarik etmekle birlikte enerji şebekesine katkıları düşük seviyelerde seyretmektedir. Genel olarak akarsu kenarına kurulan ufak yerleşim bölgelerinin enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılmaktadırlar. 0,1 MW ile 1 MW'lık bir üretim hacmi olan bu santrallerin; 100 kişilik nüfusun yaşadığı ve 20 evin bulunduğu bir yerleşim yerinin elektrik ihtiyacının karşılanması bakımından 0,1 MW'lık üretimin yeterli olduğu düşünülerek değerlendirilmesi gerekmektedir. Orta kapasiteli hidroelektrik santralleri ise 1.000 kW ile 10.000 kW'lık bir üretimin gerçekleştiği diğer bir deyişle maksimum üretim hacminin 10 MW olduğu santrallerdir. Orta ölçekli santrallerin ürettiği enerji gerek enerji nakil hatları ile ulusal şebekeyi besleyebilmekte gerekse yerel bir yerleşim bölgesinin yahut büyük ölçekli bir üretim tesisinin enerji ihtiyacını karşılayabilmektedir. Orta ölçekli bir santral minimum kapasite bakımından değerlendirildiğinde, 1 MW'lık üretim 1.000 kişinin yaşadığı ve 200 evin bulunduğu bir yerleşimin enerji ihtiyacının karşılanması bakımından yeterlilik göstermektedir. Orta ölçekli santraller Türkiye'de yer alan hidroelektrik santrallerinin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Büyük ölçekli hidroelektrik santralleri ise 10.000 kW yani 10 MW'ın üzerinde enerji üretimi gerçekleştire bilen santrallerdir. Ortalama olarak bir evin elektrik ihtiyacı 5kW kabul edilirse ve bir hanede 5 kişinin yaşadığı varsayılacak olursa, 10.000 kişilik nüfusa sahip 2.000 hanenin bulunduğu bir yerleşim yerinin enerji ihtiyacının karşılanmasında 10 MW'lık bir üretimin yeterli olabileceği düşünülmektedir. Büyük ölçekli üretim gerçekleştiren hidroelektrik santraller, kömür ve doğalgaz ile üretim gösteren termik santrallerde olduğu gibi konvansiyonel güç santralleri sınıfında değerlendirilmektedir. Üretilen enerji diğer santrallerin üretimiyle birlikte ulusal enerji şebekesine nakledilebilmektedir. Hidroelektrik santrallere ulusal

elektrik şebekesinin yükümünü karşılama durumlarına göre sınıflandırma yapıldığında; baz yüklü santraller, puant ya da pik yüklü santraller ve hem baz hem de puant yüklü santraller olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma baraj gövdesinin türüne göre yapıldığında; ağırlıklı beton gövdeli santraller, beton kemer gövdeli santraller, kaya dolgu gövdeli santraller ve toprak dolgu gövdeli santraller olarak sınıflandırılırlar. Santral binalarının konumuna göre ele alındıklarında ise yer üstü santraller, yer altı santraller ve batık yahut gömülü santraller şeklinde ayrılırlar (T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, 2013, s. 18,19).

Hidroelektrik santrallerin bünyesinde bulunan yapılar temel olarak ele alındığında ise; akarsu suyunun depolanması ve düşü elde edilmesi için baraj gövdesi ile gölü, yağışların yoğun geçtiği dönemlerde baraj seviyesinin maksimum doluluğa ulaştıktan sonra, baraj gövdesinin zarar almasını önlemek ve fazla yük bindiren suyun akarsu yatağının mansabına yollanmasını sağlamak için dolu savak ve dip savak tesisleri, suyun iletim kanalı, iletim tüneli yahut enerji tüneli veya cebri boru gibi yapılar ile suyun türbinlere ulaşmasını sağlayan su yolu tesisleri, (cebrî borular baraj gölü ile türbinler veya yükleme odası ile türbinler yahut denge bacası ile türbinler arasında suyun aktarılmasını sağlayan basınçlı dayanıklı borular olmakla beraber, hidroelektrik santrallerin toplam maliyetleri içerisindeki payları yüksek olduğu için santrallerin ekonomik çap tespiti son derece önemlidir.) santrallerin enerji tünellerinde veya cebri borularında oluşabilecek ani basınç artışlarını önlemek için denge bacaları ve son olarak da içerisinde türbinlerin, jeneratörlerin, yardımcı ekipmanlar ile kontrol ve kumanda odasının bulunduğu santral binası yer almaktadır (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü, 2019).

Yıllar içerisinde gelişimi aralıksız devam eden teknoloji ve sanayinin çevre üzerindeki dikkati arttırması, nüfus artışı ve çarpık kentleşmenin yaşanması çevre sorunlarını yeniden dünyanın gündemine taşımıştır. Özellikle son zamanlarda ülkelerin artan elektrik ihtiyaçlarını karşılamak ve enerjide dış dünyaya olan bağımlılığı azaltmak için uyguladıkları politikalarda hidroelektrik santralleri ciddi

bir önem kazanmıştır. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olması bakımından çevreci bir enerji üretim tesisi olarak algılanan hidroelektrik santrallerin çevreye yarattığı sorunlar azımsanamayacak kadar ciddidir. Genel olarak özel sektör tarafından inşa edilen ve işletilen hidroelektrik santraller çevresel, toplumsal ve kültürel etkiler yaratmaktadır. Bu bağlamda hidroelektrik santrallerin doğurabileceği çevre sorunlarını planlama, yapım, işletme ve eşgüdüm sorunları olarak dört temelde incelemek gerekmektedir. Planlama alanındaki sorunların kaynağı olarak hidroelektrik santral projelerinin bütüncül bir şekilde planlanmadan hayata geçirilmesi gösterilebilir. HES projeleri hayata geçirilirken akarsulardan elde edilecek enerji ve potansiyeller göz önüne alınırken, kullanılacak akarsuyun ekonomik, toplumsal ve kültürel değerlerinin düşünülmemesi gibi, sadece enerji karlılığının ele alınıp çevresel etkilerinin ikincil plana atılması ve HES projelerine bütüncül bir şekilde yaklaşılmaması çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Projelerin planlama safhalarında ortaya çıkan ve göz ardı edilen bir diğer sorun ise elektrik iletim hatlarının geçeceği alanlardaki orman tahribatıdır. HES'lerin yapım aşamasındaki çevresel sıkıntıları ise, inşaat çalışmalarının sürdürüldüğü alanın genişliğine göre farklılık göstermektedir. İlgili alanda bulunan akarsuyun doğal akış düzeninin değiştirilmesi, toz, ciddi seviyelerde gürültü, trafik ve çevre tahribatı başlıca sorunları oluşturmaktadır. Özellikle yapım sürecinde ortaya çıkan hafriyat ve taşınması bölgeye göre ciddi sorunları da beraberinde getirmektedir. Eğimli alanlarda yapılan HES inşaatlarında çıkan hafriyatın tamamının dere yatağına dökülmesi orman bölgesinin zarar görmesine hatta yetisini kaybetmesine yol açmaktadır. Yamaç alanlarda yapılan HES'ler de ise en önemli sorunların başında erozyon ve toprak kayması gelmektedir. Yeni yolların yapılması orman tahribatının bir diğer nedeni olmakla beraber inşaat sürecinde ve sonrasında yer altı sularının olumsuz yönde etkilenmesi de bir diğer çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca inşaat sürecinde dinamit kullanımı hava ve toprak kirliliğine sebebiyet verirken oluşan gürültü bölgedeki canlıları önemli ölçüde etkilemektedir. Üretime ve işletme sürecine geçen HES'lerin bulundukları bölgedeki akarsuyun büyük bir kısmını kullanmaları, nehir suyunun akış miktarını, akış hızını ve derinliğini etkileyerek çevredeki ekosisteme başta can suyu problemi olmak üzere birçok alanda zarar vermektedir. İşletme dönemi çevre sorunlarından

önem arz eden bir diğer durum ise, HES'lerin kullandıkları akarsuyun ciddi bir kısmını bir havzada tutmasından dolayı yer altı sularının azalma göstermesi ve bölgedeki sulak yerlerin kurak hale gelmesidir. Son olarak sadece hidroelektrik santraller bazında olmayıp, genel olarak herhangi bir projede çalışan birimlerin birbiri ile uyum ve ahenk içinde olmaları ve birbirlerine danışarak ilerlemeleri eş güdüm olarak ifade edilmekte ve uyum sağlanamaması halinde oraya çıkacak koordinasyon zaafının, yürütülen projelerde sorunlara yer açacağı su götürmez bir gerçek olmaktadır. Bu bağlamda HES projelerin de ortaya çıkacak bir eş güdüm probleminin sosyal, teknik ve çevresel bazda özellikle can suyu konusunda sıkıntılar yaratabileceği düşünülmelidir (YAMAN & HAŞIL, 2017, s. 148,149).

Hidroelektrik santrallerin çevresel sorunlarından başka dezavantajları da olabilmekle beraber önemli avantajları da bulunmaktadır. Avantajlarını sıralayacak olursak;

- Ekonomik işletme süresinin uzun ömürlü olması.
- Dünya genelinde kullanımının yaygın olması.
- Diğer fosil yakıt bazlı üretim sistemlerine kıyasla daha çevreci bir yapıda olması.
- İşletme ve bakım maliyetlerinin ekonomik olması.
- Enerji üretim sürecinde yakıt tüketiminin bulunmaması.
- Tesisin yapılan yatırımın geri ödeme sürecini kısa bir sürede tamamlaması.
- Üretimden elde edilen verimin yüksek olması.
- Enerjide dışa bağımlılığın azaltılması konusunda yerli kaynak kullanması.
- Kurulduğu bölgeye sosyal ekonomik katkı sağlaması olarak sıralanabilir (BOZKURT & TÜR, 2015, s. 325).

Dezavantajları incelendiğinde ise;

- Kurulan tesisin baraj büyüklüğü doğrultusunda ciddi ölçekteki alanlar sular altında kalabilir ve bu duruma bağlı olarak yaban hayatı, su canlıları ile bitkiler olumsuz yönde etkilenebilir.
- Rezervuar oluşturup su biriktirmek için baraj inşası gerekmektedir, bu durum bölgedeki yerleşik düzeni etkileyebilir.
- HES tesisin kurulması maliyetli bir süreçtir.
- Baraj tahliyesine bağlı olarak santralin bulunduğu bölgede sel baskınları yaşanabilir.
- İkilime bağlı olarak kurak dönemlerde verim düşebilir.
- Rezervuar oluşturmak için baraj inşasıyla beraber suyun akışının kesilmesine bağlı olarak sudaki oksijen seviyesi düşebilir ve balık ölümleri gerçekleşebilir.
- HES'ler genel itibariyle yerleşim alanlarından uzak yerlere inşa edildiklerinden dolayı iletim hatlarına ihtiyaç duyarlar bu durum enerji kaybına yol açabilmektedir (GÖKTAŞ, 2018, s. 35).

Hidroelektrik santrallerinin en büyük özelliklerinden ve avantajlarından biri ulusal şebeke ile olan ilişkisidir. Ulusal enerji şebekesinde ihtiyaç duyulan güç ve enerjinin sabit seyretmemesi ve sürekli olarak değişken bir yapıda olması, gerektiği zaman kısa sürede ekonomik bir şekilde devreye girip çıkabilen ve oluşan ani enerji talebini ivedilikle karşılaya bilen hidroelektrik santrallerini vazgeçilmez tesisler haline getirmektedir. Bu bağlamda oluşan ani enerji taleplerinin kesintiye mahal vermeksizin karşılanması konusunda hidroelektrik santralleri, ulusal enerji şebekesi için son derece önemli bir rol oynamaktadır (TAM, 2009, s. 182).

1.6.1.2. Rüzgâr Enerjisi ile Elektrik Üretimi

Rüzgâr enerjisi; yel değirmenleri ile insanoğlunun hayatına girdiği günden bugüne insan hayatında birçok şekilde ve görevde yer almıştır. Özellikle 1980 sonrası dönemde Avrupa ve Amerika başta olmak üzere dünyanın farklı bölgelerinde ekonomi, çevre ve enerji olarak modern çağın yapısına göre

evrimleşmiş bir mühendislik olarak insanların hayatındaki rolünü daha da önemli bir konuma getirmiştir. Rüzgâr enerjisinden elektrik üretimine bakıldığında santrallerin çoğalması, rüzgâr türbini imalatında seri üretime geçilmesi ile bu alana yönelik olarak yapılan yatırımlar artmış ve bu bağlamda santrallerin ebatları da gelişen teknolojiler ile daha büyük hacimlere ulaşırlarken bulundukları konumları da sadece karalar ile sınırlı kalmayıp deniz ve okyanus üzerlerine de taşınmıştır. Dünyada ilk kez 1891 yılında modern anlamdaki aerodinamiğin değerli mühendislerinde biri olan Paul la Cour tarafından Danimarka da üretilen rüzgâr türbini 1980’li yıllara gelindiğinde elektrik birim fiyatlarındaki yüksekliklere istinaden endüstriyel alandaki gelişmelerle birlikte 55 kW kapasiteli türbinler şeklinde üretime alınmış ve enerji birim fiyatının düşürülmesinde göstermiş olduğu başarı neticesinde endüstri bu alanda önemli gelişmeleri de bünyesine katmıştır. 80’den günümüze kadar olan ki süre zarfında rüzgâr türbinleri, boyut ve güç alanında ciddi ilerlemeler kaydetmiş ve günümüz uygulamalarında 70m, 80m ve hatta 120m rotor çapına ulaşmasının yanında 3 MW ve üzeri elektrik üretme kapasitelerine sahip olmuşlardır. Yapılan ölçümler sonucunda deniz üstü kurulumun daha verimli olduğu kanaatine varılmış ve bu kapsamda deniz üstü ya da Offshore – Alarga olarakta adlandırılan rüzgâr türbinleri kurulmaya başlanmıştır. İlk deniz üstü rüzgâr türbini çiftliği 5 MW’lık bir güç olarak Danimarka’nın Lolland adası yakınlarında kurulmuştur. Avrupa’nın diğer ülkelerinde de aktif olarak kullanılan rüzgâr türbinleri ve bu doğrultuda üretilen elektrik kapasitesinin gelecek yıllarda istikrarlı bir şekilde artması planlanmaktadır (ÇOLAK & DEMİRTAŞ, 2008, s. 59,60).

Türkiye’de rüzgâr enerjisi türbini ilk kez 1986 yılında Çeşme’de kurulmuş ve 55 kW’lık bir güç kapasitesini bünyesinde barındırmıştır. Ancak 1986 yılı ile 1996 yılları arasında ülkede bu alan dahil anlamlı bir gelişme yaşanmamıştır. 1998 yılında konu tekrardan gündeme alınmış ve 1,5 MW gücünde bir rüzgâr enerjisi tesisi İzmir Alaçatı da kurulmuştur. Bahsi geçen rüzgâr enerjisi santrallerinin verimli çalışma ömürleri 20 yıl civarında olup yaklaşık olarak 30 yıllık bir hizmet süresince faaliyet gösterebilirler. 3 m/s’lik rüzgâr hızında üretime geçen santraller

25 m/s hızına kadar üretime devam edebilmektedirler. Teorik olarak 1 yıl boyunca %100 kapasite ile durmaksızın çalışan 1 MW'lık bir rüzgâr santralinin, tam güçte çalıştığı varsayımı altında üreteceği elektrik miktarı 8,76 milyon kWh olarak hesaplanmıştır. Bu değer gerçek koşullarda kapasite faktörü çerçevesinde hesaplanan değerın 1/3 kadar olmaktadır. Kapasite faktörü rüzgâr santralleri için genellikle %20 ile %45 arasında değişen bir değer bandında bulunmaktadır (KARIK, SÖZEN, & İSKENDER, 2015, s. 223).

Rüzgâr enerjisinin oluşturduğu mekanik enerjiden iki tür enerji elde edilmektedir. Bir tanesi rüzgârdan elde edilen mekanik enerjiyi başka bir mekanik enerjiye dönüştürmek, bir diğeri ise rüzgârdan sağlanan mekanik enerji ile elektrik elde edilmesidir. Ticari olarak elektrik üretimi için kullanılan iki farklı rüzgâr türbini bulunmaktadır. Bunlardan bir tanesi yatay eksenli türbinlerken bir tanesi de dikey eksenli türbinlerdir. Çoğul kullanım yatay eksenli türbinler üzerinde olmakla birlikte koşullara ve konumuna göre dikey eksenli türbinlerde tercih edilebilmektedir. Yatay eksenli türbinler farklı yüksekliklerde ve ebatlarda sundukları kullanım olanaklarından dolayı rüzgâr enerjisinden faydalanma konusunda ilgili tesislerde daha çok tercih edilmektedirler. Çalışma prensipleri açısından bakıldığında bu türbinler rüzgârdan gelen kinetik enerjiyi dik bir açıyla karşılarlar ve kanat sayısı ile kanat çapına bağlı olarak rüzgârın getirmiş olduğu kinetik enerjiyi rotora aktarırlar. Rotorun tahriki sonucunda ortaya çıkan mekanik enerjiyi çarklar vasıtasıyla jeneratöre iletirler ve bu iletim sonrasında elektrik elde edimini gerçekleştirmiş olur. Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin kendi içerisinde iki çeşidi mevcuttur. Bunlardan bir tanesi rüzgârı arkandan alan kanat tipi iken bir diğeri de rüzgârı önden alan kanatlardır. Genellikle rüzgârı önden karşılayan kanat tasarımları kullanılmakla birlikte bu kanatlar uçak kanatlarını andırarak, kanatların alt ve üst kısımlarından geçen rüzgâr hızının değişiklik göstermesi suretiyle kanatları dönmeye zorlaması şeklinde çalışmaktadırlar (KARABUL, 2019, s. 48,49).

Şekil 20: Rüzgâr Santralinde Yatay Eksenli Türbin ve Türbini Oluşturan Unsurlar



Kaynak: (KARABUL, 2019, s. 50)

Dikey Eksenli rüzgâr türbinlerinin kullanım alanları ise genellikle küçük çapta enerji elde ediminin söz konusu olduğu yerlerdir. Rüzgârın estiği doğrultudan bağımsız bir şekilde işleyişini sürdüren dikey türbinler verim olarak yatay eksenli türbinlere kıyasla çok daha düşük kapasiteye sahiptirler. Ve bu verim

kullanılan kanat çapı, uzunluğu ve kule yüksekliğiyle birlikte değişiklik göstermektedir (KARABUL, 2019, s. 50).

Şekil 21:Dikey Eksenli Rüzgâr Türbini

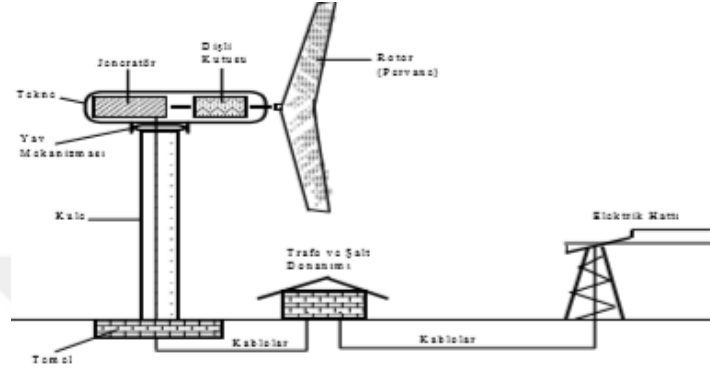


Kaynak: (KARABUL, 2019, s. 51)

Rüzgâr türbinleri komplike teknolojiler olup birçok bileşeni bünyelerinde barındırmaktadır. Kule, jeneratör, rotor, kontrol üniteleri vb. bunlar ilk akla gelen bileşenler olmakla birlikte üretilen elektriğin şebekeye gönderilmesi için kablolar, transformatör ve kesiciler gibi yeni bileşenlerde sisteme dahil olmaktadır. Bu

bağlamda ilgili santrallerin hayata geçirilmesinde, iyi bir mühendisliğin yanında güçlü bir finansal çalışmanın da yapılması gerekmektedir.

Şekil 22: Standart Bir Rüzgâr Santralinin Ana Unsurları



Kaynak: (HAYLİ, 2001, s. 5)

Standart bir rüzgâr türbinin yatırım maliyetlerini ele alacak olursak;

- Projelendirme ve danışman maliyetleri.
- Santralin ve santral çevresinin inşa maliyetleri.
- Üretilen elektriğin şebekeye aktarılması için gerekli bağlantı maliyetleri.
- SCADA olarak adlandırılan kontrol, denetim ve veri toplama maliyetleri başlıca kalemlerdir.

Rüzgâr türbinlerinin de her tesis gibi işletme ve bakım maliyetleri bulunmakla birlikte bu maliyetler geleneksel elektrik üretim tesislerine kıyasla oldukça makul seviyelerde seyretmektedir. Bu kapsamda standart bir rüzgâr

santralinin başlıca değişken maliyet kalemlerini incelediğimizde şu şekilde sıralamak mümkündür;

- Santralin işletilmesi ve santral bölümleri ile mekanik parçalarının düzenli bir şekilde bakımlarını kapsayan işletme ve bakım maliyetleri.
- Rüzgâr türbinin kurulduğu arazinin kiralık olduğu durumlarda arazinin yıllık kirası ve üretilen elektriğin şebekeye aktarımı için yetkili kuruma ödenen bağlantı ücretini oluşturan arazi ve trafo merkezi maliyetleri.
- İnşa edilen santralin olumsuz durumlara karşın sigortalanması ile santralden elde edilen gelirin vergilendirilmesini içeren sigorta ve vergi maliyetleri.
- Kurulan santralin yönetimi ile ilgili olarak oluşan idari giderler ve tahmin, uzaktan yürütülen kontrol ve ölçüm giderleri de ilgili santralin değişken maliyetleri arasında bulunmaktadır.

Değişken maliyetlerin hesaplanmaları ve tahmin edilmeleri yapıları gereğince sabit maliyetlere kıyasla oldukça güçtür. İlgili maliyetlerin oluşumlarında santralin kurulduğu ülkenin ve bölgenin yapısal özelliklerinde ortaya çıkacak bir farklılığın dahi, maliyetlere etki etmesinin gözlemlenmesi değişken maliyetlerde genelleme yapma imkânını ortadan kaldırmaktadır. Ancak rüzgâr santrallerinin 1980'den günümüze kadar olan gelişim süreçleri incelendiğinde işletme ve bakım maliyetlerinde aşağı yönlü bir hareketliliğin kaydedildiğini söylemek yanlış olmayacaktır (TÜYSÜZ, 2019, s. 45).

Günümüz enerji teknolojileri içerisinde hızlı bir yer bulan ve yaygınlaşan rüzgâr santrallerinin diğer enerji üretim teknolojilerinde olduğu gibi avantaj ve

dezavantajları mevcuttur. Bunları inceleyecek olursak avantajlarını ele aldığımızda şu şekilde sıralanabilirler;

- Enerji iletim hatlarının ulaşamadığı yahut ulaşımının sıkıntılı olduğu yerlerde enerji ihtiyacının karşılanması konusunda oldukça elverişli olup, herhangi bir hammadde maliyetine gereksinim duymazlar.
- Rüzgâr santralleri karmaşık cihazlar olmamakla birlikte herhangi bir operatöre ihtiyaç duymaksızın kendi başlarına çalışabilirler. Bakımları düzenli yapıldığı müddetçe 20 ila 30 yıllık işleme ömürleri vardır.
- Herhangi bir patlama yahut radyoaktivite durumları söz konusu olmayıp işletilmesi tehlikeli tesisler değildir. Çevreye bir zararlarının olmamasının yanında, günümüze kadarki

geçmişlerinde montaj aşaması haricinde herhangi bir ölümcül kaza bulunmamaktadır.

- Hammadde yahut girdi gereksinimleri olmadığından ani yaşanan fiyat artışları tesis için yük oluşturmamakta ve üretimde fiyat artırımını olarak tüketiciye yansıtmamaktadır.
- Atmosfer bazında ya da çevresel olarak herhangi bir atık üretimleri bulunmamaktadır.
- Yerli bir üretim kaynağı olan rüzgâr türbinleri, ülkede üretilecek olan türbinler vasıtasıyla istihdama yol açmaktadır.
- Rüzgâr türbinlerinde projenin yapılma kararının alınmasından itibaren inşasına başlanması ile üretime geçiş arasında üç ay gibi kısa bir süre bulunmaktadır.
- Rüzgâr türbinleri parçaların birleşmesi suretiyle inşa edildikleri için istenilen ebatlarda üretilebilirler. Sökülüp taşınabilme kabiliyetleri vardır.
- İşletme süresini tamamlamış rüzgâr türbinlerinin sökülen parçalarının hurda fiyatları, söküm işleminin maliyetlerini karşılayabildiği için söküm işlemleri maliyet teşkil etmemektedir.
- İlgili santrallerin kurulum yerleri karalarda genellikle kırsal bölgeler olup, kuruldukları bölgedeki arsa satış veya kiralalarıyla bölge ekonomisine katkıda bulunmakla birlikte inşa süresince de bölgede istihdam yaratmaktadır.
- Rüzgâr türbinlerinin genel olarak kurulumunun gerçekleştiği arsalar 100 m²'lik bir yer teşkil etmesinin yanında her bir türbinin birbirine olan mesafesi kanat çapları ile rüzgâr rejimine bağlı olarak 50-200 metre arasında olup aralarında kalan topraklarda başka girişimlerin yapılmasında teknik açıdan herhangi bir sakınca bulunmamaktadır. Bu duruma bağlı olarak santral inşası sırasında bir alan kaybı söz konusu olmamaktadır.
- Güncel durumda yeni kurulan rüzgâr santralleri termik ve hidrolik santraller gibi yüksek üretim hacmi açık olan santral sistemleri ile

rekabet edebilecek aşamaya gelmiş ve üretilen elektriğin kWh maliyeti 3-6 sent dolaylarında seyretmenin yanı sıra ilerleyen süre zarfında azalacağı düşünülmektedir (AYDINYÜZ, 2015, s. 8,9).

Elbette ki rüzgâr santrallerinin avantajlarını yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Dezavantajlarının ele alınması durumunda şu şekilde sıralanmaları mümkündür;

- Türbinleri çalışması esnasında çıkardıkları sesler rahatsız edici olmakta ve çevrede yaşayan insanlar için bir gürültü kirliliği oluşturmaktadır. Her ne kadar bu durum gelişen teknolojiyle beraber minimize edilmeye çalışılsa da ilgili santraller yerleşimden ve hassas vahşi yaşam alanlarından uzak yerlere kurulmaktadır.
- Rüzgâr türbinlerinin enerji üretimi rüzgârın esintisine ve şiddetine bağlı olduğundan değişken bir üretim sergileyebilmektedir.
- Çalışma esnalarında kuş ölümlerine neden olmalarının yanında, 2-3 kilometre çaptaki telsiz haberleşmelerinde ve radyo, televizyon gibi alıcı dahilinde çalışan cihazların sinyallerinde parazit oluşumuna sebebiyet vermesiyle birlikte başta Avrupa olmak üzere kuruldukları bölgelerde seçicilik esas olmaktadır (AĞÇAY, 2007, s. 14).

Elektrik üretim teknolojileri gün geçtikçe çevreci bir şekilde gelişmekte ve yerli kaynakların yardımı ile talep edilen enerji ihtiyacının karşılanması konusunda oldukça faydalı olmaktadır. Bu teknolojilerden bir tanesi de rüzgâr türbinleridir. Bakım maliyetlerinin düşüklüğü ve kısa sürede hayata geçirilmesinin yanında yerli kaynakla temiz enerji üretimleri göz önünde bulundurulduğunda 1980'lerden günümüze kadar olan ki gelişimlerinin devam edeceği su götürmez bir gerçek olmaktadır. Şüphesiz ki enerji bağımsızlığında ve temiz enerjideki rolünü gelecekte

de güçlendirecek olan rüzgâr santralleri önümüzdeki zaman dilimlerinde de enerji konusunda gündemimizde yer teşkil etmeye devam edeceklerdir.

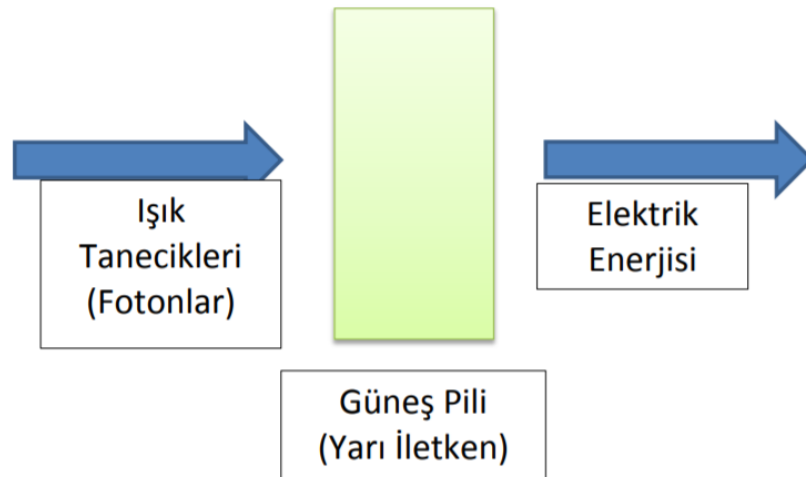
1.6.1.3. Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi

Enerji elde ediniminde fosil kaynakların dünya sağlığına bir yük oluşturmaya başlamasının fark edilmesinden itibaren, dünyanın enerji ihtiyacının giderilmesinde farklı yöntemler ve metotlar gündeme getirmeye başlanmış ve enerji kaynaklarında çeşitlendirilmeye gidilmiştir. Bu doğrultuda geliştirilen teknolojilerden bir tanesi de güneş enerji ile elektrik üretimine olanak sağlayan fotovoltaik sistemlerdir. Fotovoltaik sistemlerin kullanılmasının teşvik edilmesi konusunda birçok ülke girişimlerde bulunmuş ve hali hazırda bulunmakta olup, güneş bazlı elektrik elde ediniminde merkezi elektrik şebekesinden evlerin çatılarına kurulan sistemlere kadar birçok teknolojik alan da gelişme kaydedilmiş ve güneş teknolojisi yaygınlaştırılmaya başlanmıştır. Güneş enerjisinden elektrik üretiminde uzun bir süre Almaya 9,8 GW ‘lık kurulu güç kapasitesi ile lokomotif görevini üstlenirken onu 3,4 GW ile İspanya ve 2,6 GW ile Japonya takip etmiştir. Ülkemizde de konuyla ilgili yasal düzenlemeler ve teşvikler 2005 yılı ile 2010 yılı arasında çıkan kanun ve düzenlemeler kapsamında ele alınmış lakin üretim fazlası oluşacak olan enerji yükünü ulusal şebekeye aktarımı konusunda maliyetler tatmin edici seviyeye gelememiştir. Kapsamlı meteorolojik incelemeler sonucunda Türkiye’nin yıllık ortalama güneşlenme süresi günlük olarak 7,2 saate tekabül eden 2640 saat olarak tespit edilmiş ve en yüksek değer temmuz ayında kayıtlara alınırken en düşük değer ise aralık ayında gözlemlenmiştir. Tüm güneş enerjisi potansiyeline rağmen Türkiye’de güneş enerjisi yaygın olarak sıcak su elde edinimi konusunda aktif olarak kullanılmasının yanında sıcak su elde ediniminde 7,5 GWth’lık kapasitesi ile dünyada üçüncü sırada yer almaktadır. Ülke potansiyelinin güneş bazlı elektrik üretimine uygun olmasına rağmen fotovoltaik sistemlerin kurulum maliyetlerinin yüksek seyretmesi üretilen elektrik enerjisinin değerinin düşmesine yol açmakta ve kullanılan malzemenin kalitesi ile doğru orantılı olarak watt başına birim fiyat 3 ila 1,5 euro bandında dalgalanmaktadır. Fotovoltaik teknolojinin tatmin edici seviyelerde yaygınlaşmamasına müteakiben kurulum ve

parça maliyetlerinde istenilen azalış yaşanmamaktadır (ŞENOL, 2012, s. 520,521).

Fransız bir fizikçi olan Henri Becquerel 1839 yılında yapmış olduğu çalışmalar çevresinde hayatımıza giren fotovoltaik teknolojisi, güneş pili hücrelerinin bir araya gelerek modülleri oluşturması, modüllerin birleştirilerek güneş panellerini oluşturması ve bu panellerin birleşiminin dizileri meydana getirip bu dizilerin seri yahut paralel olarak bir birine bağlanması sonucunda MW seviyelerinde sistemlerin kurulmasına olanak sağlamasıyla güneşten gelen fotonların yarı iletken bu piller sayesinde elektrik enerjisine dönüştürülmesi sayesinde güç çıkışını mümkün kılmaktadır (DURGUT, 2014, s. 4). Fotovoltaik sistemlerin çalışmasında kilit rol oynayan diğer unsurlar ise dengeleyiciler olarak isimlendirilen ekipmanlardır. Bunlar; panelden elde edilen doğru akımı alternatif akıma dönüştüren invertör, yük kontrolü için kullanılan şarj kontrolörü ve elde edilen enerjiyi tutmak için kullanılan akü ana unsurları oluştururken kablo, bağlantı elemanları, şalter ve sigorta ise sistemin son ayağını oluşturmaktadır (CEBECİ, 2017, s. 5).

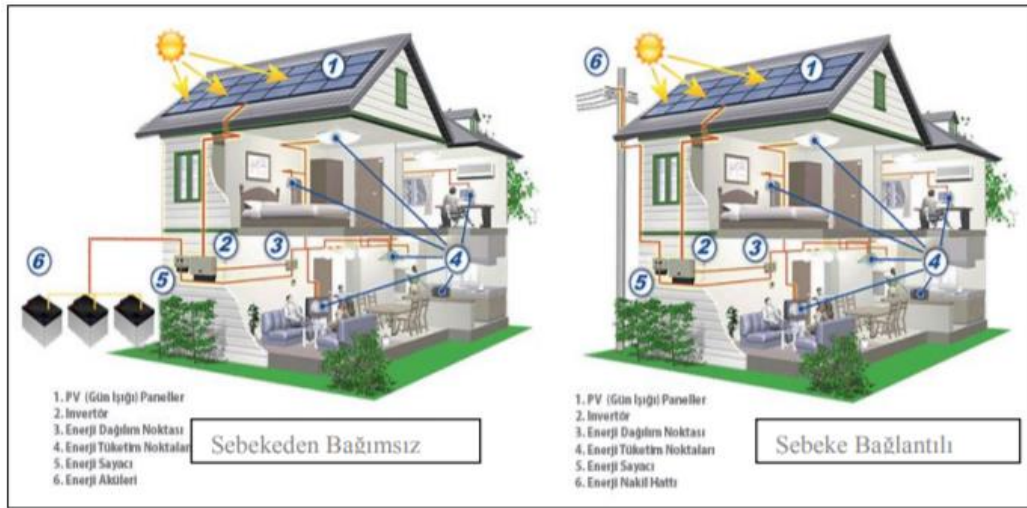
Şekil 23: Güneş Enerjisi ile Elektrik Üretimi Temel Çalışma Prensibi



Kaynak: (DURGUT, 2014, s. 4)

Güneş teknolojileri belli bir süre sadece merkezi yerleşim yerlerinde uzak bölgelerde kullanılırken, gelişen teknoloji ve şebeke bağlantısının oluşturulması neticesinde günümüzde evlerin çatılarından yüksek üretim hacmine sahip santrallere kadar pek çok yerde kullanılmaya başlanmıştır. Şebeke bağlantısı üreticiye fazla ürettiği enerji yükünü şebekeye satabilme imkânı sağlarken yeterli üretime ulaşamadığı takdirde ise şebekeden enerji çekebilme olanağı tanımıştır. Bu sebeple üretici herhangi bir sebepten dolayı fasilalı olarak ürettiği elektriği kesintisiz ve güvenli bir şekilde kullanabilmektedir. Şebeke bağımlı sistemlerin önemli bir avantajı da sistem maliyetlerini yükselten depolama ekipmanlarının da sisteme dahil edilmesine ihtiyaç duyulmamasıdır. Bu durum şebeke bağlantısız sistemlerde ise güneşten yararlanılamayan gece saatlerinde kullanılmak üzere depolama yapmak için akümülatör bulundurmasını mecburi kılmaktadır (MERT I. K., 2016, s. 28).

Şekil 24: Şebeke Bağlantılı ve Şebeke Bağlantısız Fotovoltaik Sistem Örneği



Kaynak: (MERT I. K., 2016, s. 29)

Fotovoltaik sistemlerin gelişim süreçleri ile birlikte avantaj ve dezavantajları da değişiklik göstermekte, genel çerçevede avantaj ve dezavantajları incelendiğinde ise avantajlarını;

- Yenilenebilir ve tükenmeyen bir enerji kaynağından yaralandıkları için PV sistemler çevreci ve uzun solukludurlar.
- Genel kullanımda hareketli bir sistem olmadıkları için çevrelerine rahatsız edici bir ses yaymamaktadırlar.
- Diğer kaynaklar ile uyumlu bir çalışma içerisinde bulunduklarından dolayı arz güvenliği ve verimlilik konusunda sorun yaratmamaktadırlar.
- Şebekeye bağlı yakın yerlerde yahut şebekenin erişemediği uzak bölgelerde de kuruluma imkân vermektedirler.
- İşletim, bakım ve kurulum açısından ciddi bir uzmanlık barındırmadıklarından işletme ve takipleri kolay yapılabilmektedir.
- Türkiye'nin coğrafi konumuna bağlı olarak güneş enerji potansiyelinin yüksekliği, ülkede kurulan güneş sistemlerinin ilk yatırım maliyetinin geri dönüş süresini kısaltmanın yanında kârlılığı da arttırmaktadır (AKANCA, 2017, s. 49).

Fotovoltaik sistemlerin başlıca dezavantajlarını incelediğimiz de ise;

- Kullanılan kaynak enerji sabit olamamakla birlikte dağınık bir yayılımı vardır.
- Elde edilen enerjinin depolaması konusunda kurulan sistemler ekonomik bir yapı sergilememektedir.
- İlgili teknolojinin hayata geçirilme sürecinde üstlenilen maliyetler azımsanamayacak seviyelerdedir (KIYGA, 2013, s. 9).

Fotovoltaik teknolojilerinin hayatımıza girmesinin üstünden uzun bir süre geçmesine karşın, enerji elde etme konusundaki kullanım yaygınlığının istenilen düzeye erişememesi kaynaklı olarak maliyetlerinde ciddi bir azalış yaşanmamıştır. Enerji talebinin karşılanmasında yenilenebilir ve yerli kaynakların kullanımına günümüzde önem verilmeye başlanması ve gelecekte de bu önemin katlanarak

artacağı görüşü ilgili teknolojilerin maliyetlerinin düşeceği konusunda iyimser bir tablo çizmektedir.

1.6.1.4. Çöplerden Elektrik Enerjisi Üretimi

Günümüzde yenilenebilir kaynaklara doğru yönelen enerji üretimi, kendi içerisinde de alternatiflerini arttırmaya yönelik teknolojileri de geliştirmeye devam etmektedir. Bu bağlamda atıklardan enerji elde etme teknolojilerinin de gelişimi hız kazanmıştır. Özellikle çöplerden elde edilen gaz ile elektrik üretimi modern ve yaygın bir metot olarak kullanılmaya başlanmıştır. Çöp gazlarından elektrik üretiminin atık yönetiminin verimli bir şekilde değerlendirilmesinin yanında, bir diğer önemli katkısı da diğer yenilenebilir kaynaklarda da gözlendiği üzere atmosfer sağlığı üzerinde olumlu bir etkiyi içerisinde barındırmasıdır (ÖSTÜRK & SEVİMOĞLU, 2017, s. 43). Atmosferin bünyesinde barındırdığı en geniş hacimli bileşiklerden bir tanesi de metan gazıdır. Metan gazının içerisindeki insan faktörü ciddi bir oranda olup; tarım kaynaklı girişimler, herhangi bir atık depolama yöntemi ile oluşturulan atık sahaları, kömür madenciliği, petrol ve gaz işletmeleri ile atık su sistemleri aracılığı vasıtasıyla atmosferdeki metan gazı oranı artmaktadır. Sayılan bu faktörlerden atık depolama alanlarının emisyon salınımı üçüncü sırada yer almaktadır. Atmosfere salınan metan gazını karbondioksitten ayıran en önemli unsur, küresel ısınmadaki rolünün karbondioksit'e kıyasla 23 kat daha etkili bir potansiyele sahip olmasıdır. Bu kapsamda atmosfer sağlığı için yıkıcı bir etkiyi içerisinde barındıran metan gazı ve bulunduğu çöp depolama alanları yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak işleme alınabilmektedir (GÜVEN, 2019, s. 312).

Çöplerin birikim sahalarında depo edilen gazın enerjide kullanımı ısınma, elektrik üretimi, boru hattı seviyesinde saflaştırılması ve kimyasal beslemede stok kullanımı olarak dört temel şekilde gerçekleştirilmektedir. Bu sistemlerde kullanılacak olan biyogazın ise elde edinin süreci üç evreden oluşmaktadır. Bunlar;

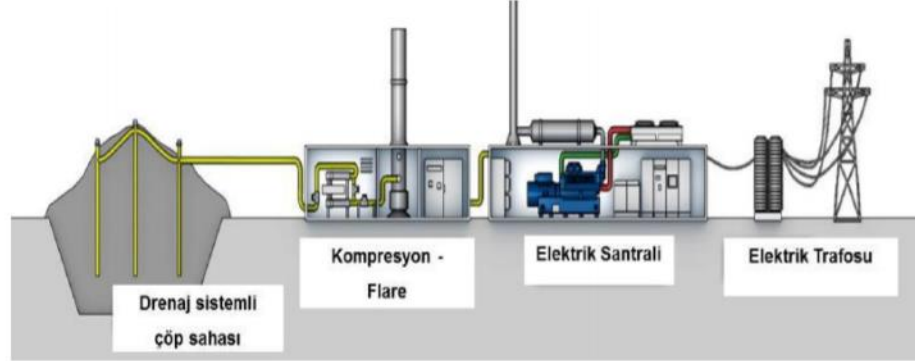
- Hidroliz aşaması.

- Asit oluşturulması aşaması.
- Metan oluşumu aşamasıdır.

Hidroliz aşamasında çamur içerisinde çözünmüş halde bulunmayan maddeler mikroorganizmaların salgılamış oldukları enzimler sayesinde zlmeye başlarlar, bu doğal süreç ile maddelerin çözülmesi işlemin gerçekleşmesi ile birinci aşama sonlanmış olur. Asit oluşturma aşamasında ise çözülmüş organik maddeler anaerobik bakteriler ile metan oluşturan bakterilere uygun koşulları yaratır. Metan fermentasyonu ile asetik asit, uçucu yağ asitleri, hidrojen ve karbondioksit oluşumu gerçekleşir bu işlem ile ikinci aşama biterek son aşama olan metan oluşum aşaması başlamaktadır. Bu süreçte mikroorganizmalarla metan oluşumu tamamlanır. Metan oluşumunun hız kazandığı bu aşamada asit oluşum hızı da gittikçe yavaşlamaktadır (KANKILIÇ & TOPAL, 2015, s. 60,61).

p depolama alanları dünya bazında yılda 35 ile 69 Tg (Teragram) oranında bir metan salınımında bulunmaktadır. Bu kapsamda depo edilen gazın elektrik üretimi çerçevesinde değerlendirilmesi atmosfer sağlığının korunması adına atılmış bir adım olmakla birlikte yenilenebilir kaynaklı bir enerji üretimini de bünyesinde barındırmış olmaktadır. Depo edilen gaz su ve toz partikülleri bazında bir ayrıştırmaya uğramasının ardından %35-55 bandında kullanıma hazır bir metan gazı içermektedir. Bu süreci takip eden ise artık gazın elektriğe dönüştürülme aşamasıdır (GÜVEN, 2019, s. 312). Biyogaz sistemleri temel anlatımla; birikimin gerçekleştiği çöp sahasından drenaj sistemli borular vasıtasıyla çekilen biyogaz, basıncın ayarlanması için basınç düzenleme ünitesine transfer edilir ve buradaki işleminin ardından elektrik santralinin bulunduğu üniteye aktarılır, burada içten yanmalı motorları çalıştıran biyogaz oluşturduğu mekanik güç ile motorun mil kısmına bağlanmış olan jeneratörü tahrik ederek elektrik üretimini gerçekleştirmiş olur (DURMUş & DAğLI, 2018, s. 1594).

Şekil 25: Biyogaz Tesisi Temel Çalışma Prensibi



Kaynak: (YİNANÇ, 2017, s. 17)

Düzenli depolama yöntemi ile elde edilen metan kaynaklı biyogaz üretim tesislerinin avantaj ve dezavantaj olarak incelenmesi durumunda ise ortaya çıkacak sonuçları genel olarak şu şekilde ele alabiliriz, avantajlar olarak;

- Elverişli bir arazinin bulunması durumunda mali açıdan uygun bir yöntemdir.
- İlk yatırım maliyeti mukayeseli bakıldığında oransal olarak ekonomiktir.
- Kapasite artırımı konusunda oldukça elastik bir yöntemdir.
- Kapatılmasının ardından arazi toplumsal fayda sağlayacak bir alan olarak kullanılabilir.

Dezavantaj olarak;

- Nüfusun yoğunlaştığı bölgelerde uygun arazi ve ekonomik taşıma mesafesi saptamak zordur.
- Merkezi yerlerde hayata geçirilmesi durumunda tesis çevredeki yerleşiklerin itirazlarına sebebiyet verebilir.

- Tesisten herhangi bir gaz yahut sıvı bazlı sızıntı olup olmayacağının kontrolünün düzenli yapılmaması durumunda olumsuz sonuçlar ortaya çıkabilir.
- İşletim süresini doldurmuş depolama arazilerinde çöküntü ve göçükler olabilmektedir (GÜRDAL, 2019, s. 8).

Atıklardan faydalanma ve ekonomik açıdan geri kazanımı konusunda oldukça yenilikçi ve güzel bir metot olan biyogaz üretimi metan ve karbondioksit emisyonun azaltılmasında aktif rol oynarken aynı zamanda elektrik elde etme imkanını da bize sunmaktadır. Özellikle belediyeler bünyesinde devlet teşviklerinin de yardımı ile hayata geçirilen atıktan enerji üretim tesisleri ilk yatırım maliyetlerini genel olarak 1-2 yıl içerisinde çıkararak üretimlerine devam etmektedirler. Büyük şehirlerde ortaya çıkacak olan atık probleminin bertaraf edilmesi konusunda da oldukça etkili bir metot olarak günümüz teknolojilerinde yerini almış durumdadırlar.

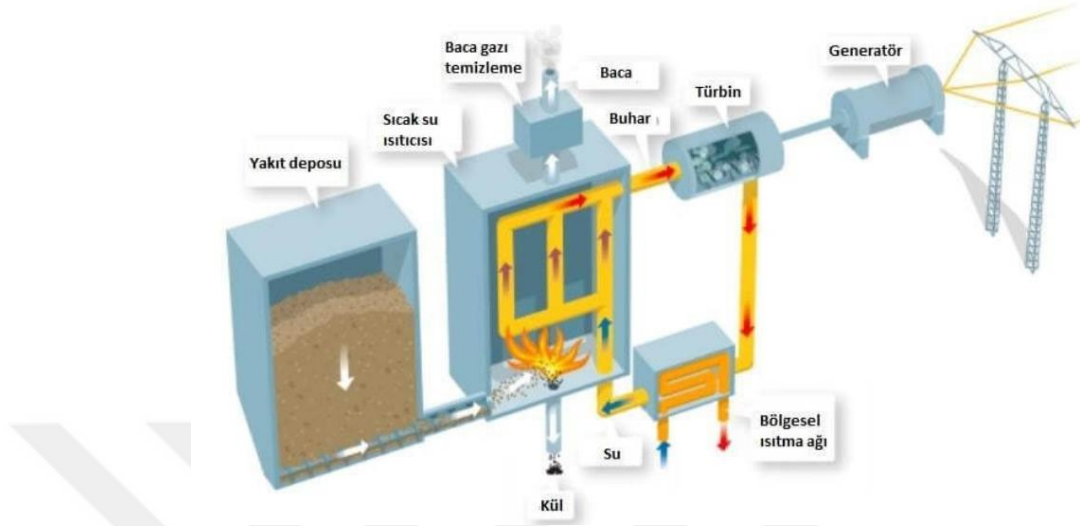
1.6.1.5. Biyokütle ile Elektrik Üretimi

Nüfusu sürekli artan dünyanın enerji ihtiyacının giderilmesi konusunda çevreci ve yenilenebilir olarak kullanılacak yegâne kaynaklardan biri de biyokütle enerjisidir. Herhangi bir canlı yahut kitleye ait yaşayan canlı organizmaların belirli bir sürede elinde bulundurdukları total kütle miktarı ise biyokütle hacimlerini oluşturmaktadır. Bu kütlelerden elde edilen enerji ise biyokütle enerjisi olarak adlandırılmaktadır. İmal edilen organik bileşenlerin yakılması sonucunda ortaya çıkan karbondioksit, bileşenlerin oluşumu sırasında atmosferden tedarik edildiğinden dolayı çalışılan çevre biyokütle enerjisi elde edinimi sırasında ortaya çıkabilecek olan karbondioksit salınımindan muaf olmaktadır. Türkiye biyokütleden elektrik enerjisi elde edinimi konusunda güneşlenme, alan kullanılabilirliği, su kaynakları ve iklim özellikleri bakımından oldukça elverişli bir durumda olup üretime müsait bir yapıya sahiptir (Kayden Delta Enerji Elektrik Üretim Sanayi ve Ticaret A.Ş., 2014, s. 3).

Biyokütle enerjisi, kullanımı itibari ile tarımsal ve hayvansal kaynaklı atıklardan faydalanılmasını sağlayan bir yöntemdir. Bu atıklar havasız ortamda çürütme, fermentasyon, hidroliz vb. metotlar kullanılarak etanol, dizel, gaz, metanol, sentetik yağ gibi maddelere dönüştürülmektedirler. Biyokütle elde ediniminde kullanılan kaynakları protein bitkileri, yağlı bitkiler, nişastalı bitkiler, elyaflı bitkiler, patates, mısır, şekerpancarı gibi sıralamak mümkündür. Tüm bunların yanı sıra hayvansal atıklar ve organik endüstri atıkları da biyokütle oluşumu için kullanılan maddelerdendir. Bu maddelerden elde edilen biyokütle ile üretilen elektrik miktarı Türkiye’de 2018 yılında 811 MW kurulu güç kapasitesi ile 3.216 GWh olarak gerçekleşmiştir. Biyokütle bazında yapılan üretimin bir en önemli noktası da kaynak arzında sıkıntı yaşanmamasıdır. Bu bağlamda endüstriyel organik atıklardan faydalanmanın etkisi azımsanamayacak derecede önemlidir. İlgili atıkları olan sanayiler atıkların imha edilmesi için belli bir mali yüke katlanırlarken biyokütleden enerji elde edinim yöntemi ile hem bu mali yükten kurtulmuş hem de çevreye daha makul bir zarar vermiş olmaktadır (ÜMİT, 2019, s. 44,45).

Biyokütle santralinin çalışma prensibi genel olarak organik maddelerin enerjiye dönüştürülmesinde en verimli metotlardan biri olan yakma işlemine dayanır. Yakma işlemi sırasında elektrik üretiminde kullanılan şaftların döndürülmesi için gerekli olan ve maddelerde depo edilmiş durumda bulunan kimyasal enerji ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda süreç güneşten gelen enerjinin bitkilere aktarılması ve depo edilmesi ile başlar. Daha sonra bu maddeler bükür makinasına konur ve elde edilen buhar santral kazanındaki suyun ısıtılması için kullanılır. Elde edilen su buharı borular vasıtasıyla buhar türbinlerine verilir ve buhar jeneratörünün kanatları tahrik edilir. Elde edilen elektrik kullanılmak üzere şebekeye nakledilir (YOLCU, 2019, s. 16).

Şekil 26: Biyokütle Santrali Çalışma Prensibi



Kaynak: (KETENCİ, 2019, s. 18)

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyokütle enerjisi çöplerden elde edilen biyogaz mantığına dayanmakta ve yine benzer şekilde atık yönetimi açısından aktif olarak kullanılan ekonomik bir metot olarak enerji ekonomisinde yer almaktadır. Biyokütle enerjisini avantaj ve dezavantajları çerçevesinde incelediğimiz zaman avantajları olarak baktığımızda;

- Biyokütle çevreci, güvenilir ve hammadde bolluğu olan bir enerji kaynağı olmasının yanında, yakıt bazında kullanıldığında atmosfere saldıgı karbon kadar emilim sağladığından, atmosferdeki karbondioksit miktarına artış yönünde bir etki bulundurmamaktadır.
- Biyokütle'den elektrik üreten santrallerin çalışma prensipleri yakma teknolojilerine dayandığı için fosil kaynaklı elektrik üretimi gerçekleştiren santral teknolojileriyle de uyumlu veya birbirlerinin ikamesi şeklinde çalışabilirler.
- Enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasında alternatif bir kaynak olarak kullanılabilirler.

- Biyokütle teknolojileri, enerji tarımının artmasında olanak sağlarken çalıştıkları bölgede ekonomik kalkınmaya katkı sağlayıp başta istihdam olmak üzere yeni olanaklar yaratır (ASLANTAŞ, 2018, s. 17).

Biyokütle enerjisinin dezavantajlarını ele alacak olursak ise;

- Biyokütle enerjisi fosil kaynaklı enerji türlerine göre verim açısından daha düşük muhteviyata sahiptir.
- Biyokütle enerjisi için kullanılan hammaddeler başka sektörlerde de kullanıldığından dolayı özellikle gıda, yem ve üretim sanayisi ile rekabet halindedir.
- Biyokütle enerjisinin üretimi için enerji tarımının yapılması ve buna bağlı olarak yüksek enerji potansiyeline sahip ürünlerin yetiştirilmesi diğer tarım ürünlerinin arzını kısımakta ve fiyat artışlarına sebebiyet vermektedir.
- Düzenli bir dağılımı olmayan biyokütle kaynaklarının toplanması ve depolanması diğer enerji kaynakları ile mukayese edildiğinde daha maliyetli bir tablo oluşturmaktadır (BAYRAMOĞLU, 2013, s. 25).

Enerjiye talebin arttığı ve fosil kaynakların giderek azaldığı günümüz dünyasında, yenilenebilir enerji kaynaklarının ilerleyen yıllarda da talebin karşılanmasında aktif olarak kullanılacakları gerçekleştirdiğimiz enerji tüketim kapsamında garantili bir durumdadır. Bu doğrultuda özellikle yenilenebilir alanda oluşacak bir kaynak çeşitliliği arz güvenliğinin sağlanmasında kritik bir rol oynamaktadır. Bu alanda atılacak olan ve enerji için alternatif teşkil edecek önemli adımlardan bir tanesi de yüksek hacimlerde atık oluşturan insan atıklarının enerjiye dönüştürülmesi olacaktır. Bu bağlamda çöplerden, tarımsal ve hayvansal atıklardan faydalanmak hem çevre sağlığı açısından avantaj sağlayacak hem de arz güvenliğinin tehlikeye girmesinin engellenmesinde önemli bir rol oynayacaktır.

1.6.1.6. Jeotermal Enerji ile Elektrik Üretimi

Jeotermal kaynaklar yar altında bulunan ısı kaynakları olup, farklı derinliklerde hapsolmuş içerik bakımından zengin mineralli sıcak su, buhar ve gaz bazlı enerji kaynaklarıdır. Yeraltında bulunan gözenekli kayaç yapıları yağmur, kar, magmatik ve deniz sularından yararlanarak jeotermal bir su deposu oluştururlar. Basit olarak ele alındığında yeraltında bulunan sıcak suyun yerüstüne çıkması ile oluşan jeotermal alanlar birbiri ile ilintili birçok jeolojik aktivitenin sonucunda oluşan bölgelerdir. Jeotermal bölgelerde termal sistemlerin kurulması için yegâne aranan kriterler; bölgedeki ısı akışın yüksek olması, kitlesel sıcaklık aktarımının belirlendiği ve ısı çevrimin müsait olduğu yerler olmasıdır (UZUN, 2015, s. 4).

Jeotermal kaynakların ilk kullanım yerleri genel olarak ısı elde edinimine bağlı olarak faaliyet gösteren aktiviteler olmuştur. Jeotermal kaynaklardan elektrik elde edinimi ile ilgili olarak bilinen ilk çalışma 1833 yılında İtalya da gerçekleştirilmiştir. İtalya'nın Larderollo bölgesinde 1904 yılında ilk kez buhar ile elektrik üretimi yapılmış ve akabinde birçok ülkede jeotermal saha çalışmaları başlamıştır. Türkiye'de ise jeotermal saha alanı için yapılan ilk çalışma 1958 yılında başlamış ve 1963 yılında Kızıldere jeotermal alanı bulunmuştur (KIVANÇ, 2010, s. 7). Jeotermal kaynaklardan elektrik elde edinimi konusunda en önemli unsurlardan bir tanesi de şüphesiz kaynağın sıcaklık değerleridir. Konuyla ilgili yapılan çalışmalar jeotermal kaynakları içerilerinde depoladıkları sıcaklığa göre düşük, orta ve yüksek dereceli olarak sınıflandırmıştır. Suyun atmosfer basıncında kaynama noktası baz alınarak yapılan bir çalışmadan sıcaklık değeri 100 $^{\circ}\text{C}$ altında olan alanlar elektrik üretimi için elverişli sahlar olarak kabul edilmemiş ve 2018 yılında ülke genelinde faaliyet gösteren 64 jeotermal santral 5 kategoride incelenip aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır (AKSOY, 2019, s. 18).

Tablo 4: Kaynak Sıcaklığına Göre Jeotermal Kaynaklı Elektrik Üretimini Sınıflandırılması

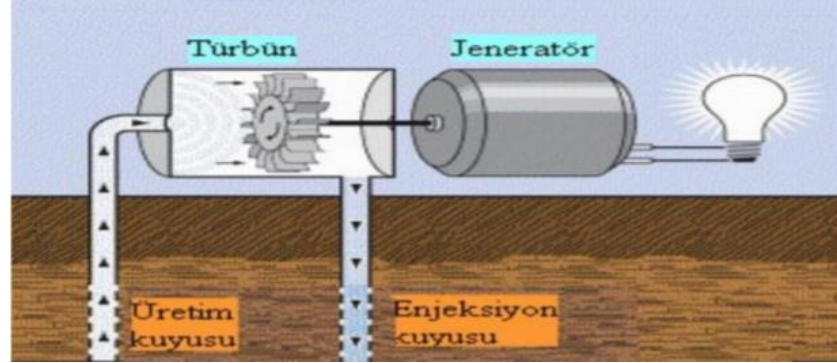
Kaynak Sıcaklığı	Sınıflama	Ünite Sayısı	Türkiye, Kurulu Güç, MW-%
50-100	Elektrik Üretimine Uygun Değil		-
100-150	Çok Düşük	5	23,9-2
150-180	Düşük	35	579,0-43
180-230	Orta	15	315,3-23
230-300	Yüksek	9	429,3-32
>300	Çok Yüksek		

Kaynak: (AKSOY, 2019, s. 18)

Jeotermal kaynaklar birçok çevresel, kimyasal ve fiziksel özellikler çevresinde şekillenirler. Bu bağlamda tek bir tip teknoloji tarafından değerlendirilmeleri de yanlış ve verimsiz olmaktadır. Jeotermal kaynağın özelliklerine göre farklı çevrim teknolojileri kullanılmaktadır (SÜREN, 2012, s. 57). Çıkan Jeotermal kaynağın kuruluk, akış hızı ve ısı değeri göz önüne alınarak geliştirilmiş üç temel güç çevrim santrali mevcuttur. Bunlar; kuru buhar çevrimi, flash buhar çevrimi ve binary diye adlandırılan ikili çevrim teknolojileridir (HALAÇOĞLU, 2015, s. 25). İlgili çevrim teknolojileri temel çalışma prensiplerince aşağıda incelendiği gibidir.

Kuru buhar santralleri buhar ağırlıklı kaynaklarda kuru, sıcak ve doymuş buharın doğrudan santral türbinlerine iletilmesi ile enerji üreten bir çevrim teknolojisidir. Ancak kuru buhar santralleri çıkan buharı doğrudan kullandığı için içerisinde ağır metal olan atıkları atmosfere saldığından dolayı çevresel anlamda en tahrip edici güç çevrim teknolojisidir (ARSLANTAŞ, 2019, s. 51).

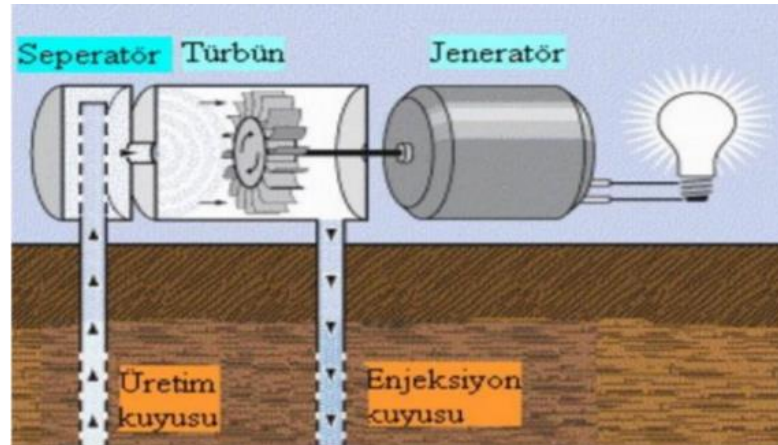
Şekil 27: Kuru Buhar Santrali Temel Çalışma Prensibi



Kaynak: (ARSLANTAŞ, 2019, s. 51)

Flash buhar santrallerinin ise çalışma prensibi jeotermal kaynaktan gelen yüksek basınçlı akışkanın speratörler tarafından ayrıştırılması işlemi sonrasında buharın türbinleri tahrik etmesi neticesinde elektrik üretimini gerçekleştirilmesine dayanır. Buhar ve akışkanın beraber çıkış sağladığı jeotermal sahlarda kullanılan bu teknolojiye ayrıştırılan buhar elektrik üretiminde kullanılırken akışkan ise kaynağa geri enjekte edilmektedir (ARSLANTAŞ, 2019, s. 52).

Şekil 28: Flash Buhar Santrali Temel Çalışma Prensibi

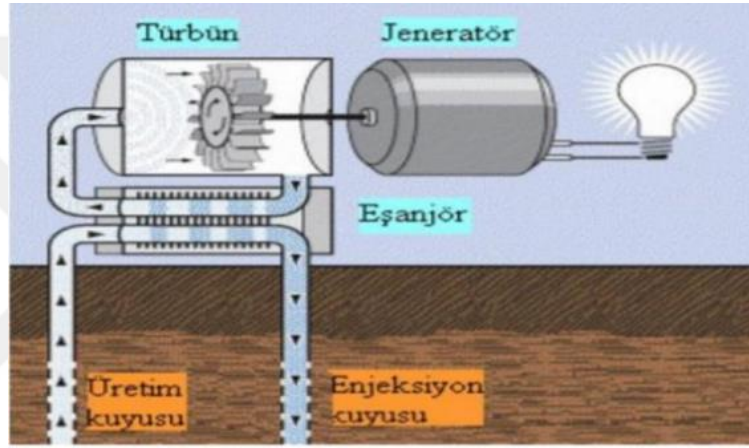


Kaynak: (ARSLANTAŞ, 2019, s. 52)

Binary çevrim teknolojileri genel olarak sıcaklık değerleri düşük olan daha çok ayık ısıdan elektrik üretmek için kullanılan bir teknolojidir. İkili çevrim olarak

da adlandırılan binary çevriminin çalışma prensibi diğer iki çevrimden farklı olarak türbinde bulunan su yerine başka bir akışkanı kullanmasıdır. Jeotermal akışkanın ısı değeri, eşanjör adı verilen ve akışkanlar arasında ısı transferini sağlayan bir alet tarafından aracı bir akışkana nakledilir. Nakledilen ısı değeri ile buharlaşan aracı türbinleri tahrik ederek elektrik üretimini gerçekleştirmiş olur (ARSLANTAŞ, 2019, s. 53).

Şekil 29: Binary (ikili) Çevrim Santrali Çalışma Prensibi



Kaynak: (ARSLANTAŞ, 2019, s. 53)

Jeotermal kaynaklarının enerji üretiminde kullanılmasının avantaj ve dezavantajlarına bakıldığında ise avantajlarını;

- Yenilenebilir ve sürdürülebilir bir kaynak olması.
- Fosil bazlı kaynaklar ile mukayeseli olarak çevreci bir anlayışla ele alındığında daha sağlıklı bir kaynak olması.
- Enerji bağımsızlığında aktif rol oynayabilen yerel bir enerji kaynağı olması.
- İklimsel etkilerden etkilenmeyen bir kaynak olması.
- Yerleşim bölgelerinde rahat bir şekilde kullanılması ve yeraltından gelen hazır bir enerji olması.

- Nakliye problemi ve maliyetlerini içermeyen bir kaynak olması şeklinde sıralayabiliriz (KUŞÇU, 2019, s. 6).

Dezavantajlarına baktığımızda ise,

- Geleneksel ve yoğunlaştırılmalı çalışma prensibine sahip jeotermal enerji santralleri çevre ve özellikle atmosfer sağlığı açısından yenilenebilir diğer kaynaklara kıyasla tahrip sırasında daha üst sıralardadır.
- Santrallerde kullanılan ve atık hale gelen ısı değerine sahip sıcak suyun herhangi bir su havzasına ya da nehre atılması su sıcaklığını yükseltip su yaşamına ve bitki örtüsüne zarar verebilmektedir.
- Jeotermal kaynağın çıkarılması aşamasında uygulanan sondaj teknolojisi çevredeki bitki örtüsüne ve yüzey kalitesine olumsuz etki etmektedir. Lakin bu durum sondaj süresince devam etmektedir.
- Jeotermal kaynağın naklinde kullanılan boru hattı ise görüntü kirliliği olarak karşımıza çıkmaktadır.
- Jeotermal santrallerin işletim süresince oluşan ses ise gürültü kirliliğine sebebiyet vermektedir.
- Jeotermal kaynaklardan yararlanılan akışkanların enjeksiyonları bazı sahalarda sismik hareketlilikler doğurabilmektedir.
- Jeotermal kaynağın bulunduğu zeminin durumuna göre kaynak çıkartılması durumunda çöküntü oluşabilmektedir (ATALAY, 2004, s. 47,53).

Jeotermal kaynaklar uzun süredir ülkemizde ve elverişli ülkelerde gerek ısı enerji gerekse elektrik enerjisi üretmekte kullanılan yerel ve çıkış değerine göre verimli bir yenilenebilir kaynak olarak görev yapmaktadır. Gelecek yıllarda da çeşitli jeolojik olaylar kapsamında oluşan bu kaynağın bir enerji alternatifi olarak kullanılmaya devam etmesi beklenmektedir.

1.6.1.7. Hidrojen Enerjisi ile Elektrik Üretimi

Evrenin varoluşunu açıklayan çalışmalarda da yer verilen hidrojen, bilinen tüm yıldız ve gezegenlerin yapı taşlarından biri olmakla birlikte güneş dahil olmak üzere tüm yıldızların termonükleer reaksiyonları sonucunda ortaya çıkan ısının yakıtı olarak evrenin temel kaynakları arasındadır. Hidrojen; 1500'lü yıllarda keşfedilmiş, yakılabilir bir kaynak olma özelliğinin fark edilmesi ise 1700'lü yıllarda gerçekleşmiştir. Evrende bulunabilirlik açısından en elverişli element olmanın yanı sıra herhangi bir renge, kokuya sahip olmayıp havanın 14,4 katı kadar daha düşük bir ağırlığa sahip hafif ve hiçbir şekilde zehir etkisi bulunmayan bir gazdır (KOÇASLAN, 2006, s. 71). Hidrojen enerjisi ise günümüzde hızla tükenmekte olan fosil bazlı kaynaklara bir alternatif olarak planlanmış ve geleceğin enerjisi olarak adlandırmış bir enerji türüdür. Hidrojen enerjisi basit ve güvenli bir şekilde nakledilebilen ve bu nakil esnasında düşük bir enerji kaybı yaşayan sanayi, ev, taşıt gibi kullanım alanları açısından oldukça geniş bir yelpazeye sahip olan, hızlı ve basit bir şekilde ısı, elektrik yahut mekanik bir enerji formuna dönüşebilen, bünyesinde karbon barındırmayan, ekonomik ve hafif olan bir enerji türü olmakla birlikte güneş ömrü olarak da kabul edilen önümüzdeki 5 milyar yıllık sürenin yakıtı olarak kullanılabileceği düşünülmüş bir enerjidir. Hidrojen enerjisi doğada tek başına bulunan doğal bir enerji olamayıp diğer enerji kaynaklarından faydalanmak suretiyle elde edilen bir yakıt enerjisidir. Hidrojen ve elektrik enerjilerinin birbirlerine çevrilebilmeleri açısından oldukça elverişli olmalarından kaynaklı olarak hidrojen enerjisi, elektrikle ilintili bütün sektör ve alanları doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilmekte ve toplumsal açıdan gelişimin sağlanması, kalkınma ile refahın artırılması konularında kendisine kilit bir yer bulmaktadır (TUTAR & EREN, 2011, s. 6).

Hidrojen enerjisinin üretimi ile ilgili olarak bilinen en eski yöntemlerden biri bileşik formülü H_2O olan sudan elektroliz yöntemi ile hidrojenin ayrıştırılmasıdır. Hidrojenin ayrıştırılmasında ve üretilmesinde fosil bazlı kaynaklar kullanılacağı gibi yenilenebilir kaynaklarda kullanılmaktadır. Bu üretim sürecinde ve yöntemlerinde hangi kaynak girdi olarak kullanılırsa kullanılsın birbirlerini

ikame edebilmektedirler. Günümüzde sanayi kesimi başta olmak üzere birçok alanda kullanılan hidrojen fosil bazlı olan doğal gaz, petrol ve kömür gibi yakıtlar kullanılarak üretilmektedir. Bu üretimlerde ise genellikle tercih edilen metotlar doğal gazın kullanıldığı katalitik buhar ıslahı, kömürün gaz haline getirilmesi, buhar demir işlemi ve petrolün tikel oksidasyonudur. Elektroliz yöntemi ile üretilen hidrojen ise doğru akımın kullanılarak suyun içerisinde bulunan hidrojen ve oksijenin ayrıştırılması işlemi gerçekleştirilmektedir. Genel olarak elektroliz ile elde edilen hidrojen verimi %70 oranında olmakta ve yapılan çalışmalar doğrultusunda bu oranın gelecek yıllarda %90 seviyelerine çıkarılması beklenmektedir. Fosil bazlı yahut nükleer kaynaklı yakıtların kullanılması ile gerçekleşen elektroliz işlemi ve buna bağlı olarak üretilen hidrojen veriminin değerlendirilmesi, kullanılan yakıtların direkt olarak elektrik elde ediniminde kullanılması durumunda oluşacak verime göre şekillenmektedir. Elektrik üretimlerinde modern fosil kaynaklı santrallerde verim %38, nükleer santralde %32 oranlarında seyrederken elektroliz hücresinin veriminin ticari olarak %80 olması varsayıldığında, fosil kaynak kullanılarak elektroliz ile elde edilen hidrojenin veriminin %28 ile %30 oranlarında olması beklenmektedir (Habitat Derneği, 2020, s. 11).

Elde edilen hidrojen enerjisinin depolanması konusunda ise esas olarak kullanılan üç adet yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler hidrojenin basınçlı bir gaz olarak depolanması, sıvı olarak depolanması ve metal hidrid şeklinde depolanması yöntemleridir. Bu yöntemler ekonomik açıdan incelendiğinde ise en makul ekonomik yöntem hidrojenin basınçlı bir gaz olarak depolanması olmaktadır. Ancak yoğunluğu düşük olan hidrojenin basınçlı şekilde depolanması geniş ebatlı depolar istemekte ve hidrojenin ağırlığının düşüklüğü nedeniyle emniyet açısından belli seviyelerde doldurulan tankların boş ağırlıklarının ağır basması ekonomik olan bu yöntemi düşündürmektedir. Hidrojenin sıvı hale getirilip depolanmasının ise en büyük dezavantajını, mevcut yakıtlar içerisinde kaynama noktasının en düşük ve içinde barındırdığı itme kuvvetinin en yüksek düzeyde olması oluşturmaktadır. Hidrojenin sıvı olarak kullanım alanları genellikle roketler ve sonik uzay

araçlarıdır. Bir diğer temel depolama yöntemi ise hidrojenin metal hidrid şeklinde depolanmasıdır. Ancak bu yöntem çoğunlukla küçük hacimli hidrojenin depolanmasında kullanılmaktadır (TELLİ, 2010, s. 47).

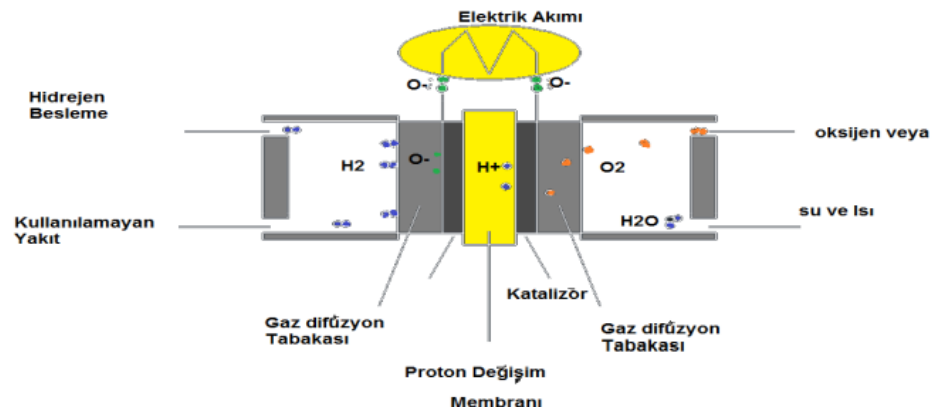
Depolanan hidrojenin taşınması konusu ise gaz halinde olan hidrojenin doğal gaz veya hava gazında olduğu gibi boru hatları ile istenilen yere nakli mümkün olurken mevcut olarak bulunan ve günümüzde doğal gaz taşınmasında görev yapan boru ve iletim hatlarının bazı ufak modifikasyonları sonucunda ileride gaz halindeki hidrojenin naklinde de görev yapmaları mümkün olmaktadır. Boru hatları haricinde basınçlı gaz haline getirilen yahut sıvılaştırılan hidrojen 25m^3 hacmine kadar tüpler halinde kara yolu vasıtasıyla nakledilirken aynı vasıflara sahip hidrojen 130m^3 ve üzerinde tanklar şeklinde demir yolu kullanılarak da taşınabilmektedir. Günümüz dünyasında taşınırken olumsuz koşullar ve kazalar sonucunda sızan, yanan yahut denizlere akan binlerce tonluk petrol telafisi mümkün olmayan yada çok güç olan tabloları karşımıza çıkarırken, nakledilirken yaşanan enerji kaybına ve verim düşüklüğüne maruz kalan elektrik enerjisinin taşınma kaybı yaklaşık olarak Keban Barajının 1,5 yılda ürettiği elektrikten daha fazla bir seviyede seyrederken, doğal gaz ile petrol sahalarının her yerde bulunmaması ve taşınması için altyapı yatırımlarına ihtiyaç duyulması, her yerde ve bölgesel olarak üretilen hidrojen enerjisinin gelecekte enerji sektöründe daha çok rol oynayacağını düşündürmektedir (ŞENAKTAŞ, 2005, s. 77,78).

Hidrojen kullanılarak enerji elde edilmesi ise temel olarak iki şekilde gerçekleşmektedir. Hidrojen doğal gaz ya da benzin gibi yanıcı nitelikte olup yakılabilen bir elementtir. Benzin ve doğal gazla mukayese edildiğinde çevreci oluşu ve karbondioksit emisyonu yapmaması onu diğer yanıcı enerji kaynaklarına göre üstün kılan yegâne özelliğidir. Sadece benzin ve doğal gazın yakımında olduğu gibi onlara kıyasla yine çok düşük seviyelerde yakımın da ortaya NOx çıkmaktadır. Hidrojen gaz türbinlerinde ve istenildiğinde araçlar için içten yanmalı motor sistemlerinde rahatlıkla kullanılabilir. Bir diğer ve önemli enerji elde edim biçimi ise hidrojenin yakıt pili olarak kullanılmasıdır. Yakıt pili teknolojisi

elektrolizin tersi olamasyyla birlikte en basit anlatımı ile hava içerisinde bulunan oksijen ile hidrojenin birleşimi ile elektrik akımı ortaya çıkar. Yakıt pili genellikle otomobiller olmak üzere hemen hemen bütün hidrojen uygulamalarında tercih edilen yöntem olmasının yanında yakma işlemine göre daha verimli bir metottur. Çevre sağlığına bilinen bir zararı olmayan yakıt pilleri farklı çeşitlerde olup çeşitlilikleri anot ve katotlarda kullanılan elektrolit malzemeye dayanmaktadır. (KÜKRER, 2007, s. 89).

Yakıt pillerinin temel çalışma prensipleri ise yakıt olan hidrojenin doğru akımlı elektrik enerjisine yanma prosesine ihtiyaç duymadan dönüştürmesine dayanmaktadır. Yakıt hücresi bir çeper tarafından ayrılan iki adet elektrottan meydana gelmektedir. Bir elektrottan hidrojen geçerken bir diğer elektrottan ise oksijen geçmektedir. Elektrotların yüzeyinde bulunan bulunan katalizör hidrojeni proton ve elektrolarına ayrılmasını sağlamaktadır. Ayrıştırılan protonlar yakıt hücresinin çeperinden geçebilirken elektronlar geçemeyip enerji üretimini sağlarlar. Bu bağlamda hidrojen kaynaklı elektrik ev, sanayi, taşıt gibi birçok alanda üretilip kullanılabilirken büyük hacimli yakıt hücrelerine sahip hidrojen tesisleri elektrik üreterek şebekeye güç aktarımı gerçekleştirebilirler (ÖZTÜRK, 2009, s. 37).

Şekil 30: PEM Tipi Yakıt Pili Temel Çalışma Prensibi



Kaynak: (HABASH, 2018, s. 38)

Hidrojen teknolojisinin avantaj ve dezavantajlarına bakıldığında ise avantajlarını;

- Hidrojen enerjisi yenilenebilir bir enerji kaynağı olduğu için potansiyel üretimi teorik olarak sınırsızdır.
- Hidrojen elde edinimi konusunda kullanılan girdiler fosil kaynaklı olabileceği gibi yenilenebilir kaynaklardan da yararlanılabilir bu durum hidrojen üretiminde çeşitliliğin bol olmasını sağlamaktadır.
- Dikkatli bir şekilde kullanıldığı zaman tüketilemez olan hidrojen enerjisi sürdürülebilir bir enerji temini sağlamaktadır.
- Yenilenebilir bir kaynak olması dolayısıyla temiz bir enerji kaynağı olmakta ve herhangi bir karbondioksit salınımı gerçekleştirmemektedir.
- Birçok farklı sektörde kullanılacağı ve geliştirilmeye açık bir teknoloji olmasından dolayı yeni istihdam sahaları yaratan bir kaynaktır şeklinde sıralayabiliriz (ÖZEKİCİOĞLU, 2008, s. 127).

Dezavantajlarına bakacak olduğumuzda ise;

- Hidrojen enerjisinin en temel sorunlarında biri çok düşük bir ağırlığa sahip olan hidrojenin depolama hacimleri ve saklanması durumudur. Hidrojenin kullanım alanları doğrultusunda dolum istasyon ve alt yapılarının yetersizliği temel sorunu oluşturmaktadır.
- Maliyetler açısından incelendiğinde ise hidrojenin keşfi epey eski olsa da yakıt olarak hali hazırda kullanılan konvansiyonel yakıtlar ile rekabet edecek seviyeye gelemeyecek kadar yüksek maliyetleri bünyesinde barındırmasıdır.
- Maliyetlerin yüksekliği kullanım alanlarının darlığı hidrojen enerjisinde teknolojik açıdan deneyimsizliği de beraberinde getirmektedir.

- İlerleyen dönemlerde hidrojen enerjisinin yaygınlaşması ve kabul edilebilir bir hâl almasında kitlelerin ilgili teknolojiyi benimsemeleri ve bu teknolojiye geçiş aşamasında geleneksel yakıtları baz alarak direnç göstermelerinin söz konusu olması düşünülebilir (ÖZEKİCİOĞLU, 2008, s. 130).

1.6.1.8. Denizler ve Okyanuslar Aracılığı ile Elektrik Üretimi

Güneşten dünyamıza gelen ışınların yaklaşık olarak %70'i denizler ve okyanuslarda hapsolmaktadır. Bu durum kapsamında uygun metotlar kullanıldığı durumlarda denizler ve okyanuslar birer enerji deposu olarak değerlendirilebilmektedirler. Konuyla ilgili çalışmalar yapan bilim insanlarınca deniz ve okyanuslar kullanılarak enerji üretilmesi için çeşitli yöntemler araştırılmıştır. Bu yöntemler; dalga enerjisi vasıtasıyla güç üretimi, gel-git olayları kullanılarak enerji üretimi ve OTEC olarak adlandırılan, derin soğuk sular ile yüzey sıcak suları arasındaki ısı değerleri kullanılarak enerji üretimi sağlanan sistemlerdir (OKUR, 2011, s. 7).

Yenilenebilir enerji kaynakları ve yöntemlerinin günümüzde giderek popülerlik kazanması bu alanda çalışan endüstrileri, yeni fikir ve çalışma alanlarını ortaya çıkarmaktadır. Bunlardan bir tanesi de deniz ve okyanuslarda gerçekleşen dalgalanma olaylarından enerji elde edilmesidir. Dalga enerjisi yenilenebilir enerji endüstrisinde son zamanlarda üzerinde mesai harcanan ve geliştirilmeye çalışılan bir yöntemdir. Mevcut alternatif yenilenebilir enerji yöntemleri ile maliyetleri doğrultusunda istenilen rekabeti sağlayamamış olmasına rağmen giderek birçok ülke tarafında incelenmeye alınan bir konu olmaktadır. Dalga enerjisinin muadillerine kıyasla en önemli avantajı yenilenebilir kaynaklar arasında en yüksek enerji yoğunluğuna sahip kaynak olmasıdır. Dalga enerjisinden elektrik üretimi için birçok metot tasarlanmıştır. Kıyılara vuran dalgaların taşıdıkları enerji elektriğe dönüştürülmek üzere önlerine kurulan birçok özel çevrim sistemleri dalga enerjisini önce mekanik enerjiye daha sonrasında elektrik enerjisine dönüştürebilmektedir.

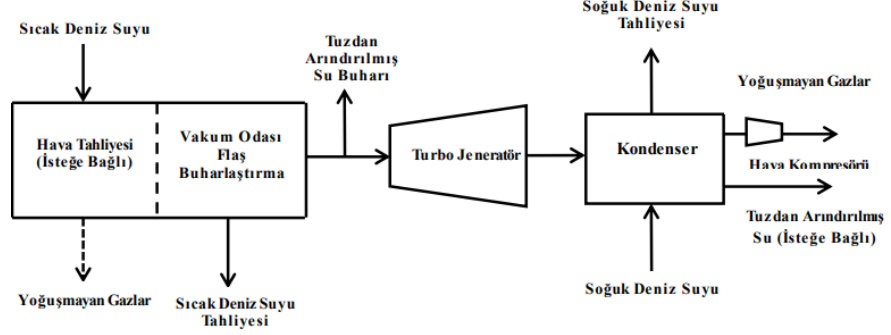
Bir diğ er temel ç alışma prensi ise, dalgalanmanın şiddetli ve ç ok yoğ un olduğu bölgelerde dalganın itiş etkisi ile hidrolik bir yükselti oluşturulması vasıtasıyla bir rezervuarda bulunan suyun yükseltilerek potansiyel enerji elde edilmesine dayanmaktadır. İklim özelliklerine ve yıl boyunca oluşan hava değişimlerine bağlı olarak değişen dalga enerjisini güç ç evrimine almak ilgili teknolojiler üzerinde ciddi ç alışmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda dalga enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinde kullanılan ç evrim teknolojileri kıyı şeridi boyunca, kıyıya yakın ve açık deniz teknolojileri olarak üç ana gruba ayrılmıştır. Kıyı şeridinde kullanılan teknolojilerini: su salınım kolonu (OWC), daralan kanal sistemi (TAPCHAN), sarkaç tipi dönüşüm sistemi (PENDULAR) olarak sıralayabiliriz. Kıyıya yakın bölgelerde dalga enerjisinin güç ç evriminde kullanılmasını sağlayan teknolojiler ise OWC teknolojisi baz alınarak geliştirilmiş ve 15-20 m derinliğin bulunduğu yerlerde faaliyet gösteren teknolojilerdir. Bunlar: OSPERY, WOSP 3500, Danimarka dalga şamandırası enerji ç evrim sistemi, dalga motoru enerji dönüşümü ve OCEANLİX teknolojileridir. 40 metreden daha derin bölgelerde kullanılan açık deniz enerji dönüşüm teknolojileri ise: MCCABE dalga pompası, OPT dalga enerji dönüştürücüsü, PELAMİS, Wave Dragon, Lineer enerji ç evrim sistemi, dalga paleti (WaveRoller), Archimedes dalga salının sistemi (AWS: Archimedes Wave Spring), büyük balina enerji dönüşüm sistemi (Mighty Whale), Salter's Duck enerji ç evrim sistemi, Power Buoy, hortum pompası ç evrim sistemi, yüzey titreşimli su kolonu sistemi ve Kaimei enerji ç evrim sistemidir (MERT S. , 2012, s. 19,27,56).

Dalga enerjisi ç evrim sistemlerinin de kendine ait üstünlük ve zayıflıkları bulunmaktadır. Avantajları arasında temiz yenilenebilir bir enerji kaynağı olan ve uzun enerji iletim hatlarına ihtiyaç duymayan, herhangi bir fosil yakıt girişine ihtiyaç olmayan, denizde bir dalyan vasfı taşıyarak su yaşamına katkı sağlayan ve deniz kullanımında olduğu için tarım arazilerinin kullanımını kısıtlamamasına karşın yatırım ve işletim maliyetleri yüksek olan tesisler sürekli olarak aynı verimi karşılayamamanın yanında kıyı ve yakını bölgelerde görüntü kirliliğine sebebiyet verirken açık deniz uygulamalarında ise denizciler açısından olumsuz koşullar yaratabilmektedir. Değişken dalgaların ç evrim santrali ile ç evrim sisteminin

tahribatına sebebiyet vermeleri de dezavantajları arasında sayılabilmektedir (ALPDOĞAN, 2009, s. 17).

Okyanus termal enerji dönüşüm sistemi (OTEC) ise tropikal ve sub-tropikal okyanus sularında bulunan derin su ile yüzey suyu arasındaki sıcaklık değeri farkından yararlanarak elektrik üretimi yapan bir sistemdir. Termodinamik çevrim ile elektrik üreten bu sistemin verimli kabul edilebilmesi için kurulacağı bölgedeki okyanus taban suyu ile yüzey suyu arasındaki sıcaklık farkı değerinin minimum 20 C⁰ olması gerekmektedir. OTEC çevrim teknolojileri açık çevrim, kapalı çevrim ve hibrid çevrim olmak üzere üç farklı çevrim sisteminden oluşmaktadır. Açık çevrim metodunun temel çalışma prensibi okyanus yüzeyinde bulunan sıcak suyun ani bir şekilde buharlaştırılıp vakumlandığı bir odaya pompalanması ile türbinlerin döndürülmesi ve bu doğrultuda elektrik üretilmesine dayanır. Daha sonra elde edilen buhar okyanus tabanından gelen soğuk su ile yoğunlaştırılarak su olarak tekrardan döngüye katılır. Kapalı çevrimde çalışma prensibi ise düşük bir kaynama noktasına sahip olan bir sıvının kapalı çevrime yollanması ve burada yüzeyde bulunan sıcak suyla birlikte buharlaştırılarak basıncı arttırılmak suretiyle türbinlere aktarılması ve oluşan tahrikle elektrik elde edilmesine dayanmaktadır. Bu çevrim yönteminde de yine yoğunlaştırıcı olarak okyanus tabanındaki soğuk su kullanılmaktadır. Son olarak hibrid çevrim sistemleri temel olarak kapalı ve açık çevrimin bir arada kullanılması prensibine dayanmakta olup burada genel olarak kaynama noktası düşük olarak tercih edilen sıvı ise amonyak olmaktadır. OTEC sistemlerinin yenilenebilir bir enerji olmaları ve çok düşük seviyede karbondioksit salınımı gerçekleştirebilmeleri, tatlı su üretimi gerçekleştirmeleri gibi güzel avantajlarının yanında yüksek maliyetli olmaları ve kayalık ile deniz kıyılarında kullanıldığı yerlerde burada bulunan ekosistemi tahrip etmeleri gibi dezavantajları da bulunmaktadır (ÜÇGÜL & ELİBÜYÜK, 2016, s. 88).

Şekil 31: OTEC Açık Çevrim Sistemi Temel Çalışma Prensibi



Kaynak: (ÜÇGÜL & ELİBÜYÜK, 2016, s. 90)

Deniz ve okyanuslardan elektrik üretiminde kullanılan bir diğer yöntem ise su altı akımlarının değerlendirilmesi yöntemidir. Su altı türbinleri ile bir jeneratörden oluşan akım enerjisi teknolojisi rüzgâr enerji santrallerinin mantığı ile çalışmaktadır. Türbinlerin dönmesini sağlayan burada rüzgâr değil akıntı enerjisidir. Su hareketlerinin oluşturduğu kinetik enerjinin jeneratörler vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüştürülmesi suretiyle çevrim tamamlanmış olur. Deniz akım hızları rüzgâr hızlarına kıyasla daha yavaş olmalarına karşın çift taraflı çalışmaktadırlar. Ayrıca suyun yoğunluğunun yaklaşık olarak havadan 835 kat daha fazla olması da bu teknolojilerin bir diğer avantajını oluşturmaktadır. İki teknoloji arasındaki en önemli fark ise akım teknolojileri için kullanılan kapasitenin aynı güç çevrimi için kurulan rüzgâr santrallerine mukayeseli olarak daha küçük düzeyde olmaları ve bir birilerine yakın kümeler şeklinde daha küçük alanları kaplamalarıdır. Yenilenebilir ve karbon emisyonu yapmayan, bir yakıtı ihtiyaç duymayan bu çevrim teknolojilerinin en önemli dezavantajları ise uygulama sahalarının çok kısıtlı olmaları ve akımlardan günde sadece belli saatlerde yararlanabilmeleridir (ŞİMŞEK, 2005, s. 2).

Şekil 32: Deniz Akım Enerjisi Çevrim Santrali

Kaynak: (ŞİMŞEK, 2005, s. 3)

Dünyanın aya ve güneşe olan konumu ile kıyı şeridiyle deniz tabanının yapısına bağlı olarak gel-git olayları oluşmaktadır. Gel-git olayları sonucunda oluşan hareketlilik ile iki şekilde elektrik enerji üretilmektedir. Bunlardan bir tanesi kinetik enerjinin dönüşümüken bir diğeri de yükselen su kütlelerinin potansiyel enerjisinin kullanılmasıdır. Bu metotta uygun bulunan koyların giriş bölümleri bir baraj yapısı ile kapatılarak baraja yükselmiş halde gelen su tutulur ve suların tekrar geri çekilmesinden arada oluşan yükselti farkının potansiyel enerjisinden yararlanılarak türbinler vasıtasıyla elektrik üretimi gerçekleştirilmiş olur (GÜLSAÇ, 2009, s. 61).

Şekil 33: Rance Nehri Gel-git Barajı



Kaynak: (GÜLSAÇ, 2009, s. 61)

Deniz ve okyanuslar aracılığı ile dalga, gel-git, akıntı ve su sıcaklıkları farklarından yararlanılarak enerji elde edimi ve teknolojileri yenilenebilir, süreklilik arz eden temiz bir enerji sunarken ilgili teknoloji ve kaynaklar diğer yenilenebilir kaynaklar ve çevrim sistemleri ile mukayese edildiğinde kurulum ve işletim maliyetlerinin yüksekliği, verim değişkenliği, uyarlılık kriterlerinin kısıtlılığı ile bazı teknolojilerin kurulmasında elverişli sahaların azlığı, deniz ve okyanuslardan enerji çevrim teknolojilerinin kurulma süreçlerindeki teknik ve ekonomik analizlerin önemini arttırmaktadır.

İKİNCİ BÖLÜM: DIŞ TİCARET VE DIŞ TİCARET DENGESİ TANIMI İLE DIŞ TİCARET TEORİLERİ

2.1. Dış Ticaret ile Dış Ticaret Dengesi Tanımı ve Ekonomik Büyümedeki Yeri

Ülkelerin mal, hizmet ve teknoloji gibi birçok alanda birtakım ihtiyaçları olduğu gibi ellerinde fazla bulunan ve başka bir ihtiyacın finanse edilmesi için fazla bulunan ekonomik materyali ülke ekonomisine likit olarak kazandırmak amacı ile başka ülkeler ile ticari bir temas kurması dış ticaret olarak adlandırılabilir. Gereksinim duyulan ve ticari vasfı olan materyalin başka bir ülkeden satın alınmak suretiyle tedarik edilmesine ithalat, ülkenin elinde bulunan bir mal veya hizmetin ülke sınırları dışına satılması işlemine ise ihracat denmektedir. Özetleyecek olursak ülkeler arasında gerçekleşen herhangi bir mal ve hizmet alışverişinin tamamı dış ticaret olarak nitelendirilmektedir (AÇIL, 2020, s. 7). Dış ticaret genel olarak iki ya da daha fazla ülke arasında yapılan mal alışverişini konu edinmiş olsa da sigortacılık, taşımacılık gibi hizmetlerin de ülke sınırlarının dışında gerçekleşmesi durumunda bu hizmetler de dış ticaretin konusunu oluşturmaktadır. Dış ticaret bir ülkenin sadece kalkınması ve refah artışı konularında yarar sağlamamakta aynı zamanda ülkenin siyasi geleceği, uluslararası ilişkileri ve evrensel barışa da katkı sağlamaktadır (AKTAŞ, 2017, s. 3).

Dış ticaret dengesi dediğimizde ise bir ülkede bulunan yerleşiklerin, başka bir ülkede bulunan yerleşiklere satışı gerçekleştirilen mal ve hizmetleri ile başka bir ülkeden satın alınan mal ve hizmetlerin arasındaki fark kastedilmektedir. Özetlenecek olursa dış ticaret dengesi; bir ülkede gerçekleştirilen mal ve hizmet ithalatı ile ihracatı arasındaki farktır (GEÇER, 2017, s. 82). Bu fark ihracat tarafının ağır bastığı durumlarda dış ticaret fazlası olarak ifade edilirken, ithalatın ihracata göre ağır bastığı durumlarda ise dış ticaret açığı olarak nitelendirilmektedir. İthalat ve ihracat rakamlarının aynı değerlerde bulunması durumunda ise ülkenin dış ticareti dengededir (KURT & TERZİ, 2007, s. 26,27). Ülkelerin genel olarak temel

hedeflerinden biri ihracatı arttırmak ve ithalatı azaltmak doğrultusundadır. Bu amacın sağlanabilmesi için ülkeler farklı kararlar alarak dış ticaret politikalarını oluştururlar. Sürekli olarak artış sergileyen insan ihtiyaçları ülkeleri dış ticarete yönlendirmekte ve ihtiyaçların karşılanması konusunda çabalanması gerektirmektedir. Artan ihtiyaçların karşılanmasının yanında devletlerin bir diğer çabası da ekonomik büyümeyi sağlamaktır. Devletlerin kalkınma ve büyüme çabalarında dış ticaretin rolü ciddi bir değere sahiptir. Ülkenin iç dinamiklerini harekete geçiren temel unsurlardan bir tanesi dış ticarettir. Kalkınmanın yegâne ana unsuru olan dış ticaretin olmadığı bir ülkede kalkınmadan söz edilmesi pek mümkün olmayacaktır. Dış ticareti oluşturan üç sektör tarım, sanayi ve hizmet sektörleridir. Özellikle sanayi sektörünün ülke ekonomisi üzerindeki etkisinin artırılması ekonomik büyümenin istenilen düzeyde gerçekleşmesini sağlayacak en etkili yollardan biri olacaktır (ŞEREFLİ , 2016, s. 137). Sanayi sektörü için enerji temel hayat kaynağı olmuş ve özellikle 1980 sonrası sanayileşmede yapısal bir değişime giden Türkiye’de ithal ikameci sanayileşmenin yerini ihracata dayalı sanayileşme almasıyla, enerjide dışa bağımlılığın yüksek seviyelerde seyrettiği Türkiye’de sanayi kesiminin enerji maliyetlerinin düzeli olarak gözden geçirilmesi ciddi bir mecburiyet durumuna gelmiştir. Sanayi kesiminin hayat damarlarından biri elektrik enerjisi olmakla birlikte ülkede tüketilen elektrik enerjisinin %60’lık dilimi sanayi tarafından tüketilmektedir (ORANSAY, 2017, s. 16,17). Dış ticaret ve bağlamında gerçekleşecek ekonomik büyüme için sanayi kesiminin yeri ne kadar önemli ise sanayi için de enerji bir o kadar önemlidir. Nitekim sanayide yoğun olarak kullanılan ikincil enerji kaynağı (Birincil enerji kaynakları herhangi bir dönüşüme uğramayan enerji kaynaklarını kapsarken, elektrik birincil enerji kaynaklarından faydalanılarak elde edilen bir enerji türüdür.) olan elektriğin ülke içerisindeki üretiminin hangi hammaddelere bağlı ve hangi teknolojiler kullanılarak üretildiği ve kullanılan hammaddelerin dışa bağımlılığı ile dış dengedeki rolünü sorgulamak gerekir.

2.2. Dış Ticaret Teorileri

Geçmişten günümüze birçok iktisadi düşünce ve akım ortaya çıkmış ve her biri kendi ilkelerince ekonomiyi anlamaya, yorumlamaya ve irdelemeye çalışmıştır. Klasik teorilerden günümüz teorilerine kadar olan hemen hemen bütün ekoller iktisadın bir kolu olan dış ticareti açıklamaya ve nasıl olması gerektiği üzerine çalışmalar yapmış ve kendi düşüncelerini teori halinde izah etmeye çalışmışlardır. Uluslararası iktisadın anlaşılmasında ve ülkeler arasındaki ticaretin nasıl şekilleneceğinin belirlenmesinde bu teoriler birer kılavuz niteliğini almışlar ve iktisat eğitiminin önemli bir dalı haline gelmişlerdir. Tezin bu kısmında dış ticaret teorileri kısaca ele alınacaktır.

2.2.1. Mutlak Üstünlükler Teorisi

Mutlak üstünlükler teorisi; Adam Smith'in 1776 yılında yayımlanan Milletlerin Zenginliği kitabında yer alan, dış ticaretin yapılmasının nedenlerini ve nasıl olması gerektiğini açıklamaya çalışmış olduğu ve modern dış ticaret teorilerinin oluşumuna öncülük eden bir teoridir. Mutlak üstünlükler teorisi her ülkenin birbirlerinden daha düşük maliyetlerde ürettikleri ürünlerin üretiminde uzmanlaşmasını ve bu ürünleri ihraç ederken pahalıya imal ettikleri ürünleri ithal etmeleri ile dış ticaretin ülkelerin refah seviyelerini arttıracaklarını savunur. Mutlak üstünlük teorisindeki üretim üstünlüğü bir ülkede doğal yahut kazanılmış bir üstünlük olarak oluşabilmektedir. Doğal üstünlük ülkenin coğrafi konumu, tarım arazilerinin verimi, iklim koşullarının uygunluğu, yeraltı rezervleri gibi üstünlükleri tanımlarken kazanılmış üstünlük ise teknoloji, ürün geliştirme, tasarım gibi günümüz dünyasından da aşına olduğumuz üretim üstünlükleri olabilir. Mutlak Üstünlükler Teorisinin açıklanmasında kullanılan genel örnek İngiltere – Portekiz örneği olarak adlandırılan yahut kumaş – şarap örneği olarak geçen emeğin homojen, işsizlik ve kur farklarının olmadığı, ticaret serbestliğinin olduğu, ülkelerin üretim için gerekli kaynaklara eşit miktarda sahip olduğu, taşıma gideri bulunmayan, para yerine mal takasına dayalı bir ekonomi varsayımı altında; 100

birimlik kaynak kullanarak iki farklı ürün üreten iki ülke ele alınmıştır (PALACIOĞLU, 2018, s. 4,5).

Tablo 5: Mutlak Üstünlükler Teorisine İngiltere ve Portekiz Örneği

	Kumaş (metre)	Şarap (litre)
İngiltere	80	10
Portekiz	10	40

Yukarıdaki tabloda verilen örneği açıklayacak olursak görüldüğü üzere İngiltere kumaş Portekiz ise şarap üretimde üstünlüğe sahiptir. Bu durumda teorinin işleyişi İngiltere'nin kumaş üretiminde uzmanlaşarak Portekiz'e kumaş ihraç edecek ve bunun karşılığında Portekiz'den şarap ithalatı gerçekleştirecektir. Bu durum iki ülkenin de refah düzeyini dış ticaretin olmadığı bir ekonomiye göre daha yüksek bir seviyeye çıkartmanın yanında daha çok mal ve hizmet üretiminin gerçekleştiği bir ekonomi haline getirecektir (PALACIOĞLU, 2018, s. 4,5).

2.2.2. Mukayeseli Üstünlükler Teorisi

Mukayeseli üstünlükler teorisi Adam Smith'in mutlak üstünlükler teorisinin açıklama gücünün olmadığı bir durumda dış ticaretin nasıl şekilleneceğini açıklamaya yönelik olarak David Ricardo tarafından geliştirilmiş bir dış ticaret teorisidir. Teorinin temeli, bir ülkenin mutlak üstünlük teorisinde düşünüldüğü gibi tek bir alanda üretim üstünlüğüne sahip olmaması ve ticarete konu olan iki farklı malda da bir diğer ülkeye göre üretim üstünlüğüne sahip olunması durumunda ne yapılması gerektiği ve ticaretin nasıl şekilleneceği üzerine kurulmuştur. Smith'in teorisi uyarınca böyle bir durumda olan bir ülkenin tüm malları kendisinin üretmesi beklenir ancak Ricardo böyle bir durumun oluşmasında ülkenin en fazla verimi aldığı malda uzmanlaşarak o malın ihracatının yapılmasını, verimin karşılaştırmalı olarak bakıldığında düşük olduğu malın ise ithal edilmesinin ülke refahını daha çok arttıracaklarını savunmuştur. Mukayeseli üstünlükler teorisinde

dış ticarete bulunmanın avantajı ülkelerde oluşacak olan nispi fiyatlardır. Bu durum bir malın diğer mal cinsinden karşılığı olarak tanımlanabilir (ADAK, 2020, s. 9,10).

Tablo 6: Mukayeseli Üstünler Teorisine Örnek

	A Ülkesi	B Ülkesi
Buğday	50 ton	100 ton
Çelik	10 ton	100 ton

Teoriyi örnek üzerinden anlatacak olursak B ülkesi A ülkesine kıyasla her iki üründe de üretim üstünlüğüne sahip durumdadır. Ancak ürünlere verim olarak bakıldığında B ülkesi buğday üretiminde 2 kat daha verimli bir şekilde üretim gerçekleştirirken bu durum çelik üretiminde 10 kat daha verimli bir haldedir. Teoriye göre B ülkesi çelik üretiminde uzmanlaşarak A ülkesine çelikte ihracatçı konumunda olmalı buğdayı ise A ülkesinden ithal etmelidir. Nispi fiyatlara göre durumu irdelediğimizde iki üründe de çalışan bir işçinin ücretinin aynı olduğu varsayımı altında B ülkesinde Tarımda çalışan bir işçi 100 ton buğday üretirken, çelik alanında çalışan bir işçi ise 100 ton çelik üretmektedir. Bu durumda 100 tonluk çeliğin maliyeti ile 100 tonluk buğdayın maliyeti aynıdır. A ülkesinde ise durum 10 ton çeliğin fiyatının 50 ton buğdaya denk olmasıdır. Yani 1 kilogram çelik ile 5 kilogram buğday alınabilmekte yahut 5 kilogram buğday ile 1 kilogram çelik alınabilmektedir. B ülkesinde ise 1 kilogram buğday 1 kilogram çelik alabilmektedir. Bu durumda A ülkesinde buğdayın fiyatı B ülkesine kıyasla daha uygundur. A ülkesi bu durumda elindeki 50 tonluk buğdayı nispi fiyatların 1/1 olduğu B ülkesine ihraç ederek karşılığında 50 ton çelik alır, elde edilen 50 tonluk çelik ithal edilen 250 tonluk buğdayı getirir bu durum ülkeler arasındaki fiyatlar eşitleninceye kadar devam eder. Dış ticaretin ülkeler arasındaki nispi fiyatları eşitleme özelliğine bağlı olarak nispi olarak pahalı olan ürünler yine görece olarak

ucuzlama eğilimine girerler ve dış ticaret sayesinde iki ülke vatandaşlarının da refah seviyesi artmaktadır (ADAK, 2020, s. 10).

2.2.3. Heckscher – Ohlin (Faktör Donatımı) Teorisi

Faktör Donatım Teorisi esasen Ricardonun karşılaştırmalı üstünlükler teorisinden yaklaşık yüz yıl sonra teorinin eksik olduğu ve karşılaştırmalı üstünlüklerin nispi fiyat farklılıklarına dayalı olması ile bu farklılığın sebebinin sadece emek verimliliği ile ilişkilendirilmesi sonucunda dış ticaretin gerçekleşmesinin sebeplerinin düzgün açıklanmadığı görüşü çerçevesinde ortaya çıkmış bir teoridir. Bu eksikliğin temel sebebi Smith ve Ricardo gibi klasik iktisatçıların emekte ortaya çıkan verimlilik farkının neden kaynaklandığı ile ilgili olarak bir sorgulama içerisine girmemiş olmalarıdır. Karşılaştırmalı üstünlükler teorisinde yer edinen bu eksikliğin giderilmesi için teoriden bir asır sonra Eli Heckscher ve Bertil Ohlin tarafından faktör donatım teorisi ortaya atılmıştır. Faktör donatım teorisi mukayeseli üstünlükler teorisindeki emek verimliliğinin nedenini ülkedeki faktör bolluğundan kaynaklandığını savunmuş ve Ricardonun teorisi bir bakıma yenilenmiştir. Bertil Ohlin 1933 yılında teoriye emek faktörünün yanında sermaye faktörünü ekleyerek üretimde karşılaştırmalı üstünlüğün birden çok faktörde de işleyişini koruyacağını açıklamıştır. Faktör donatım teorisi yapısı itibari ile 1980'li yılların liberal iktisat görüşlerini anlatmaktadır. Teori bir milletin üretimdeki karşılaştırmalı üstünlüğünün emek, sermaye, toprak, girişim ve teknoloji gibi servetlerinin etkin bir birleşimi neticesinde ortaya çıktığını savunur. Bu durum teoriyi karşılaştırmalı üstünlükler teorisine göre daha kapsamlı, değişken ve dinamik bir işleyişin bulunduğu sonucuna çıkartmaktadır. Teorinin temel savunması üretimde kullanılan faktörün yoğun olduğu malların ihraç edilmesi, kıt durumda olan faktörlerin bulunduğu malların üretilmesinin yerine ithal edilmesini savunur. Basit ve akılcı bir düşünce çerçevesinde işleyen teori bir ülkede üretimde kullanılan hangi faktör bol ise o faktöre bağlı olarak üretilen ürünler daha ucuza üretililecek ve uzmanlık o ürün çevresinde gerçekleşecektir. Ucuza üretilen ürünler de ihraç edilecektir. Bu durumda faktör donatım teorisince gerçekleşen bir dış ticaret yapısında üretimde kullanılan faktörlerin fiyatları ve ülkeler arasındaki

oranları dış ticaretteki en önemli etkeni oluşturmaktadır. Heckscher ve Ohlin ortaya attıkları teori ile dış ticaretin açıklanmasında önemli bir katkı sağlamış olmakla beraber teorelin varsayımlar ile desteklenmesi ve neden sonuç ilişkisi kapsamında formülleştirilip matematiksel olarak çalıştığının ortaya konulması Paul Samuelson sayesinde olmuştur. Bu sebeple faktör donatım teorisine Heckscher-Ohlin-Samuelson modeli de denmektedir (İÇKE, 2020, s. 72).

Heckscher-Ohlin teorisi de her teorige olduğu gibi belli varsayımlar altında çalışılmış bir teorigedir. Bu varsayımlar genel itibari ile;

- Klasik iktisatçıların teorilerinin aksine faktör donatım teorisinde tek maliyet unsuru emek olarak kabul edilmemiş sermayede bir maliyet kalemi olarak görülmüştür.
- Teorige iki ölkeli ve iki sektörü içerisinde barındırdığı varsayılan bir dünya yapısı vardır.
- Üretimde kullanılan faktörler homojen bir yapıya sahiptir.
- Üretim faktörleri ölkeler içerisinde tam bir hareketlilik sergilerken ölkeler arasında ise herhangi bir hareketlilik sergilememektedirler. Başka bir deyişle sektörler arasındaki üretim faktörleri maliyetsiz ve hemen transfer edilir nitelikte kabul edilmişlerdir.
- Kullanılan teknolojilerin iki ölkede de aynı seviyede oldukları kabul edilmiştir.
- İki ölkede de zevk ve tercihlerin ortaklığı söz konusudur (BAYAR, 2012, s. 49).

Talep farklılıklarının dikkate alınmadığı ve arz yanlı bir yaklaşım içerisinde olan faktör donatım teorisine bağlı olarak dört adet teori üretilmiştir. Bunlardan ilki yukarıda izah edilen Heckscher-Ohlin teorisi olurken diğerleri ise Faktör Fiyatları Eşitliği Teorisi, Stolper-Samuelson Gelir Dağılım Teorisi ve Rybczynski Teorisidir (BAYAR, 2012, s. 50).

2.2.3.1. Faktör Fiyatları Eşitliği Teorisi

Faktör fiyatları eşitliği teorisinde, ülkeler arası faktör hareketliliğinde herhangi bir kısıt bulunmaksızın tam hareketliliğin oluşması durumunda faktör piyasalarınca faktör fiyatlarında bir eşitlenme yaşanmasının, faktörlerin serbestliğinin bulunmadığı durumlarda serbest ticaret ile gerçekleşeceği savunulmuştur. Bu görüş ilk olarak Heckscher tarafından dile getirilmiş, Ohlin tarafınca mutlak eşitliğin yerine eşitlik eğilimi gösterdiği şeklinde yorumlanmış ve konu Samuelson tarafından çalışıldıktan sonra serbest ticaretin faktör fiyatlarını eşitlediği hususu analitik olarak elde edilmiştir (KURT G. , 2011, s. 9).

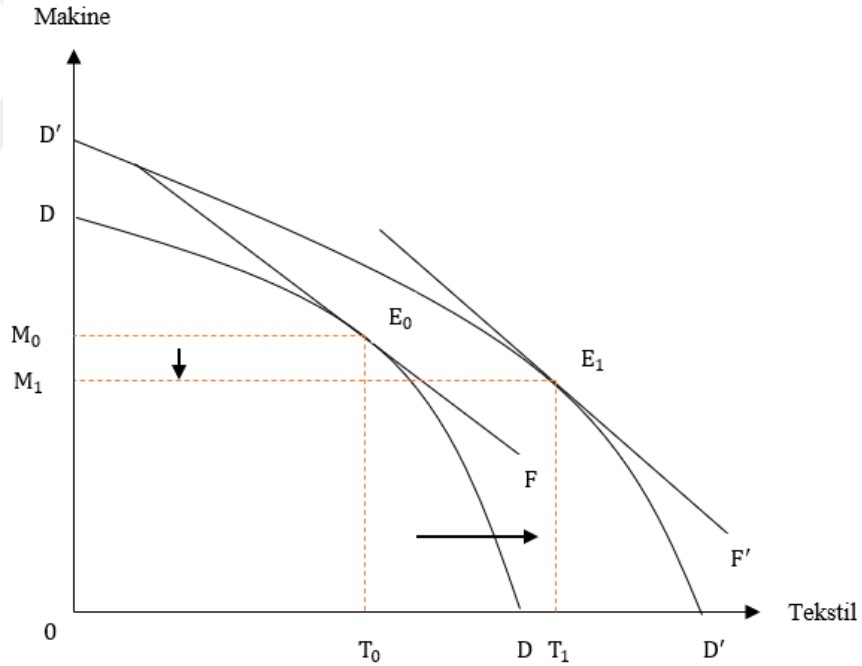
2.2.3.2. Gelir Dağılımı Teorisi

Ticaretteki liberalleşmenin gerçekleşmesi ile ülke içerisindeki gelir dağılımı ilişkisini ilk kez teorik olarak ele alan geleneksel ticaret teorisi Stolper-Samuelson gelir dağılımı teorisidir. Teorinin işleyişi; ülkelerin dış ticareti derinleştikçe ülkenin elinde bolca bulunan ve karşılaştırmalı olarak üstünlüğe sahip olunan ihracatta kullanılan zengin faktörlere olan talep artarken, ithalat sanayisine rakip sanayilerde kullanılan kıt faktörlere olan talep ise azalacaktır. Bu durumun etkisi sermaye ve iş gücünü ele alan klasik modelde, artan dış ticaret ile gelişim aşamasında olan ülkelerde üretim faktörü olarak bol bulunan iş gücünün ücretlerinin artışı şeklinde görülecektir. Bir diğer değişle ticaret serbestliği yahut ticaret kısıtlamalı gibi politik seçimlerin ürün fiyatlarında yaratacağı farklılıklar faktörlerin getirileri üzerinde ortaya çıkacak, ürün fiyatındaki değişikliğe bağlı olarak üretimde kullanılan faktörlerden birinin getirisi artış sergilerken bir diğerinin getirisi ise azalış eğilimine girecektir. Gelir Dağılımı Teorisi ile Faktör Fiyatları Eşitliği teorimi birbirleri ile karşılaştırıldığında ise aradaki fark, Faktör Eşitliği Teoreminde ortaya konan sonuçlar ülkeler arası bir karşılaştırma ile gerçekleşirken bu durum Gelir Dağılımı Teorisinde bir ülkede yurt içi ilişkilerin irdelenmesi ile ortaya çıkmaktadır (Gürçem, 2016, s. 76).

2.2.3.3. Rybczynski Teorisi

Heckscher-Ohlin Teorisinden türemiş olan ve faktör arzındaki değişimlerin üretimdeki sonuçlarını inceleyen Rybczynski Teorisi işsizliğin olmadığı ve iki ürün ile iki üretim faktörünün olduğu varsayımları altında işleyen bir teoridir. Rybczynski Teorisi üretimde kullanılan faktörlerden bir tanesinin arzında yaşanacak olan bir artışın ilgili üretim faktörünü yoğun olarak kullanan ürünün üretim miktarında artışa sebep olacağını, arz miktarında değişme olmayan ürünün üretiminde ise bu durumun endüstriler arası faktör transferlerine bağlı olarak azalacağını savunmuştur (KONYA, 2012, s. 35).

Şekil 34: Rybczynski Teoremi Grafikselleştirilmesi



Kaynak: (SEYİDOĞLU, 2017, s. 133)

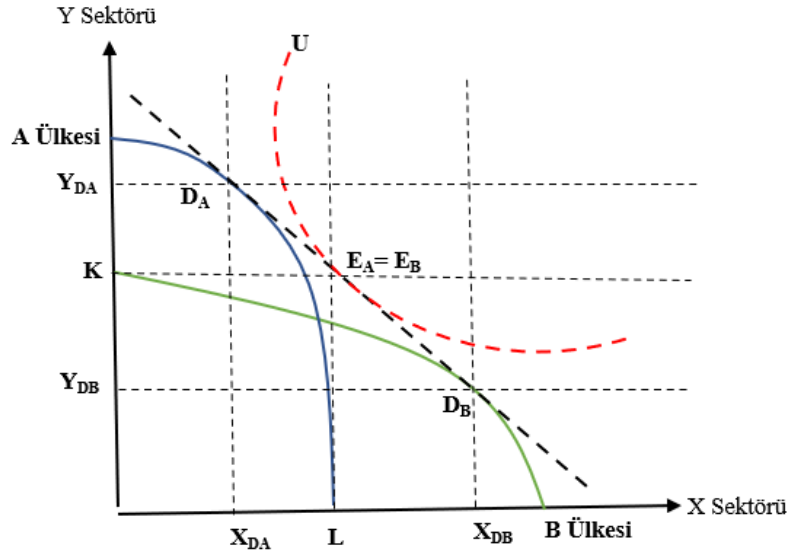
Grafikte görüldüğü üzere ilk durumdaki üretici dengesi E_0 noktasındayken emek faktöründe yaşanan bir artış sonrası üretim olanakları eğrisini sağa doğru kaydıracak sabit dış ticaret hacimlerinde yeni üretici dengesi E_1 noktası olacaktır. Sermaye faktörü miktarında herhangi bir artış yaşanmaksızın emek faktörü miktarında yaşanan artış emek yoğun üretimin gerçekleştiği tekstil üretimini T_0

noktasından T_1 noktasına arttıracak bu durum sonucunda ise sermaye yoğun üretimin yaşandığı makine üretimi M_0 noktasından M_1 noktasına düşecektir. Yukarıdaki değerlendirme neticesinde anlaşılan odur ki arzında artış yaşanan emek faktörü ihracat sektöründe yoğun olarak kullanılan faktör olarak ihracata konu olan tekstil ürünü üretimini mutlak suretle artırırken, ithal edilen sermaye malının üretimini azalacaktır (SEYİDOĞLU, 2017, s. 133).

2.2.3.4. Faktör Donatımı Teorisinin Grafiksel Anlatımı

Faktör Donatımı Teorisinin grafiksel gösterimini şekil 35'te incelediğimiz vakit A ülkesi sermaye faktörünün üretiminde yoğun olarak kullanıldığı Y ürününde karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğunu ifade eder. Bu durum bize A ülkesinin sermaye açısından zengin, emek açısından ise kıt kaynaklara ev sahipliği yaptığını göstermektedir. B ülkesi ise emek faktörünün üretiminde yoğun olarak kullanıldığı X ürününde karşılaştırmalı üstünlüğü elinde tutmaktadır. Bu durum da bize B ülkesinin bünyesinde emeğin bol ancak sermayenin ise kıt bir kaynak durumunda olduğunu anlatmaktadır. İki ülke arasında bir dış ticaretin gerçekleşmesi durumunda A ülkesinde fiyatı yüksek olan X ürünün fiyatı azalış sergileyecek ve düşük bir fiyata sahip olan Y ürünün ise fiyatı artmaya başlayacaktır. B ülkesinde durum, fiyatı yüksek olan Y ürünün fiyatının ucuzlaması, fiyatı düşük olan X ürünün fiyatının artması şeklinde gelişecektir. Stolper-Samuelson Teoremi uyarınca A ülkesinde emeğin ücreti azalışa geçerken B ülkesinde artacak ve yine aynı şekilde A ülkesinde sermayenin getirisi yükselirken, B ülkesinde ise düşüşe başlayacaktır. Bu durum faktör fiyatları eşitliği teoremine göre iki ülkede de sermaye ve emek getirileri ile X-Y ürünlerinin fiyatları eşitleninceye kadar sürecektir (DEMİRÖZ, 2010, s. 51). Ülkelerin serbest dış ticaret durumuna baktığımızda ise;

Şekil 35: A ve B Ülkelerinde Serbest Dış Ticaret Dengesi



Kaynak: (DEMİRÖZ, 2010, s. 134)

D_A noktası A ülkesinin üretimde dengede olduğu noktayı ifade etmektedir. D_A noktasında kırmızı ile gösterilen uluslararası nispi fiyat doğrusu A ülkesin üretim imkânları eğrisine teğet durumdadır. Başka bir şekilde ifade edecek olursak bu noktada A ülkesinin marjinal dönüşüm oranı nispi fiyat oranının negatif değerine eşit olacaktır. D_B noktasında ise B ülkesinin üretimi dengedeysen, ilgili noktada uluslararası nispi fiyat doğrusu ülkenin üretim olanakları eğrisine teğet durumdadır. Bu noktada B ülkesinin marjinal dönüşüm oranı nispi fiyat oranının negatifine eşit olmaktadır. E noktasındaki durum ise gerek A ülkesinin gerekse B ülkesinin dış ticaret sonrası tüketim dengesini göstermektedir. Teoriye göre iki ülkenin de tüketim tercihleri aynı kabul edilmiş ve bu noktada uluslararası nispi fiyat doğrusu U sosyal kayıtsızlık eğrisine teğet olmuştur. Sosyal kayıtsızlık eğrisi A ve B ülkelerinde dış ticarete meydana gelen sosyal refah seviyelerini anlatmaktadır. Dış ticaretin her iki ülkenin de ilk durumundan daha yüksek bir seviyeye gelmesinde etkili olduğu gösterilmektedir. Bu noktada iki ülkenin de marjinal dönüşüm oranı nispi fiyat oranının negatif değerine eşit olacaktır. Faktör donatımı teorisi, Ricardo ve Smith modeline göre uzmanlaşma konusunda bir farklılık sergilemektedir. Karşılaştırmalı üstünlükler ve mutlak üstünlükler teorisinde tam uzmanlaşma

durumu söz konusuken yani ülkeler sadece ihracat yaptıkları alanda uzmanlaşıp bütün faktörlerini bu alana transfer ederlerken, faktör donatımı teorisinde gerek ihracata gerekse ithalata tabi ürünlerde de üretime devam ederlerken sadece karşılaştırmalı olarak üretim üstünlüğüne sahip ürünlere daha fazla kaynak ayırmaktadırlar. Kısmi uzmanlaşma adı verilen bu durum faktör donatımı teorisini Smith ve Ricardo'nun teorilerine kıyasla güncel hayata uygun bir zemine oturtur (DEMİRÖZ, 2010, s. 134).

2.2.3.5. Leontief Paradoksu

Faktör Donatımı Teorisini test etmek üzere Wassily Leontief'in 1947 yılında ABD ekonomisindeki girdi ve çıktılar tablosu ile aynı yıla ait dış ticaret verileriyle 1 milyon dolarlık tutarlar halinde ihraç ve ithal-ikame malları barındıran test amaçlı bir sepet oluşturarak, teorinin işleyişini test etmesiyle ortaya çıkmış olan bir paradokstur (LEONTİEF, 1953, s. 125,126). 1950'lerin ABD ekonomisi günümüzde olduğu gibi dünyada sermaye yoğunluğu en fazla olan ülkelerden birinin olmasının yanında Leontief'in çalışması sonrasında çıkan sonuca göre sermaye yoğun ürünleri ithal ederken emek yoğun ürünleri ise ihraç ettiği görülmüştür. Leontief paradoksu olarak adlandırılan bu sonuç sonrasında çalışmaya yönelik eleştiriler ve paradoksu ortandan kaldırmayı amaçlayan çalışmalar sonrasında, üretimi ve dış ticareti açıklamaya yönelik olarak belirlenen unsurların sadece emek ve sermayeden ibaret olmadığını ve özellikle de bilginin bu bağlamda önemli bir yer teşkil ettiği vurgulanmış ve bu doğrultuda yeni dış ticaret teorisinin hazırlanmasının ve geliştirilmesinin yolu açılmıştır. Leontief'in paradoks yaratan sonuçları kadar bir diğer önem teşkil eden çalışması ise paradoks sonuçlarını açıklamaya yönelik olarak yapmış olduğu çalışmadır. Leontief, ABD ekonomisinin çalışan ve eğitim niteliklerinin farklılığına dikkat çekerek paradoks sonucunu ülkenin beşeri sermaye yapısı ile açıklamaya çalışmış ve bilgiyi de bir sermaye unsuru olarak ele almıştır (LEONTİEF, 1956, s. 402,403). Beyaz yakalı çalışan sayısının mavi yakalı çalışanları geçtiği 1950'li yılların Amerika'sında bilgi çağı olarak adlandırılan bir dönemin başladığı kabul edilmiş ve oluşacak yeni dış ticaret

teorileri bilgi faktörünü envanterlerine katmıştır (BAYRAKTUTAN , 2003, s. 179,180).

2.2.4. Nitelikli İşgücü Teoremi

Nitelikli işgücü teorisi endüstrileri gelişmiş ülkeler arasındaki karşılaştırmalı üstünlüğü açıklamayı konu edinen ve Keessing, Kennen, Leontief gibi konuyla ilgili çalışma yürüten kişilerce ortaya atılmış bir teoridir. Teorinin açıklanmasında belirlenen değişkeni beşeri emek sermayesi oluşturmuş bir diğer ifade ile nitelikli işgücündeki farklılıklar göz önünde bulundurulmuştur. Teoriye göre endüstriyel açıdan gelişmiş olan ülkeler arasındaki dış ticaretin sebebi nitelikli çalışanlar arasındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır. Herhangi bir alanda nitelikli işgücünde zenginliği olan bir devlet üretimi zengin beşeri sermayesinin olduğu ilgili ürünlere kaydıracak ve bu alanda uzmanlaşmaya çalışacaktır. Ülkelerin ticaretini bu doğrultuda geliştireceğini savunan teorinin, işgücünde meydana gelen nitelik farklılığının dış ticaretteki yerini irdelemek amaçlı iki yöntem kullanılmıştır. Bunlardan bir tanesi ithalat ve ihracat ürünlerinin çeşitli işgücü nitelikleri bakımında içeriklerinin hesaplanması ve karşılaştırılması iken bir tanesi de ihracat ürünlerinin içerisindeki fiziki sermaye, vasıfsız işgücü ve beşeri sermaye girdilerin oransal olarak ölçülmesi olmuştur (DURA, 2000, s. 5). Teorinin işleyişini ABD ekonomisinde test eden Keessing ülkenin nitelikli emek faktörünün yoğun olarak kullanıldığı endüstrilerde karşılaştırmalı bir üstünlüğe sahip olduğu ve ihracata konu olan ürünlerdeki nitelikli emek yoğunluğunun sermaye yoğunluğunda daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmıştır (KEESİNG, 1965, s. 292). Yine yapmış olduğu bir çalışmada İngiltere, ABD ve Almanya ekonomilerini baz almış ve bu üç ülkenin de ihracatına konu olan mallardaki nitelikli işgücünün yoğun miktarda olduğu ve ithal ettikleri ürünlerde ise vasıfsız işgücünün ağırlıkta olduğu sonucuna ulaşmıştır. Çalışmalar özetlenecek olursa ABD ve endüstrisi gelişmiş diğer ülkeler vasıfsız emeğin yoğun olduğu ürünleri ithal ederlerken nitelikli emeğin yoğun olduğu ürünleri ise ihracat etmektedirler (DURA, 2000, s. 5).

2.2.5. Teknoloji Açığı Teoremi

Teknoloji açığı teoremi Michael V. Posner tarafından 1961 yılında ortaya atılmış bir teoridir. Teoriye göre milletler arası rekabet gücündeki etken faktör teknolojik gelişimleri arasındaki farklılıktır. Teknolojik gelişmeye uyum sağlayan ve sağlayamayan iki tip ülke yapısını barındıran teoride teknolojik gelişimlere hızlı bir uyum sağlayan ülkelerde mukayeseli bir maliyet avantajı ve beraberinde gelen rekabet üstünlüğü bulunmaktadır (POSNER, 1961, s. 324). Ar-Ge yatırımlarının olduğu, endüstrisi gelişmiş ülkelerde yaşanan teknolojik gelişmeler havacılık, bilgisayar, elektrik-elektronik, ilaç sektörü, haberleşme araçları gibi endüstrilerde yoğunluk oluşturmuştur (ERKAHRAMAN, 2019, s. 19).

2.2.6. Ürün Dönemleri Teoremi

Teknoloji açığı teorisinin, teknolojik açığın neden kaynaklandığının açıklanmasında yetersiz kalması üzerine Raymond Vernon 1966 yılında yaptığı bir çalışma ile teoriyi genelleştirmiş ve ürünlerin standartlaşması üzerinde durarak ürün dönemleri teoremini oluşturmuştur. Ürün Dönemleri Teorisinde üretilen her ürün piyasaya çıkartıldıktan sonra dört aşamadan geçmektedir. Bunlar; Başlangıç, gelişme, olgunluk ve düşüş aşamalarıdır. Ürünün üretimi ve üretim yeri ürünün hangi aşamada olduğuna göre farklılık göstermektedir (VERNON, 1966, s. 196). Diğer bir anlatımla yeni çıkan bir ürün zamanla eskidikçe ve ürün dönemleri aşamasında ilerledikçe üretildiği ülkede değişime uğrayacaktır. Çok uluslu şirketlerin doğmalarını açıklamak için fonksiyonel bir özelliğe sahip olan Ürün Dönemleri Teoremi yeni bir ürün yahut teknolojinin ortaya çıktığı ülkede gelişime uğrayıp olgunlaştıktan sonra kitlesel üretim için, üretimin maliyetlerin daha düşük olduğu başka bir ülke yerine emek ve taşıma maliyetlerinin düşük seyrettiği sanayileşmeye çalışan ülkelere kaymasıdır (ENGİN, 2013, s. 27).

2.2.7. Tercihlerde Benzerlik Teoremi

Tercihlerde Benzerlik teoremi 1961 yılında İsveçli ekonomist Staffan Linder tarafından gündeme getirilmiş bir teori olmasının yanında Heckscher-Ohlin konuya bakış yönüyle kendini Heckscher-Ohlin Teorisinden ayırmıştır. Heckscher-Ohlin modeli konuyu arz yanlı bir şekilde ele alırken Tercihlerde Benzerlik Teoremi konunun talep yönünü dikkate almış ve modellemesini bu yönde kurmuştur. Teoriye göre bir ülkede bulunan tüketicilerin gelir düzeyleri onların zevk ve tercihlerini de şekillendirmektedir. Kişi başı gelir düzeyine göre şekillenecek zevk ve tercihler bu kalıplar içerisinde ürün gruplarını ortaya çıkaracak ve imalatçılarda ortaya çıkacak bu talebe göre tepki vereceklerdir. Bir diğer ifade ile bir ülkede üretilen ve ihracata konu olacak olan ürün grupları o ülkedeki tüketicilerin aynı zamanda kişi başı gelir seviyelerini yansıtacaktır. Zevk ve tercihleri dolayısıyla gelir düzeyleri çoğunluktan farklı olan azınlıklar istedikleri ürün veya ürün gruplarını kendi tercihlerine ve zevklerine benzer ülkelere ithal ederken. Çoğunluğun zevk ve tercihlerinde üretilen ürün yahut ürün grupları ise yine benzer ülkelere ihraç edilecektir. Taleplerin örtüşmesi olarak isimlendirilen bu durumda teorideki temel sonuç, üretilen ürün grupları ticaretinin zevk ve tercihleri benzeşen ülkeler arasında gerçekleşeceği üzerine olmasıdır. Talepleri örtüşen ülkeler arasında ürünlerin benzerlik göstermesi ithalat ve ihracatı ürün farklılaştırması şeklinde çalıştıracaktır (DOĞAN & ÇAĞLAR, 2010, s. 35).

2.2.8. Ölçek Ekonomileri Teoremi

Ölçek Ekonomileri teoreminin temel mantığı; ülkelerin belirli alanlarda elde ettikleri kazanımlar sayesinde içsel ve dışsal ekonomilerde bir ölçek ekonomisi içerisine girmeleri ve buna bağlı olarak imalatatta maliyet düşüşleri ile üretim hacimlerinin artması sayesinde karşılaştırmalı bir üstünlük kazanmalarıdır. Yukarıda bahsi geçen durum genel olarak gelişmiş ülkelerin üretim yapısını tanımlamakla birlikte üretilen ürünlerin ciddi bir kısmı sermaye yoğun mallar grubunda yer almaktadır. Bu teoremde dar bir içsel pazar hacmine sahip küçük

lkeler dışsal ekonomilerden faydalanmadıkları müddetçe üretilen sermaye yoğun mal gruplarının baş alıcıları konumundadırlar. (ATLAS, 2019, s. 13)

2.2.9. Monopolcü Rekabet Teoremi

1981 yılında Helpman, Heckscher-Ohlin Teoremine rn farklılaştırması, ölçek ekonomileri ve monopolcü rekabeti uyarlayarak dış ticaret teoremlerine farklı bir bakış açısı getirmiştir. Monopolcü Rekabet Teoremin de kıt bir mal sepeti üzerinde uzmanlaşarak içsel ölçek ekonomisinden yararlanan şirketler ortalama maliyetleri düşük bir şekilde ikame katsayıları yüksek malları imal etmekte ve imalatını gerçekleştirmedikleri malları ise ithal etmektedirler. Ancak yüksek kar ile çalışan şirketleri gören rakipler ilgili sektöre girecek ve saf monopol yapısını bozacaklardır. Son derece ender görülen bu durum yerine piyasada ölçek ekonomilerinden yararlanan ve genel olarak piyasa fiyatları üzerinde etkisi olabilecek şirketlerin bir arada bulunduğu oligopolcü bir piyasa yapısı daha makul bir durum olacaktır. Fiyatlar üzerinde etkiye sahip olan oligopolcü şirketler sadece tüketicici davranış ve stratejilerini değil rakiplerinin de fiyat ve miktar stratejilerine nasıl cevap vereceklerini gözetmek durumunda kalacaklardır. Eksik rekabet, ölçek ekonomisi ve ürün farklılaştırmasını temel alan monopolcü rekabet modeli oligopolün bu çift taraflı bağımlılık sorununun czlmesi için iki varsayımda bulunmuştur. Bunlardan bir tanesi her bir şirketin ürettiği mallarını rakiplerine göre farklılaştırdığı durumudur. Bir başka değişle tüketicici şirketin kendine özgü ürettiği ilgisini çeken ürünü satın alarak düşük bir fiyat farklılığını dikkate almayacak ve diğer şirketlerin mallarına talip olmak için acele bir karar vermeyecek ve böylelikle piyasada kendine münhasır ürünler üreten şirketler vasıtasıyla monopolcü bir yapı bulunacaktır. Diğer varsayım ise piyasada bulunan her bir şirketin diğer şirketlerin fiyatlarını yol gösterici bir pusula niteliğinde kabul ettiği varsayımdır. Bu durumda şirket kendi belirlediği fiyatların diğer şirketler üzerindeki etkisini göz ardı edecektir. Her iki varsayımda da sonuç aynı olacak ve şirketler monopolcü rekabet modeline göre her şirket diğer şirketlerle rekabet içerisinde olmasına karşın monopolcü bir yapıdaymış gibi davranacaktır. Bu bağlamda teoreme monopolcü rekabet teoremi denmiştir (ARICA, 2014, s. 32,33).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM: DÜNYADA VE TÜRKİYEDE ENERJİ TİCARETİ İLE ELEKTİRİK ÜRETİMİ VE ELEKTRİK TİCARETİ

3.1. Dünya’da Enerji Ticareti

Dünya genelinde geride bıraktığımız son yüz yıllık zaman diliminde siyasi, sosyolojik, ekonomik ve teknolojik alanlarda gerçekleşen olaylar, bizlere insanlığın gelişimi devam ettikçe enerjinin öneminin de artarak devam edeceği beklentisinin adeta bir ispat niteliğindedir. Enerji kaynaklarının farklı coğrafyalara farklı oranlarda dağılması enerji konusunda ülkeleri aralarında bir iş birliğinin kurulmasına ve etkileşim içinde bulunmalarına neden olmuştur. Bu durum bazı ülkeler arasında barışçıl bir iş birliği olarak ele alınmış kimi ülkelere bir yaptırım aracı olarak kullanılmış ve hatta bir tehdit unsuru olarak görülerek savaşların çıkmasında rol oynamıştır. Zamanla oranlar değişmekle birlikte dünyadaki enerji ihtiyacının yaklaşık olarak %85’i kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil kaylarca karşılanmaktadır. British Petroleum şirketinin yapmış olduğu bir araştırma neticesinde dünyada kömür rezervlerinin kalan ömrü 114 yıl, petrol rezervlerinde, 51 yıl, doğalgazda ise 53 yıl olarak saptanmıştır. Buna karşın farklı kaynaklarda veriler değişmekle birlikte 2015 ve 2050 yılları arasında dünya enerji talebinde %25’lik bir artış yaşanması beklenmektedir. Ancak alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve ilerleyen teknolojiye bağlı olarak enerjide yaşanacak olan talep artış hızları gelecek dönemlerde geçtiğimiz yüz yıldaki kadar hızlı seyretmeyecektir. Özellikle ilerleyen dönemlerde en yüksek talep artışının yaşanacağı iki ülkenin Çin ve Hindistan olacağı düşünülmektedir. Enerji ithalatı gerçekleştiren ülkelerin ciddi maliyetlere katlanmalarının yanı sıra ülkeler arasında gerçekleşen enerji ithalatı ve ihracatı sırasında, ülkeler arasındaki ilişkileri zedeleyen büyük krizler de yaşanmaktadır. Bu duruma örnek olarak, 2009 yılında Rusya’nın Ukrayna yönelik aldığı karar doğrultusunda Ukrayna’ya verdiği doğalgazda kesintiye gitmesi iki ülke arasındaki ilişkileri zedeleyici bir rol

oynamıştır. İthalatçı ülkeler ithal ettikleri enerji ile teknolojik ve sosyo-ekonomik alanlarda gelişimlerini sürdürmeye çalışırken ihracatçı ülkeler ise enerji ihracatından elde ettikleri gelirler ile ekonomilerini güçlendirmeyi hedeflemektedir. Bu bağlamda dünya genelinde yapılan enerji ticareti ülkeler arasında çift taraflı ya da tek taraflı bir bağımlılığı da beraberinde getirmektedir. İthalatçı ülkelerin genel hedefleri enerji bağımlılıklarını ortadan kaldırmak, güvenli bir enerji arzı ve tedariki meydana getirmektir. Bu doğrultuda ülkeler enerji kaynaklarında çeşitliliğe gitmekte ve alternatif enerji kaynakları için çalışmalar yürütmektedir (ÖZALP, 2018, s. 2928,2929).

Herhangi bir ülkenin bir mal veya hizmeti kendi içerisinde üretememesi ve mecburi ithalatçı duruma gelmesi ve özellikle bu durum enerji alanında yaşanıyor ise enerji talebinin sürekli olarak artış eğiliminde olduğu günümüz dünyasında ilgili ülkenin bu alandaki bağımlılığı ülkeyi büyük bir ekonomik külfetin içerisine sokabilmektedir. Rusya ile Ukrayna arasında 2009 yılında yaşanan 20 günlük doğalgaz krizinin Türkiye'ye etkisi günlük 11,7 milyon dolarlık zarar şeklinde olmuştur (TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, 2009, s. 10). Bu bağlamda enerji bağımlılığı yüksek olan bir ülkenin kalkınma planları beklenildiği gibi sonuçlanmayabilir veya hedeflenen verilere planlanan sürelerden daha geç ulaşılabilir. Doğabilecek olan bu olası problemlerin önlenmesinde enerji arzı ve enerji tedarik güvenliği son derece önemlidir.

3.1.1. Dünya’da Enerji İhracatı ve İthalatı

Enerji ihracatı ile ekonomik büyüme ve kalkınma arasında güçlü bir bağ bulunmaktadır. Geçmişten günümüze kadar yaşanmış olan bütün enerji krizleri ülkelerin büyüme rakamları üzerinde sürekli olarak negatif bir etki yaratmışlardır (AYDIN, 2010, s. 320). Bu doğrultuda enerji tüketimi ile ülkelerin büyüme rakamları arasındaki ilişkiler sürekli olarak ampirik yöntemler ile irdelenmektedirler. Bu durumla ilişkili olarak enerji ile ekonomik büyüme ilişkisi sadece enerji krizleri çerçevesinde değil finansal krizlerde de kendisini göstermektedir. 2008 finansal krizi sonrasında gelişmekte olan ülkelerin

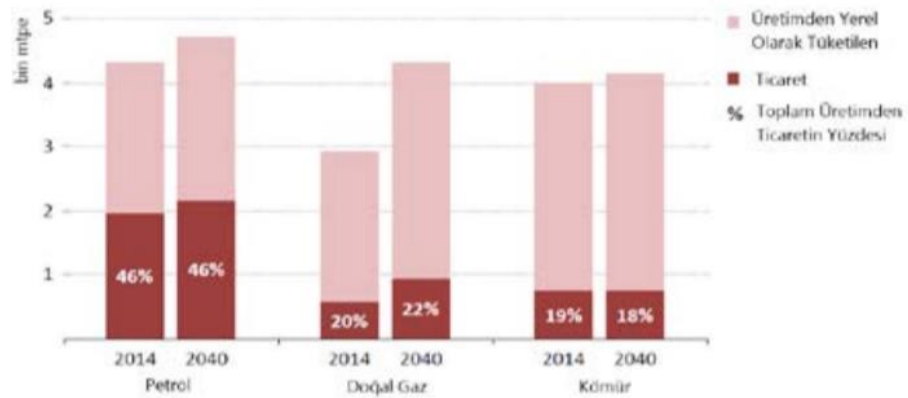
kimilerinde büyüme oranlarında aşağı doğru bir eğilim yaşanırken kimi ülkelerde ise büyüme rakamları negatif değerlerde seyretmiştir. Krizden sonra toparlanma aşamasına giren ülkelerde refah seviyeleri ile elektrik tüketim rakamlarında artışların yaşandığı belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda 2040 yılına kadar %28 civarında artacağı tahmin edilen enerji tüketimi doğrultusunda sürdürülebilir kalkınmada enerji rezervlerinin önemi daha da artmaktadır. Özellikle bu enerji talebinde yaşanacak olan artışın büyük bir kısmını ise OCED dışında kalan gelişmekte olan ülkeler oluşturacaktır. Gelişme aşamasında olan ülkelerde yaşanacak yüksek büyüme rakamları da beraberlerinde yüksek enerji taleplerini getirirken, bu ülkelerin yanında Çin ve Hindistan'ın da talep değerlerinin yükselmesinde baş rolü paylaşacakları düşünülmektedir. Bu durum beraberinde her ne kadar yenilenebilir kaynaklarda üretim artışı meydana getirecek olsa da 2040'a kadarki dönemde fosil yakıtların enerjide lokomotif görevinde bulunacağı öngörülmektedir (HUSEYNLİ, 2019, s. 44).

Enerji konusunda dışa bağımlılığı olan ülkelerin kayda değer bir bölümünde enerji ithalatı ile cari açık arasında son derece kuvvetli pozitif yönlü bir korelasyonun olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum genel itibari ile büyüme rakamları gelişmiş ülkelere kıyasla daha yüksek seyreden gelişmekte olan ülkelerde, meydana gelen yoğun enerji tüketimi ile bu tüketim sonrasında oluşan enerji talep yoğunluğuna bağlı olarak gerçekleşen enerji ithalatında bulunulması ve bu durumu karşılayıcı döviz girdisinin olmadığı zamanlarda kendisini göstermektedir. Yüksek enerji ithalat rakamları yukarıda bahsi geçen ülke yapılarında derin bir cari açık sorununu da beraberinde getirmektedir (DEMİR, 2013, s. 14,15).

Yeni politikalar doğrultusunda oluşturulan 2040 senaryosuna göre 2040 yılına gelindiğinde tüketilecek olan birincil enerjinin yaklaşık olarak %20'lik kısmının bölgeler arası enerji ticareti ile sağlanması beklenirken, kömür ticaretinde aşağı doğru bir ivmelenme yaşanacağı ve doğalgaz ile petrol ticaretinin ise giderek artacağı öngörülmüştür. Bu ön görüş doğrultusunda petrol ve doğalgazın arz

güvenliği önemini arttırırken bugünün dünyasında petrol ve doğalgaz ithalatının %25’lik kısmının üzerinde bir ithalat payına sahip olan Çin ve Hindistan’ın 2040 yılına geldiğinde bu paylarının %50 civarında olması beklenmektedir. Özellikle Çin’in gelecek yıllarda günde yaklaşık olarak 12 milyon varil ham petrol ithalatı gerçekleştirebileceği düşünülmektedir (BOTAŞ, 2016, s. 11). Nitekim Temmuz 2020 itibariyle Çin’in günlük petrol ithalatı 12,08 milyon varile ulaşmıştır (World Energy Council, 2020). Geçtiğimiz çeyrek yüzyılda ticaret hacmi %70 artan doğalgazda ise durumun gelecekte petrolden çok da farklı seyretmeyeceği düşünülmekte ve %70’lik bir artışın daha yaşanabileceği öngörülmektedir. Yaşanacak olan artışla beraber doğalgaz ticaret hacminin 1.100 milyar m³ seviyelerinde olacağı planlanmaktadır. 2040 yılına gelindiğinde en büyük ihracatçı bölgeler sırasıyla Rusya, Hazar Bölgesi, Orta Doğu, Avusturya ve Kuzey Amerika olarak kabul edilirken bu durum ithalatta yine sırasıyla Avrupa Birliği, Çin, Japonya ve Kore olmaktadır (BOTAŞ, 2016, s. 11,12).

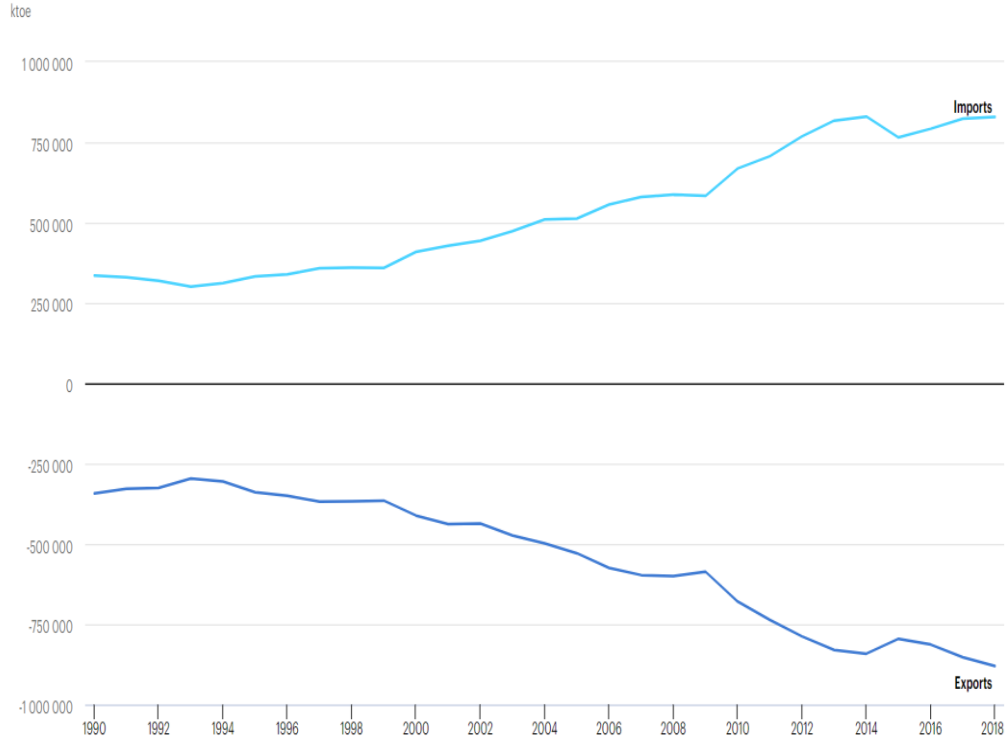
Şekil 36: Yeni Politikalar Doğrultusunda 2040 Senaryosuna Göre Bölgelerarası Evrensel Net Fosil Yakıt Ticareti



Kaynak: (BOTAŞ, 2016, s. 12)

Yukarıdaki bilgiler ışığında uluslararası enerji ajansı verilerine göre dünyada meydana gelen enerji ihracat ve ithalatını 1990 – 2018 yılları arasında kömür, ham petrol ve doğalgaz olarak inceleyecek olursak sırasıyla aşağıdaki gibi seyretilmiştir.

Şekil 37: 1990-2018 Yılları Arası Dünya Kömür İthalat ve İhracatı

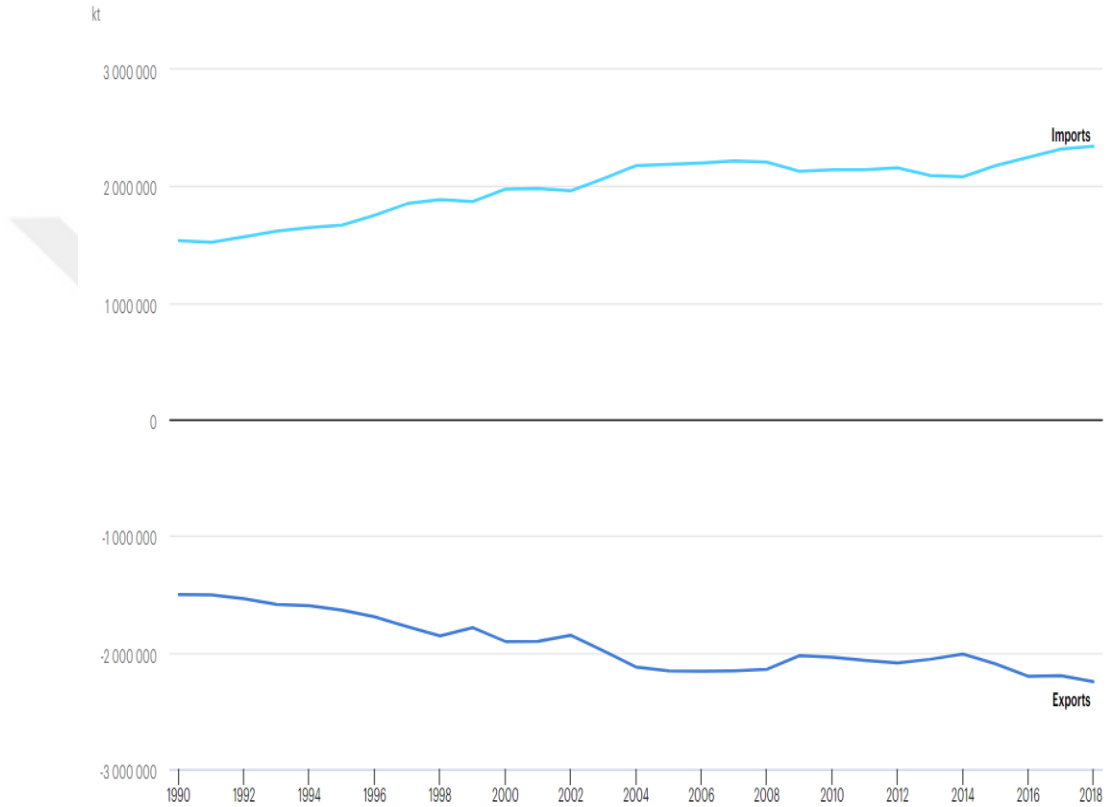


Kaynak: (İnternational Energy Agency, 2020)

- Grafik üzerinde de görülebileceği gibi küresel bazda kömür ithalat ve ihracatı 1990 ila 2018 yılları arasında doğrusal bir ilerleyiş vardır. İhracat seviyesi 1990 yılında 343.047,0 ktoe (Kiloton petrol eşdeğeri) seviyelerinde iken bu durum 2018 yılına gelindiğinde 879.689,0 ktoe oranına doğru istikrarlı bir şekilde artarak yaklaşık olarak %156,43 oranında bir artış gerçekleştirmiştir. Dünya üzerindeki kömür ithalatında ise bu durum benzer bir şekilde yaşanarak 1990 yılında 335,327.0 seviyelerinde seyrederken 1995 yılına kadar hafif bir azalış eğilimine girmesine karşın 1995 yılından 2018 yılına kadar istikrarlı bir artış sergilemiş ve 2018 yılı itibari ile 829,289.0 ktoe seviyesine yükselmiştir. 1990 ila 2018 yılları arasında dünya kömür ithalatı yaklaşık olarak %147,30 oranında artış göstermiştir.

Dünyadaki ham petrol ticaretini yine aynı şekilde 1990 ve 2018 yılları arasında incelediğimizde ise süreç aşağıdaki gibi gelişmiştir.

Şekil 38: 1990-2018 Yılları Arası Dünya Ham Petrol İthalat ve İhracatı



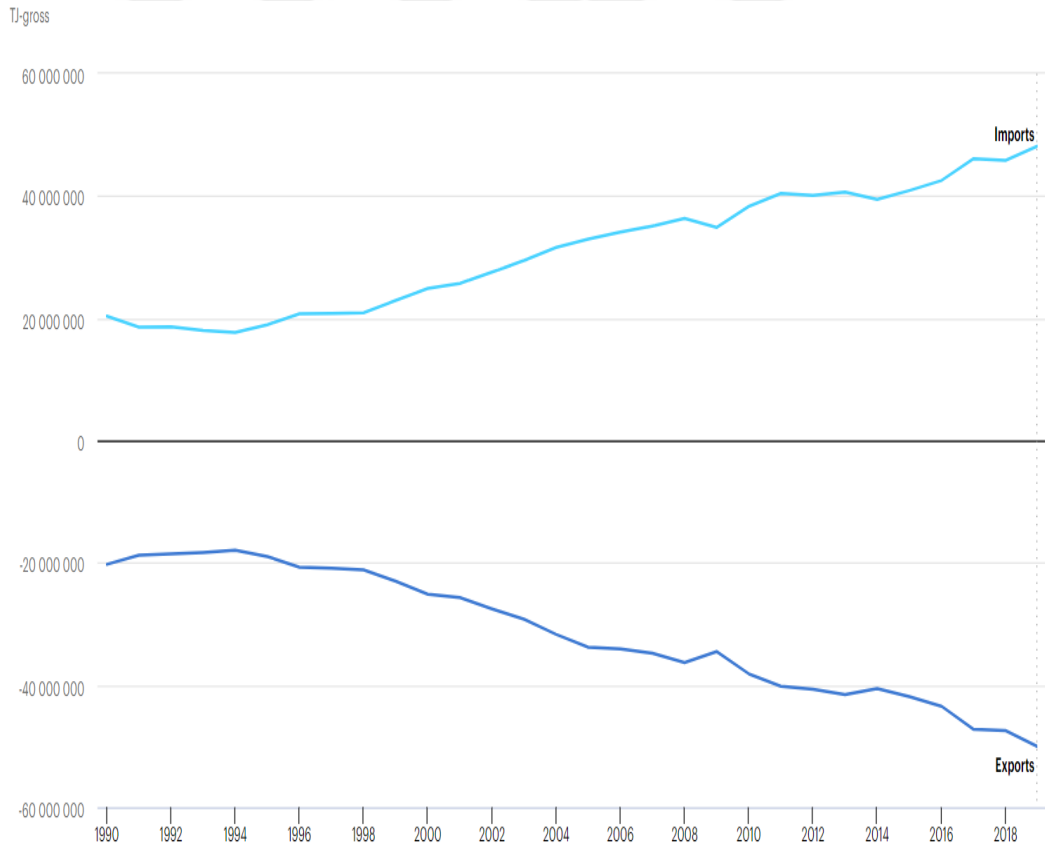
Kaynak: (İnternational Energy Agency, 2020)

- Dünya ham petrol ihracatında durum kömürde olduğu kadar sert bir artış sergilememiş olsa dahi 1990 yılında 1.503.054,0 kt (Kiloton) değerinde olan ham petrol ihracatı belirli yıllarda küçük azalışlar yaşamakla birlikte takip eden yıllarda tekrardan aynı seviyelere çıkmış ve bu yükseliş düzenli bir şekilde devam ederek 2018 yılı itibari ile 2.249.523,0 kt değerini almıştır. 1990 ila 2018 yılları arasında dünya ham petrol ihracatındaki bu yükseliş yaklaşık olarak %49,66 oranına tekabül etmektedir. İthalatta da

durum kömürde olduğu gibi artış göstermiş lakin ham petrol ithalatı, kömür ithalatındaki kadar sert bir artış sergilemeyerek düzenli ve yumuşak bir yükselme yaşamıştır. Bunun neticesinde 1990 yılında 1.532.407,0 kt olan ham petrol ithalatı 2018 yılına gelindiğinde %52,80 artış göstererek 2.341.530,0 kt hacmine ulaşmıştır.

Son olarak dünya doğalgaz ithalat ve ihracatını ele aldığımızda ise karşımıza çıkan sonuç ise gerek ithalat gerekse ihracat hacmindeki artış kömürün durumu ile daha karakterize bir yapı eşeklinde karşımıza çıkmakta olup aşağıdaki gibidir.

Şekil 39: 1990-2018 Yılları Arası Dünya Doğalgaz İthalat ve İhracatı



Kaynak: (İnternational Energy Agency, 2020)

- Dünya doğalgaz ihracatı 1990-2018 yılları arasında 2008 ila 2009 döneminde kömür ve ham petrole nazaran daha sert bir düşüş yaşamış ancak takip eden yıllarda hızlı bir toparlanmayla birlikte güçlü bir yükselişe geçmiştir. 1990 yılında 20.262.416 Tj-gross (Bürüt Terajule bazında) seviyesinde olan doğalgaz ithalatı geçen 28 yıl içerisinde %147,19'luk bir artış göstererek 50.087.717,0 Tj-gross seviyesine gelmiştir. İthalat ayağı da ihracat ile aynı tepkiyi gösteren doğalgazda 2008-2009 yılları arasında diğer fosil kaynaklara göre daha duyarlı bir yanıt vererek aşağı yönlü kısa bir hareketlilik göstermiş akabinde takip eden yıllarda ihracat kısmında olduğu hızlı bir yükselişe geçmiştir. 1990 yılında 20.326.822,0 Tj-gross olan doğalgaz ithalatı ihracat seviyelerine göre biraz daha az artış yaşamış ve %136,72 artışla 48.117.763,0 Tj-gross seviyesine ulaşmıştır.

Finansal krizin yaşandığı 2008-2009 yılları arasında yukarıdaki fosil kaynakları kapsayan enerji ticaretinde duruma ihracat bazında en kırılgan yaklaşan %5,42 azalışla ham petrol olurken petrolü %4,97 ile doğalgaz takip etmiş ve kömür ise %2,27 oranında bir azalış göstermiştir. İthalat kısmında ise en yoğun tepkiyi %4,03'lük azalış oranı ile doğalgaz verirken, ham petrolde %3,59 oranında bir azalış gerçekleşmiştir. Kömür ithalatında ise durum %0,72'lik azalış olarak kendini göstermiştir.

3.1.2. Türkiye'de Enerji Ticareti

Türkiye 1980 yılına kadar olan ki süre zarfında ithal ikameci bir dış ticaret politikası izlemiştir. Bu politika neticesinde 1980 yılına kadar tam anlamıyla dışa açık bir ekonomik yapı içerisinde olmamıştır. 1980 yılından sonra girilen yeni sosyal ve siyasi hayatta 24 Ocak kararı ile ihracata dayalı bir dış ticaret rotası çizerek dünya ile entegrasyonu yeniden kurmayı hedeflemiştir (KETBOĞA, 2019). 1980 yılında 2 milyar 910 milyon Amerikan doları olan ihracat rakamları 2020

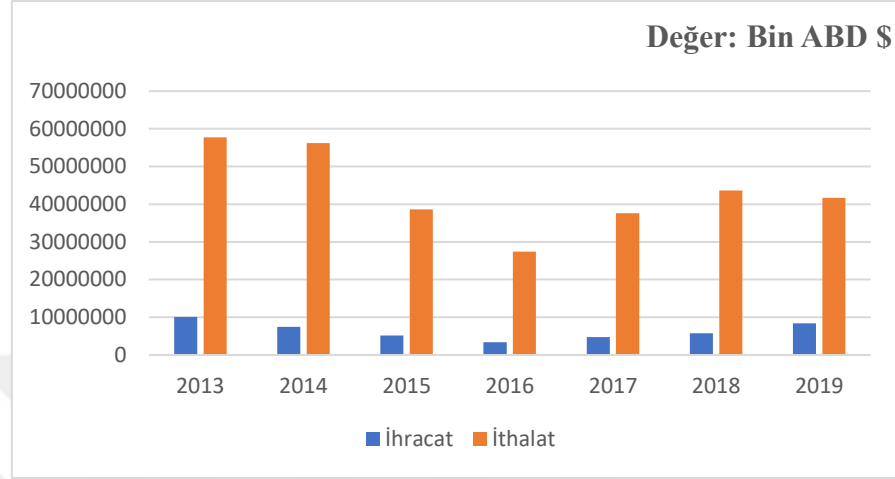
yılına gelindiğinde 169 milyar 669 milyon USD değerine ulaşmıştır. İthalatta ise durum ihracattakinden farklı bir şekilde gerçekleşmemiş ve bu kısımda da güçlü değişimler yaşanmıştır. 1980 yılında 7 milyar 909 milyon USD’lık bir hacme sahip olan ithalat 2020 yılına gelindiğinde 219 milyar 509 milyon USD hacmine ulaşmıştır. 2020 yılı itibari ile açıklanan dış ticaret açığı ise 49 milyar 840 milyon dolar seviyelerinde seyretmiştir. 1980 yılında %36,8 olan ihracatın ithalatı karşılama oranı 2020 yılına gelindiğinde %77,3’e yükselmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2021). Enerji fiyatlarının dış ticaret açığı üzerindeki etkilerini inceleyen birçok çalışma yapılmıştır. Doğan ve Gürbüzün 2017 yılında yapmış oldukları bir çalışma neticesinde enerji alanında dışa bağımlılığı olan ülkenin bağımlılık durumunun azaltılması sonucunda ekonomik büyümede pozitif yönlü bir ivme yaşanacağı ileri sürülürken, Türkiye gibi enerjide dışa bağımlı olan bir ülkede yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yönelimin artmasının dış ticaret açığının azalmasında etkisi olacağı da belirtilmiştir. Türkiye’de enerji ithalatının son üç yılına baktığımızda yoğun olarak ithalatın ağırlıklı olarak ‘Mineral yakıtlar, mineral yağlar ve bunların damıtılmasından elde edilen ürünler’ başlığı altında bulunan ham petrol ve doğalgaz kalemlerinde yaşandığı görülmektedir (KETBOĞA, 2019, s. 210). İlgili fasılın 2016 yılını baz aldığımız vakit 2017, 2018 ve 2020 yılları arasındaki değişim oranları sırasıyla %2, %5 ve %5,31’lik bir artış olarak karşımıza çıkmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2021). Yaşanan bu artışın başlıca sebebinin son dönemlerde konut, sanayi ve elektrik enerjisi üretiminde aktif rol oynayan doğalgazın ciddi bir etkisinin olduğunu söylemek mümkündür. Özellikle ülkede üretilen elektrik enerjisinin 2016 ve 2018 yılları arasındaki üretiminde kullanılan doğalgaz girdisinin oranları sırasıyla %32,1, %37 ve %29,1 değerlerindedir (KETBOĞA, 2019, s. 211).

Türkiye’nin 2019 yılı itibari ile doğalgaz ithalatı yaklaşık olarak 45,21 milyar m³ seviyelerinde gerçekleşirken doğalgaz ihracatını ise 762 milyon m³ olarak yalnızca Yunanistan’a gerçekleştirmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020). Son dönemlerde ise Türkiye doğalgaz ihracatını sırasıyla Rusya, İran, Azerbaycan, Cezayir, Nijerya ve Katardan gerçekleştirmiştir (Sputnik News,

2019). Yine 2019 yılı içerisinde ülke 31 milyon tonluk bir ham petrol ithalatı yapmış ve ihracatını ise 14,3 milyon tonluk petrol ürünü olarak gerçekleştirmiştir. Başlıca ham petrol ithalatının yapıldığı ülkeler ise Rusya, Irak, Kazakistan, İran, Sudi Arabistan, Nijerya ve Libya olmuştur (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020). Maden Teknik Arama verileri kapsamında enerji ham maddeleri içerisinde bulunan taş kömürü, linyit, turba, koklaşabilir kömürler, bitümler bağlamında incelenen kömür istatistiklerine göre 2019 yılı için ihracat seviyesi 73.365 ton seviyelerinde gerçekleşirken ithalat ise 38.873.228 ton olarak gerçekleşmiştir. Kömür ihracatı alanında karşımıza çıkan ülkeler Irak, Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti, Nijer, Gürcistan ve Rusya federasyonu olurken, başlıca ithalatçı ülkenin ise Kolombiya olduğu gözlemlenmektedir (Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü, 2019).

Ülkenin enerji ithalat ve ihracatının gözlemlenmesinde fasıllara göre dış ticaret tablosunda kullanılan ‘Mineral yakıtlar, mineral yağlar ve bunların damıtılmasından elde edilen ürünler’ faslının 2013 ila 2019 yılları arasındaki ihracat ve ithalat değişimlerinin incelediğimizde şekil 40 da ki gibidir.

Şekil 40: Mineral Yakıtlar, Mineral Yağlar ve Bunların Damıtılmasından Elde Edilen Ürünler Faslı 2013-2019 İhracat ve İthalat değerleri



Kaynak: (Türkiye İstatistik Kurumu, 2020)

Genel olarak 2013 yılı ile 2019 yılları arasında gerçekleşen toplam enerji ticareti rakamlarının ithalat ve ihracat değerlerine baktığımızda 2014 ten sonra 2016 yılına kadar kademeli bir düşüş gözlemlenmesiyle birlikte 2016 yılından sonra tekrardan bir yükselme yaşandığı görülmektedir. Uluslararası enerji ajansının verilerine göre Türkiye'nin 2014'ten 2016 yılına kadar olan doğalgaz ithalatı fiyat hareketliliklerine ve Rusya'daki resesyon ile komşu çatışmaları gibi sebeplere bağlı olarak %5,90 oranında bir azalış gösterirken bu durum 2016 ila 2017 yılları arasında %19,18'lik bir artış olarak kendini göstermiştir. Aynı yıllar arasında küresel doğalgaz fiyatları ise finans platformu ve haber sitesi olan investing verilerine göre 2014-2016 yıllarının 1 Ocak günleri baz alınarak hesaplandığında 59,77'lik bir azalış göstermiş ve 2017 yılının 1 Ocak günü itibari ile %81,39 oranında bir artış kaydetmiştir. (İnternational Energy Agency, Investing, 2020). Ham petrol ayağında ise durum 2014-2016 yılları arasında ithalatta %42,78 oranında ciddi bir artış olarak kendini gösterirken 2016 ile 2017 yılları arasında da %3,24'lük oran ile artışını sürdürmüştür. Aynı yılların 1 Ocak günü küresel ham petrol fiyatlarını invenstig verilerine göre incelediğimizde ise 2014-2016 yılları arasında petrol fiyatlarında %63,91'lik şiddetli bir düşüş yaşanırken 2016-2017 yılları arasında da %48,57 oranında güçlü bir yükseliş yaşanmıştır (İnternational Energy Agency, Investing,

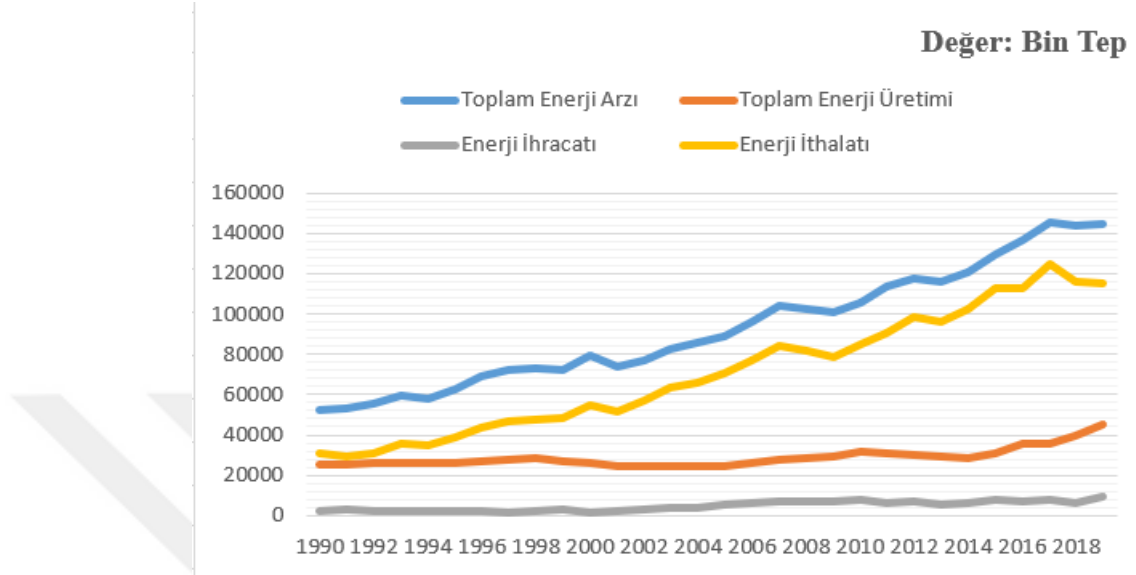
2020). 2020 yılında da Rusya ile Suudi Arabistan arasında yaşanan gerginlik sonrasında da bir hafta içerisinde petrol fiyatlarında %30'luk bir gerileme yaşanmıştır.

2014 ila 2016 yılları arasında yaşanan enerji ithalatındaki sert düşüş ile sonrasında da gerçekleşen kuvvetli toparlanmayı incelediğimizde sebebini yukarıdaki veriler ışığında özellikle petrol fiyatları olmak üzere enerji fiyatlarında meydana gelen sert değişikliklere bağlamak yanlış bir çıkarım olmayacaktır. Yukarıdaki duruma benzer olarak 2020 yılında da Rusya ile Suudi Arabistan arasında yaşanan gerginlik sonrasında da bir hafta içerisinde petrol fiyatlarında %30'luk bir gerileme yaşanmıştır (EURONEWS, 2020).

3.1.2.1. Türkiye’de Enerji İhracat ve İthalatı

Günümüz dünyasında tüm ülkeler için hayati öneme sahip olan enerji özellikle gelişmekte olan ülkeler için kritik bir önem arz etmektedir. Gelişmiş ülkelere nazaran daha yüksek büyüme rakamlarına sahip olan gelişmekte olan ekonomilerin enerji talepleri doğrultusunda enerji arzları da sürekli olarak artış göstermektedir. Enerjide dışa bağımlılığın yaşandığı gelişmekte olan ülkeler için bu durum son derece mühim bir konudur. Gelişimleri için vazgeçilemez olan enerjiyi, ülkeler üretemedikleri durumlarda ithal etmekle yükümlü hale gelirler ve bu durum gerek enerji arz güvenliği gerekse ekonomi açısından kimi zaman tehditkâr sonuçlar doğurabilmektedir. Bu kapsamda ülkeler için enerjide dışa bağımsızlık yahut enerji arz güvenliğinin sağlanması büyük bir önem teşkil etmektedir. Gelişmekte olan ekonomiler arasında yer alan Türkiye’nin ise toplam enerji üretilmek istenen arzı, üretimi, ihracat ve ithalatını incelediğimizde aşağıdaki tablo ile karşılaşmaktayızdır.

Şekil 41: Türkiye'de 1990-2019 Yılları Arası Toplam Enerji Arzı, Üretimi, İhracat ve İthalatı



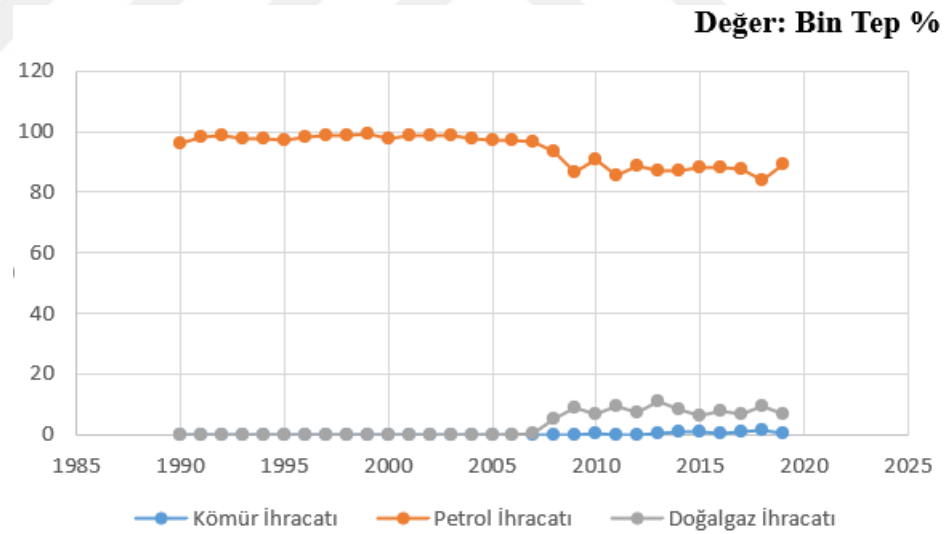
Kaynak: (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020)

1990 yılından 2019 yılına kadar olan süre zarfında ülkenin enerji ihracatı konusunda 2004 yılına kadar kayda değer bir artış yaşanmamakla birlikte 2004-2018 yıllarını kapsayan 14 yıllık süre içerisinde yılda ortalama olarak %3,63 lük bir büyüme yaşanmış ve toplamda 2004-2018 yılları arasında enerji ihracatı %50,84 oranında artmıştır. Anacak 2018 yılında 6.067 bin tep (Tona eşdeğer petrol) olan toplam enerji ihracatı 2019 yılında 9.740 bin tep'e çıkarak %60,54 oranında artarak yükseliş eğilimine girmiştir. İhracatta yaşanan bu durumu üretim de desteklemektedir, her ne kadar enerji üretimi 2010 ila 2014 yılları arasında %7,08'lik bir azalış yaşanmış olsa da 2004 ila 2018 yılları arasındaki değişim kendisini %63,60'lık bir artış şeklinde göstermiştir. Ülkenin toplam enerji üretimi 2018-2019 arasında 14 yılda yaşanan artışın yaklaşık 1/5'i kadar artarak %12,97 oranında artmış ve yükselişe geçmiştir. Sürekli ve genel itibariyle istikrarlı bir artış sergileyen ülkenin toplam enerji arzı zaman zaman kırılma noktaları yaşasa dahi 1990-2019 yılları arasında toplamda %175,21 oranında artış göstermiş ve 52.465 bin tep seviyesinden 144.390 bin tep seviyesine çıkmıştır. Enerji arzında yaşanan bu yükselişin karşılanması konusunda baş rolü enerji ithalatı üstlenmiştir. Bazı dönemlerde kırılmalar yaşamasına rağmen enerji arzına paralel olarak kademeli bir

artış gösteren enerji ithalatı, 2007-2009 yılları arasında %6,10 oranında azalma göstererek en büyük ikinci kırılmasını yaşamış olsa da ilerleyen dönemlerde tekrardan yükselişe geçmiştir. 2016 yılı ile 2018 yılları arasında sert bir dalgalanma sergileyen enerji ithalatı 2016-2017 yılları'nda %9,93'lük bir artış yaşamış ve takip eden yılda %6,93 oranında azalmıştır. Bu duruma yukarıda değindiğimiz ve yine aynı yıllar arasında küresel enerji fiyatlarındaki hareketlilik sebep olarak gösterilebilir.

Ülkenin 1990-2019 dönemi arasındaki enerji ihracat ve ithalatındaki fosil yakıtların dağılım oranlarını sırasıyla inceleyecek olursak ihracat ayağı karşımıza aşağıdaki gibi çıkmaktadır.

Şekil 42: Türkiye'de 1990-2019 Yılları Arasında Toplam Enerji İhracatında Kömür, Petrol ve Doğalgaz İhracatının % Oranları

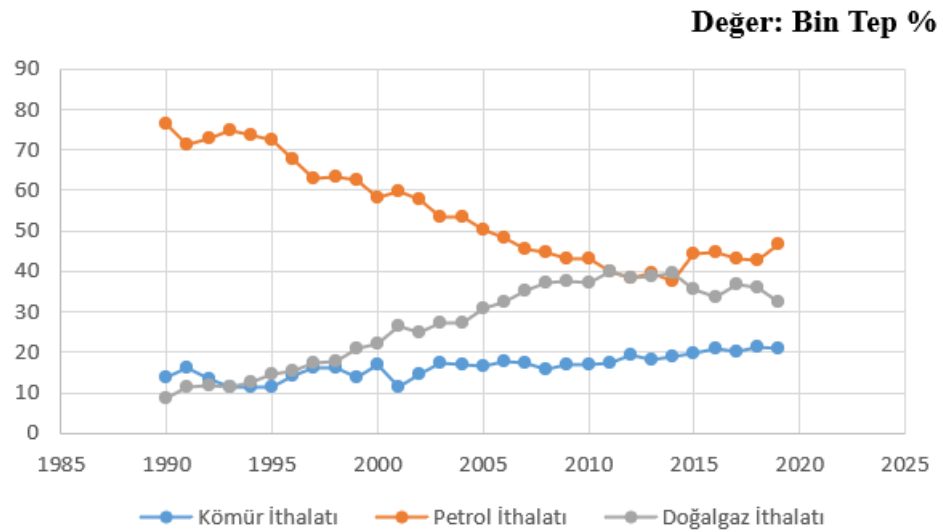


Kaynak: (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020)

Türkiye'nin 1990 yılından 2019 yılına kadar olan enerji ihracatını incelediğimizde 2007 yılına kadar sadece petrol bazlı bir ihracattan söz edilebilmektedir. 2007 yılıyla enerji ihracatında kaynak çeşitlendirilmesinin başladığı söylenebilir. 2007 yılına kadar olan toplam enerji ihracatının yaklaşık olarak %97,93'lük gibi nerdeyse tamamına yakın bir kısmını hedeflenen tüketim

miktarlarının altında seyretmesine bağlı olarak petrol ve petrol ürünleri (Denizcilik ve Havacılık yakıtları vb.) oluşturmaktayken 2007 yılı sonrasında bu kalemin yanına özellikle doğalgaz eklenerek petrol ve ürünlerinde önce azalış eğilimi başlamış ve sonrasında ise genel olarak yatay bir seyir izlenmiştir. Ülkenin petrol ve ürünleri ihracatında kayda değer en büyük düşüş 2008-2009 yılları arasında %11,49 azalış şeklinde yaşanırken aynı kalemde meydana gelen en büyük artış ise %6,48 artışla 2018-2019 arasında yaşanmıştır. Doğalgaz ihracatı ise 2007-2019 yılları arasında dalgalı bir şekilde ilerlemiş olsa da 2007- 2013 yılları arasında toplam ihracattaki yüzdesini ciddi bir şekilde arttırmış ve %10,78'lik pay ile tepe noktasını görmüştür. 2013 yılı sonrası dönemde ise doğalgaz ihracatının toplam enerji ihracatındaki ortalama payı ise %7,43 oranında gerçekleşmiştir. Kömürün toplam enerji ihracatındaki payı hep düşük seviyelerde kalmakla birlikte tepe noktasını %1,19'luk pay ile 2018 yılında görmüş ve düşüş eğilimine girmiştir. Genel itibari ile 2018-2019 yılları arasında enerji ihracatında doğalgaz ve kömürün payı azalış sergilerken petrol ve petrol ürünleri ihracatında artış gözlemlenmektedir. Yukarıdaki kalemlerin enerji ithalatındaki durumları ise aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Şekil 43: Türkiye'de 1990-2019 Yılları Arasında Toplam Enerji İthalatında Kömür, Petrol ve Doğalgaz İthalatının % Payı



Kaynak: (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020)

Toplam İthalat içerisinde petrol ve ürünlerinin payı 1990 yılından 2014 yılına kadar yumuşak dalgalanmalar yaşasa da istikrarlı bir şekilde düşüş eğilimi göstermiş ve %76,30'luk pay ile tepe noktasını 1990 yılında yaşarken dip noktasını ise %37,62'lik pay ile 2014 yılında görmüştür. Bu yıllar arasında toplamda %50,69 oranında bir azalış gerçekleştirmiştir. Petrol ve ürünlerinde yaşanan bu azalışın yanı sıra kömür ve doğalgaz ithalatında yükseliş eğilimi başlamış ve kömür, ithalattaki üstünlüğünü 1993 yılından sonraki dönemde doğalgaza kaptırmıştır. Özellikle 2000 yılı sonrasında hızlı bir yükseliş eğilimine giren doğalgaz, kömür ile arasını gittikçe açmış, petrol ve ürünleri ithalatı arasındaki makası da zamanla kapatmıştır. 2011 yılında petrol ve ürünlerinin ithalattaki üstünlüğünü 0,11'lik bir pay ile elinden alan doğalgaz üstünlüğünü sadece 2012 ve 2014 yıllarında muhafaza edebilmiştir. 2014 yılından sonra tekrardan bir artış eğilimine giren petrol ve petrol ürünleri ithalatı 1 yıl içerisinde %17,67 oranında artış sergilemiş ve tekrardan enerji ithalatındaki üstünlüğünü geri kazanmıştır. Her ne kadar doğalgaz, petrol ve petrol ürünlerine kıyasla ithalatta üstünlüğe sahip olmasa da günümüze kadar ciddi bir düşüş gerçekleştiren petrolün enerji ithalatındaki yegâne pay ortağı olduğu söylenebilir.

Türkiye'nin enerji ithalatının toplam ithalat içerisindeki yerini ve parasal değerlerini inceleyecek olursak;

Tablo 7: 2013-2019 Yılları Arası Toplam Enerji İthalatının Toplam Ülke İthalatındaki Yeri

Milyon \$	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Kömür ve Linyit Çıkartılması	827	787	2.969	2.632	4.074	4.385	3.159
Ham Petrol ve Doğalgaz (Gizli Veri)	35.732	34.700	23.425	15.285	20.697	22.911	26.582
Kok Kömürü, Rafine Edilmiş Petrol Ürünleri	20.780	20.153	11.868	9.266	12.723	16.160	11.511
Toplam Enerji İthalatı	57.340	55.641	38.222	27.183	37.493	42.457	41.612
Toplam İthalat	260.823	251.142	213.619	202.189	238.715	231.152	210.347
Enerji İthalatının Toplam İthalata Oranı	%22,0	%22,2	%17,9	%13,4	%15,7	%18,8	%19,8

Kaynak: (YILMAZ Ş. , 2020, s. 14)

2013 ile 2019 yılları arasında Türkiye'nin enerji ithalatını incelediğimizde en büyük payı ham petrol ve doğalgaz kaynakları oluşturmaktadır. Kaynakların yıllara göre ithalatını ele aldığımızda ham petrol ile doğalgazın payının 2013 ile 2016 yılları arasında azaldığını ve 2017 yılı itibari ile yeniden yükselişe geçtiği gözlemlenmektedir. Kömür ithalatında ise 2014 yılı sonrasında istikrarlı bir artış yaşanmıştır. Nitekim 2019 yılında ülkenin toplam ithalatı 210.347 milyar dolar olarak gerçekleşirken toplam ithalatın 41.612 milyar dolarını %19,8'lik oranıyla birincil enerji kaynakları ithalatı oluşturmuştur (YILMAZ Ş. , 2020, s. 14,15). Aynı şekilde ihracatı yorumladığımızda ise;

Tablo 8: 2013-2019 Yılları Arası Toplam Enerji İhracatının Toplam Ülke İhracatındaki Yeri

Milyon \$	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Kömür ve Linyit Çıkartılması	13	5	3	2	5	6	4
Ham Petrol ve Doğalgaz	249	226	168	134	150	166	225
Kok Kömürü, Rafine Edilmiş Petrol Ürünleri	9.675	7.115	4.810	3.165	4.490	5.437	7.686
Toplam Enerji İthalatı	9.937	7.346	4.981	3.301	4.645	5.609	7.915
Toplam İthalat	161.481	166.505	150.982	149.247	164.495	177.169	180.833
Enerji İthalatının Toplam İthalata Oranı	%6,15	%4,41	%3,29	%2,21	%2,82	%3,16	%4,37

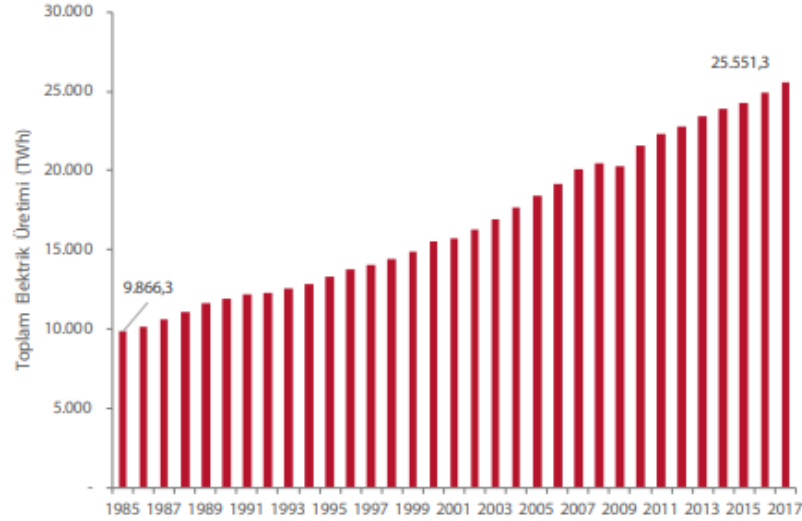
Kaynak: (T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2020)

Türkiye'nin 2013-2019 yılı enerji ihracatını incelediğimizde en büyük paylarının kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünlerinde olduğu gözükmemektedir. Toplam ihracat içerisinde payı düşük olan enerji ihracatı ithalatla aynı seyir izlemiş ve 2013-2016 yılları arasında düşüş göstermiş olsa da 2017 sonrasında yükselişe geçmiştir. 2019 yılında 180.833 milyar dolar olarak gerçekleşen toplam ülke ihracatında enerji ihracatı 7.915 milyar dolar ile %4.37'lik paya sahip olmuştur.

3.2. Dünya’da Elektrik Üretimi

1985 ila 2017 yılları arasında dünyada elektrik üretiminin büyüme oranı yıllık ortalama olarak %3,0 oranında gerçekleşmiş ve evrensel ekonomik hareketler ile uyumlu bir şekilde gelişim göstermiştir. Şekil 44’te görüleceği üzere 1992-1993 yılları arasında Avrupa döviz kuru mekanizması krizinde (Döviz kuruna yapılan spekülatif ataklara bağlı olarak ortaya çıkan parasal kriz), 2001 ve 2009 yıllarında dünyada yaşanan 2008 finansal krizi gibi dönemlerde, dünyada elektrik üretiminin artış hızı diğer yıllar ile mukayese edildiğinde daha düşük bir seğir izlemiş hatta azalış göstermiştir. Genel olarak yukarıda bahsi geçen yıllar incelendiğinde 1985 yılında 9.866 TWh (Terawaat Saat) olan dünya elektrik üretimi 2017 yılına gelindiğinde 25.551 TWh düzeylerine çıkmıştır (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, 2018, s. 17).

Şekil 44: 1985-2017 Yılları Arası Dünya’da Elektrik Üretimi

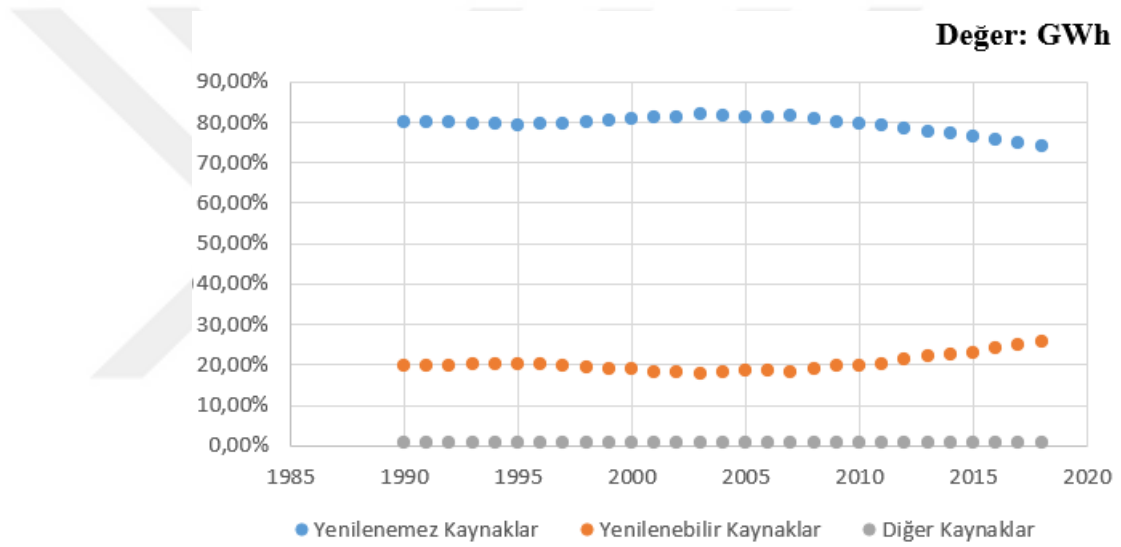


Kaynak: (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, 2018, s. 17)

Birincil Enerji kaynaklarından üretilen ikincil enerji kaynağı olan elektriğin üretiminde fosil kaynaklar kullanılabildiği gibi yenilenebilir kaynaklar da kullanılmaktadır. British Petrol’ün yayınladığı verilere göre 2017 yılı dünya elektrik üretimi içerisinde en büyük pay %38,1’lik oran ile kömürde iken onu

%23,2 ile doğalgaz ve %15,9'luk oranıyla hidroelektrik takip etmektedir. Uluslararası enerji ajansının yayınlamış olduğu enerji ve co₂ durumu raporuna göre 2017 yılında dünya enerji talebinde %3,1 oranında bir büyüme yaşanırken bu durum gelişen ekonomiler ile paralellik göstermiş ve 2017 yılında %7 oranında büyüyen Çin ve Hindistan ekonomileri dünya elektrik talebindeki artışın %70'lik kısmını oluşturmuşlardır (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, 2018, s. 18).

Şekil 45: 1990-2018 Yılları Arasında Dünya Elektrik Üretiminde Yenilenemez, Yenilenebilir ve Diğer Kaynakların % Payları



Kaynak: (İnternational Energy Agency, 2020)

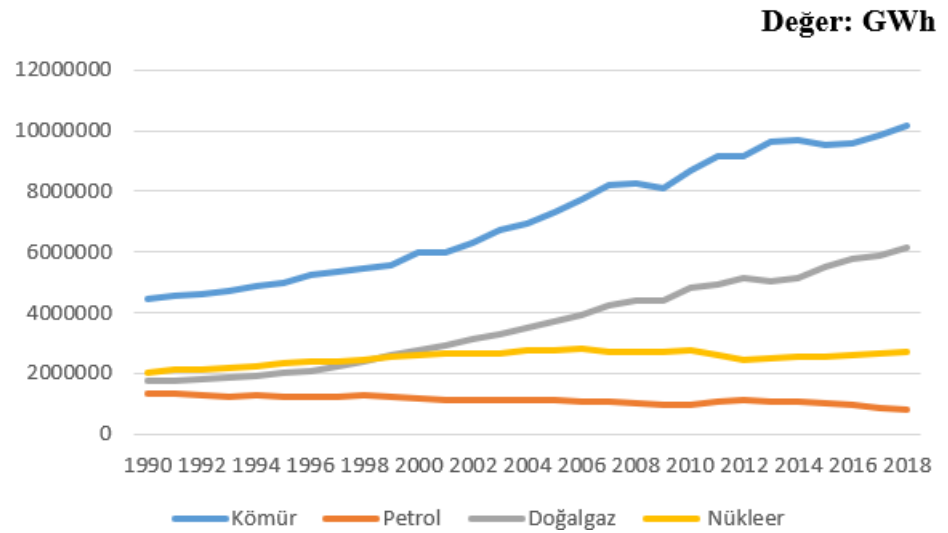
Dünya'nın 1990-2018 yılları arasında elektrik üretiminde kaynakların yüzdesel paylarını incelediğimizde günümüze kadar olan üretimin içerisinde en büyük pay sahibi yenilenemez kaynaklar olmakla birlikte %81,81'lik oranıyla tepe noktasını gördüğü 2003 yılı sonrasında, yenilenebilir kaynaklı üretim ile ters yönlü bir yol izleyerek düşüş eğilimine girmiştir. Uluslararası enerji ajansı verilerine göre 2018 yılında elektrik üretiminde bugüne kadarki en yüksek payına sahip olan yenilenebilir kaynakların tepe noktasında, yenilenemez kaynaklar en düşük oranına ulaşmıştır. Diğer kaynakların (Diğer Kaynaklar, Atıklar, Belediye Atıkları) ise toplam elektrik üretimindeki payı düzenli olarak yükseliş göstermesine karşın henüz %1'lik paya ulaşmayı başaramamıştır. Yukardaki grafiğe göre geleceğe

ilişkin bir çıkarımda bulunacak olursak, yenilenemez kaynakların ilerleyen yıllarda da düşüş eğiliminin devam edeceği ve yerini yükselişte olan yenilenebilir kaynakların alabileceği varsayımı yapılabilir.

3.2.1. Dünya’da Yenilenemez Kaynaklı Elektrik Üretimi

Günümüz dünyasında elektrik üretimi hali hazırda yoğun olarak termik kaynaklı teknolojiler ile gerçekleştirilmektedir. Çoğunlukla konvansiyonel olarak gerçekleştirilen elektrik üretiminde yenilenemez kaynakların kullanımı, gelişen teknoloji ve yeni üretim yöntemleri ile payını yenilenebilir teknoloji ve kaynaklar ile paylaşmasına rağmen elektrik üretiminin başlıca hissedarı durumundadır. 1990 ile 2018 yılları arasında elektrik üretiminde başlıca yenilenemez kaynakların yıllar içerisindeki değişimi şekil 46’daki gibi gerçekleşmiştir.

Şekil 46: 1990-2018 Yılları Arası Dünya Elektrik Üretiminde Başlıca Yenilenemez Kaynakların Değişimi



Kaynak: (İnternational Energy Agency, 2020)

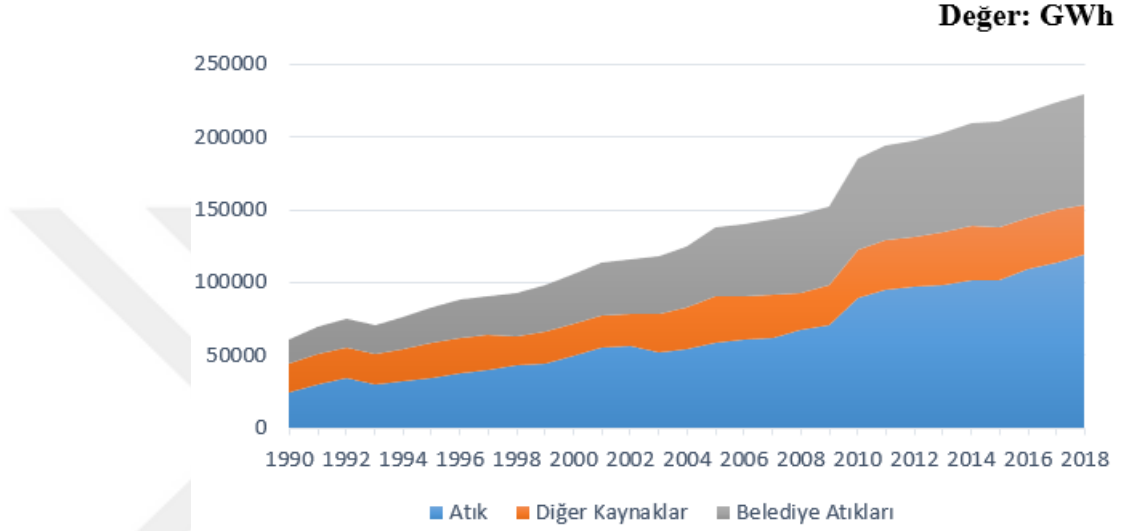
1990-2018 yılları arasında dünya elektrik üretiminde petrol bazlı elektrik üretimi bazı yıllarda çok hafif yükselişler göstermiş olsa dahi düzenli bir şekilde azalma göstermiştir. 1990 yılında 1.322.975 GWh’lik üretim seviyesi ile ilgili yıllar arasındaki en yüksek seviyesinde olan petrol kaynaklı elektrik üretimi 2018 yılına

gelindiğinde %40,76 oranında azalarak elektrik üretiminde 783.703 GWh'lik üretimi ile en düşük seviyesini yaşamıştır. Nükleer enerji ise 2006 yılına kadar artış göstermiş ancak ilerleyen yıllarda popülaritesini kaybederek azalış eğilimine girmiştir. Dünya elektrik üretiminde nükleer enerjinin yerini 3. sıraya taşıyan ise 1997 yılındaki 2.245.635 Gwh'lik üretimi ile doğalgaz olmuştur. Nükleer enerji en yüksek değerini 2006 yılında 2.791.471 GWh ile görmüştür. En düşük değerini ise ilgili yıllar arasında 1990 yılında almıştır. 1990 yılından 2006 yılına kadar %38,67 oranında artan nükleer kaynaklı elektrik üretimi 2018 yılına gelindiğinde 2016 yılı değerine göre %2,90 azalış göstermiştir. 1996 yılından sonra istikrarlı bir yükselişe giren doğalgaz kaynaklı elektrik üretiminde ise durum 2007 yılına düzenli seyretmiş 2007-2008 yılları hafif bir artış yaşamış olsa da 2008-2009 yılları arasında yatay bir seğir izlemiştir. Genel olarak elektrik üretimindeki payını yıllar geçtikçe yükselten doğalgazda 1990 yılı değeri ile 2018 yılı değeri arasındaki değişim oranı %251,71 olarak çok ciddi bir rakam şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Kömürün ise dünya elektrik üretimindeki konumu diğer kaynaklara göre daha farklı bir yerdedir. Dünya elektrik üretiminde ilgili yıllar arasında üstünlüğünü açık ara koruyan kömür dönemsel olaylara karşı diğer kaynaklara göre daha duyarlı davranmış ve bazı dönemlerde daha keskin kırılmalar göstermiştir. Genel olarak bir artış grafiği çizen kömür bazlı elektrik üretimi 2000 yılına kadar düzenli bir artış göstermiş 2000-2001 yılı arasında bir durgunluk yaşamış ve tekrardan 2007 yılına kadar artışını devam ettirmiştir. 2007 ile 2009 yılı arasında %1,12 oranında hafif bir azalış gerçekleştiren kömür bazlı üretim, 2009-2011 yılları arasında %13 oranında bir artışla birlikte tekrardan yükseliş eğilimine girmiştir. Dünya elektrik üretiminde yukarıda bahsi geçen kaynaklar genel itibarları ile her ne kadar düzenli bir seyir izlemiş olsalar dahi 2006 yılı sonrasında bir dalgalanma içerisinde hareket göstermiştir.

Tam olarak yenilenebilir veya yenilenemez olarak gruplandıramadığımız ancak uluslararası enerji ajansı verilerine göre günümüz dünyasının elektrik üretiminde yaklaşık olarak toplam %1'lik bir paya sahip olan (Atıklar, Belediye

Atıkları ve Diğer Kaynaklar) kaynakların aynı yıllar içerisindeki değişimlerine baktığımızda ise şekil 47’deki durum ortaya çıkmaktadır.

Şekil 47: 1990-2018 Yılları Arasında Dünya Elektrik Üretiminde Kullanılan Atık, Belediye Atıkları ve Diğer Kaynaklar



Kaynak: (International Energy Agency, 2020)

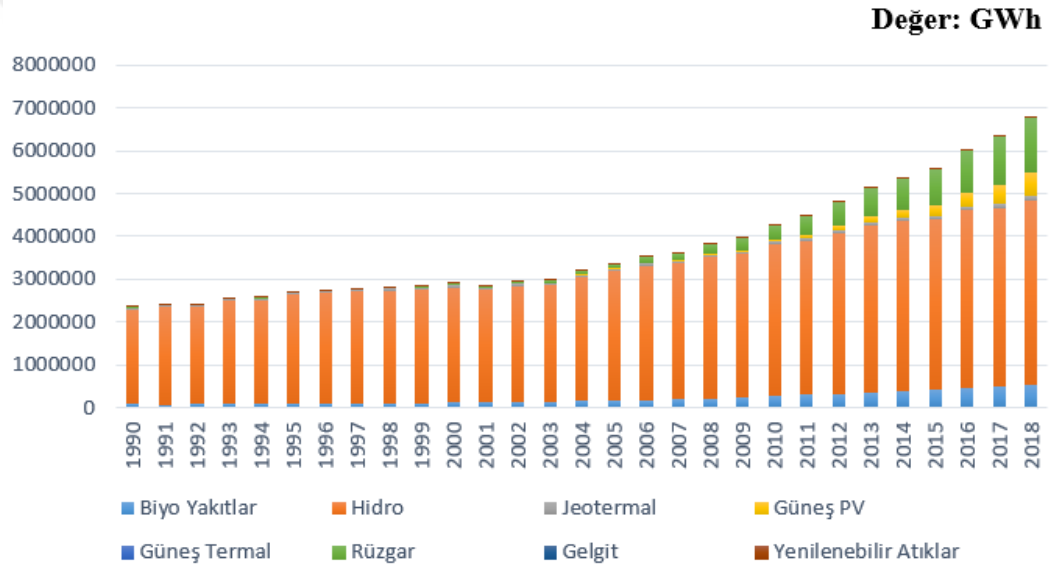
Dünya elektrik üretiminde ciddi bir paya sahip olmasına rağmen toplamda istikrarlı bir artış gösteren belediye atıkları, atıklar ve diğer kaynaklar içerisinde en göze çarpan kaynak atıklardır. Atıkların ardından ikinci sırada belediye atıkları gelmektedir. 2009 yılı sonrasında keskin bir yükselişe giren bu kaynakların elektriğe dönüştürülme sürecinde, genel olarak yakma işlemi uygulanmasından kaynaklı bir CO₂ salınımı söz konusu olsa da diğer yenilenemez kaynaklara kıyasla bu konuda düşük değerler taşımaktadırlar.

3.2.2. Dünya’da Yenilenebilir Kaynaklı Elektrik Üretimi

Dünya’da her alanda kendini geliştiren teknoloji, enerji sektöründe de yenilenmeye gidilmesinde lokomotif görevini üstlenmiştir. Çevreci politikaların önem kazanmaya başlaması ve dünya ekonomilerinin başta CO₂ emisyonunu düşürme çabaları ile enerji bağımsızlığına kavuşma amaçlarının git gide daha

mühim bir hâl aldığı günümüz dünyasında yenilenebilir kaynaklı enerjiler ve enerji çevrim sistemleri, ülkelerin temiz enerji ile enerji bağımsızlığı konularındaki sorunların çözümü için bir anahtar konumuna gelmiştir. Özellikle yıllar geçtikçe artan nüfusa ve taleplerine göre artış gösteren enerji talebi içerisinde elektriğin payı da gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle elektrik üretiminde önem kazanan yenilenebilir kaynakların 1990 ila 2018 yılları arasındaki dünya toplam elektrik üretimindeki gelişimleri aşağıdaki gibidir.

Şekil 48: Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının 1990-2018 Yılları Arasında Dünya Toplam Elektrik Üretimi İçerisindeki Yerleri



Kaynak: (İnternational Energy Agency, 2020)

Geçmişten günümüze hem çevreci bir yapıda olan hem de geleneksel bir üretim yöntemi olarak kabul edilen hidroelektrik santrallerinin gerçekleştirdiği üretim gerek toplam üretimde gerek ise yenilenebilir kaynaklar arasında ciddi bir paya sahiptir. Özellikle 2003 yılı sonrasında düzenli bir artış içerisine giren yenilenebilir kaynaklı elektrik üretimi içerisinde hidroelektrik, rüzgâr, güneş ve biyo yakıtlar payları ile kendilerini öne çıkarmaktadır. 1990 yılında toplam üretim içerisindeki payı %19,73 olan yenilenebilir kaynaklar geçen yıllarla birlikte bu oranı %25,48 seviyelerine çıkarmayı başarmışlardır. Kaynakların 1990 yılındaki ve 2018 yılındaki değerleri arasında meydana gelen artışı incelediğimizde en yüksek

değere sahip olan ilk üç kaynak sırasıyla Rüzgâr, Güneş ve Biyoyakıtlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Hidroelektrik üretimi %91,01’lik değeriyle gelgit enerjisinden sonra en düşük artış oranına sahip olmasına karşın halihazırda günümüz yenilenebilir enerji ile elektrik üretimi içerisinde geçmişten gelen yerleşik bir üretim yöntemi olmasının yanı sıra üretim aşamasında diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla belli bir oranda doğal ve çevresel olaylardan daha az etkilenmesi ile elektrik üretimindeki yerini sağlamlaştırmıştır.

3.2.3. Türkiye’de Elektrik Üretimi

Türkiye 754,412 milyar \$ seviyesindeki gayri safi yurtiçi hasılası (The World Bank, 2020) ile G-20 ülkeleri arasında yerini almaktadır. Gerek nüfusunun gerekse ekonomisinin büyüme hızı göz önünde bulundurulduğunda, gelecek yıllarda bulunduğu ekonomik grup içerisinde kendisini daha ileri sıralara taşıyacağı düşünülmektedir. Çin, Hindistan ve Brezilya örnekleri gibi son yıllarda Türkiye’de hızlı bir büyüme eğilimine girmesiyle enerji arz güvenliğini daha makul şartlar altında karşılaması ciddi bir önem arz etmektedir (ATMACA, 2017, s. 54).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının gelecek 20 yıl için enerji talep projeksiyonunu incelediğimizde üç ayrı senaryo ile karşılaşmaktayız. Bunlar; düşük senaryo olarak 1. senaryo, referans senaryo olarak 2. senaryo ve yüksek senaryo olarak 3. senaryodur. Gelecek 20 yılın elektrik talep projeksiyonunun oluşturulması aşamasında elektrik tüketimini etkileyen faktörler olarak ekonomik büyüme oranı, nüfus, hanhalkı sayısı, ulaştırma sektörünün elektrik tüketimine katkısı, iç tüketim ve şebeke kayıpları ile verimlilik ve yukarıda sayılan değişkenlerin yanı sıra ülkemiz ile benzer yapıda olan ülkelerin uluslararası enerji ajansı veri tabanındaki enerji verileri ile dünya bankası veri tabanındaki sektörler bazında gayri safi yurtiçi hasıla verileri kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda tablo 9’daki sonuçlara ulaşılmış ve önümüzdeki 20 yıllık süre zarfı için 1 senaryo kapsamında yıllık ortalama %2,90 talep atışı beklenirken bu durum senaryo 2 de %3,36 olarak hesaplanırken senaryo 3 için %3,84 olarak tahmin edilmiştir (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020, s. 2).

Tablo 9: 2019-2039 Yılları Arası Senaryolar Kapsamında Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu

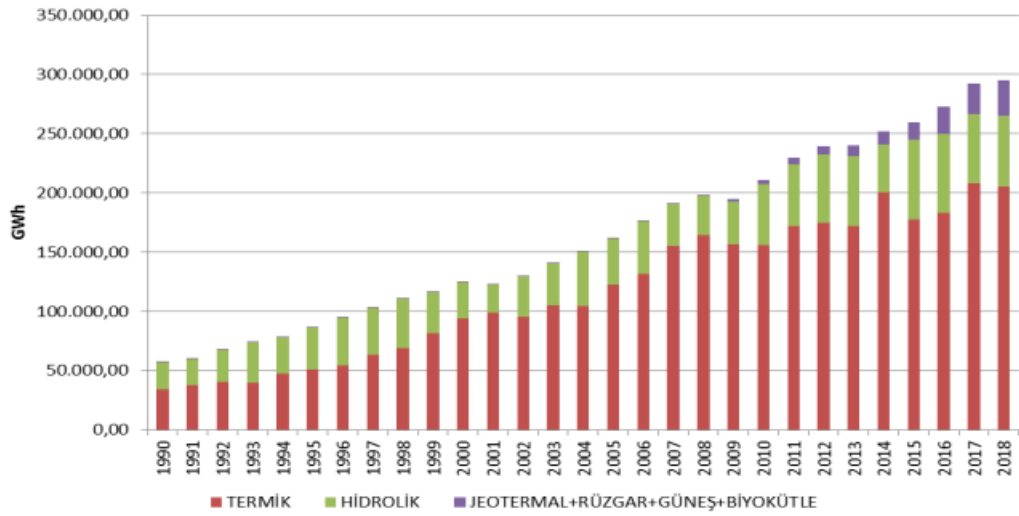
Yıllar	Senaryo 1 (TWh)	Senaryo 2 (TWh)	Senaryo 3 (TWh)	Senaryo 1 Değişim	Senaryo 2 Değişim	Senaryo 3 Değişim
2019	313,8	315,2	316,5	-	-	-
2020	327,3	329,6	332,1	4,3%	4,6%	4,9%
2021	340,5	344,4	348,7	4,0%	4,5%	5,0%
2022	353,2	359,6	366,4	3,7%	4,4%	5,1%
2023	366,8	375,8	385,2	3,8%	4,5%	5,1%
2024	380,4	392,1	404,3	3,7%	4,3%	5,0%
2025	392,6	406,9	422,3	3,2%	3,8%	4,5%
2026	404,6	421,8	440,7	3,1%	3,6%	4,3%
2027	416,6	436,6	458,9	3,0%	3,5%	4,1%
2028	428,8	451,7	477,6	2,9%	3,5%	4,1%
2029	441,0	466,8	496,6	2,9%	3,3%	4,0%
2030	453,0	481,7	515,4	2,7%	3,2%	3,8%
2031	464,6	496,7	534,0	2,6%	3,1%	3,6%
2032	476,3	511,6	552,9	2,5%	3,0%	3,5%
2033	487,8	526,4	571,6	2,4%	2,9%	3,4%
2034	499,3	541,0	590,2	2,3%	2,8%	3,3%
2035	510,8	555,7	608,5	2,3%	2,7%	3,1%
2036	522,7	570,8	627,0	2,3%	2,7%	3,1%
2037	534,0	585,3	644,9	2,2%	2,5%	2,9%
2038	545,1	599,4	662,5	2,1%	2,4%	2,7%
2039	556,3	613,4	679,9	2,1%	2,3%	2,6%

Kaynak: (T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020, s. 2)

Elektrik enerjisinde beklenen söz konusu talep artışının karşılanabilmesi için uzun dönemi kapsayacak olan bir kaynak çeşitlendirilmesi ve bu duruma uygun bir yatırım planlanmasının yapılması önem teşkil etmektedir. Türkiye bu bağlamda serbest bir elektrik piyasası oluşturma çalışmalarının yanı sıra yenilenebilir enerji kaynakları konusunda teşvik edici politikalar uygulamakta ve nükleer enerji elde edilmesi konusunda 2 adet projeyi hayata geçirmeye çalışmaktadır. Bu çalışmalar sonucunda enerji elde ediniminde kaynakların çeşitlendirilmesi, toplam enerji payı içerisinde temiz enerjinin payının artırılması ve elektrik enerjisi üretiminde doğalgaza olan bağımlılığın düşürülerek cari açığın azaltılması hedeflenmektedir (ATMACA, 2017, s. 54,55).

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 2018 yılında yayınlamış olduğu sektör raporuna göre Türkiye'nin 1990 ile 2018 yılları arasında elektrik üretimi şekil 49'daki gibidir.

Şekil 49: 1990-2018 Yılları Arasında Türkiye'de Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Gelişimi

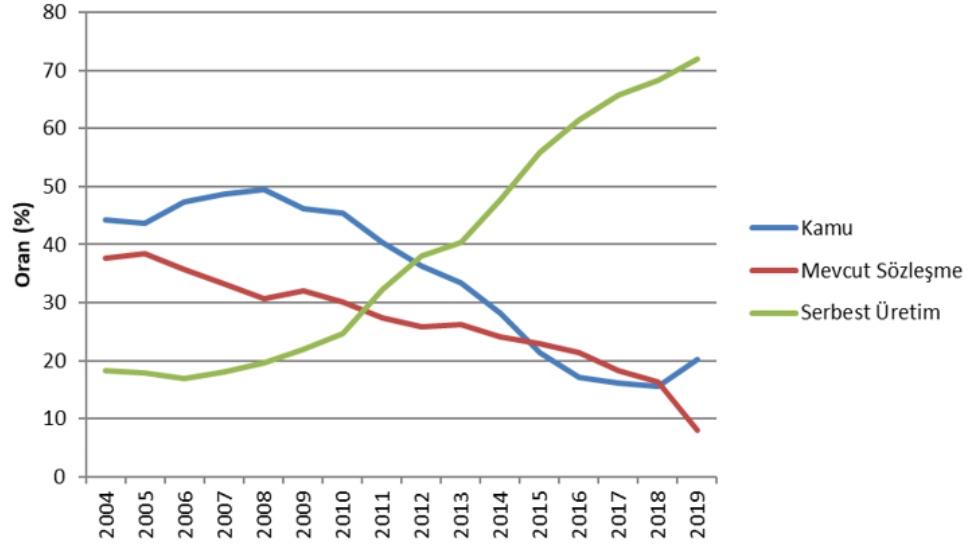


Kaynak: (T.C.Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2019, s. 5)

1990 yılından günümüze kadar Türkiye'de elektrik üretimi 2001 ve 2009 yılları haricinde düzenli olarak artış eğiliminde olmakla birlikte üretimde büyük pay termik santrallere aittir. Özellikle yenilenebilir enerji yatırımlarının teşvik edildiği son yıllarda toplam üretim içerisindeki payı artan temiz enerjinin büyük bir bölümünü konvansiyonel bir üretim yöntemi olan hidroelektrik santralleri oluştururken, özellikle 2010 sonrası dönemde yenilenebilir kaynakların toplam üretimdeki çeşitliliği kayda değer bir yükseliş içerisinde.

Ülkedeki lisanslı elektrik üretimini mevcut sözleşmeler dahil olmak üzere kamu, özel ve sözleşmelere dayalı olarak incelediğimizde; Kamu kuruluşlarının elektrik üretimi içerisindeki payı 2018 yılında %31,77 oranındayken bu oran 2019 yılında %28,06 seviyelerine kadar gerilemiştir. Ülkenin elektrik enerjisi üretiminde serbest üreticilerin payı 2018 yılında %63,23 iken 2019 yılına gelindiğinde %71,94 seviyesine gelmiştir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2020, s. 1,17).

Şekil 50: Toplam Elektrik Üretiminde Yıllar İtibariyle Kamu ve Özel Sektörün Payları



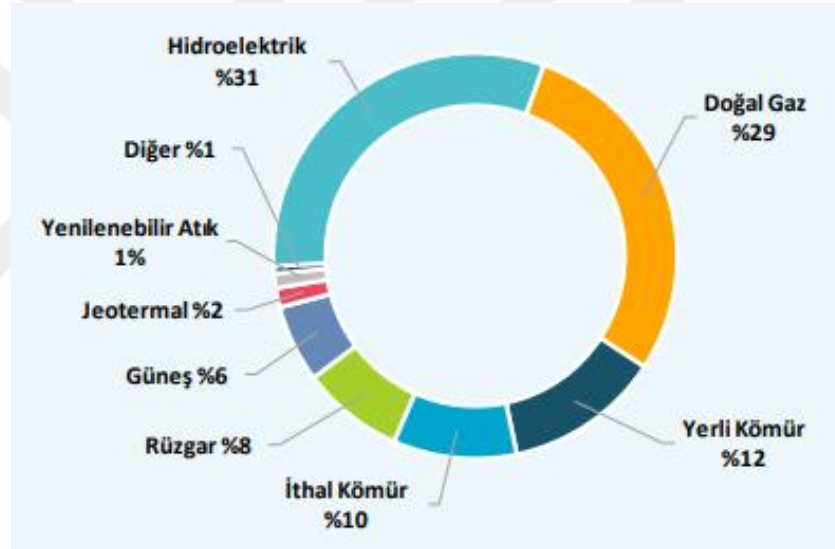
Kaynak: (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2020, s. 20)

Şekil 50’de görüldüğü üzere Türkiye’nin toplam elektrik üretimi içerisindeki özel sektörün payı istikrarlı bir şekilde artış gösterirken, kamu kesiminin, üretim içerisindeki yeri genel itibari ile azalış eğilimindedir. Bu durumun nedenleri incelenirken iki temel husus üzerinde durulmalıdır. Bunlardan birisi de konu ile ilgili gerçekleşen yatırımların büyük bir bölümünün özel sektör tarafından yapılmasıyken, bir diğeri de devam etmekte olan mevcut sözleşmelerin bir kısmının süresinin dolmasına müteakiben bazı santrallerin mülkiyetinin özel sektörün bünyesine geçmesidir (T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2020, s. 21).

Ülkenin toplam kurulu güç kapasitesi 1980’li yılların başında yaklaşık olarak 5 GW seviyelerindeyken 2017 yılına gelindiğinde kurulu güç kapasitesi 85,2 GW’a ulaşmış, 2018 yılı sonu ile 88,5 GW olan kurulu güç 2019 Eylül ayı itibarıyla 90,7 GW’a yükselmiştir. Kurulu güç kapasitesin bu yükselişinin ardındaki en önemli nedenlerin başında yenilenebilir enerji kaynakları ile yerli kaynak bazında üretim gerçekleştiren santrallere yönelim gelmektedir. Eylül 2019 verilene göre Türkiye’nin toplam kurulu gücü içerisinde yenilenebilir enerjinin oranı %48,4 iken

yerli kaynaklı üretim gerçekleştiren santraller ise %61 oranındadır. Lisanssız üretim kapsamında ise 2018 yılında yaklaşık olarak 5,4 GW’lık bir paya sahip olan kurulu güç 2019 yılının Eylül ayının sonuna gelindiğinde 5,9 GW seviyesine yükselmiştir. 2019 yılının ilk 9 ayı içerisinde toplam kurulu güç içerisinde yaşanan 2,2 GW’lık kapasite artışının 1,1 GW’lık kısmı yerli kömür ile elektrik üretimi gerçekleştiren santrallerde yaşanırken 0,53 GW’lık ikinci büyük pay ise güneş santrallerine aittir (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, 2019, s. 8).

Şekil 51: Türkiye’de Toplam Kurulu Gücün 2019 Eylül İtibari ile Kaynaklara Göre Dağılımı



Kaynak: (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, 2019, s. 9)

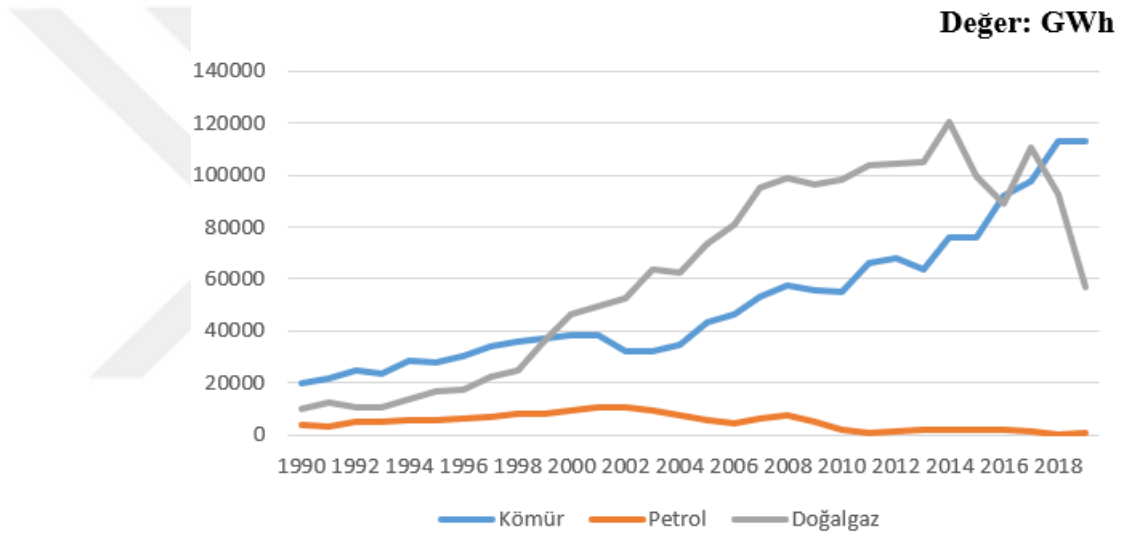
Türkiye’nin 2019 yılı itibariyle kurulu gücünü şekil 51’de incelediğimizde %31’lik oranıyla en büyük pay hidroelektrik santrallerine ait iken fosil kaynaklı toplam kurulu güç ise %51 oranı elinde bulundurmaktadır.

Ülkedeki kurulu gücün 2010 ile 2018 yılları arasında elektrik talebinden daha yüksek bir artış göstermesi ve elektrik talep artış hızının ilerleyen dönemlerde düşük ilerlemesi durumunda, üretim kapasitesinde meydana gelen fazla artışın kısa vadede sistem üzerinde olumsuz bir etkiye sebep olması beklenebilir (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, 2019, s. 10).

3.2.3.1. Türkiye’de Yenilenemez Kaynaklı Elektrik Üretimi

Gelişmekte olan bir ekonomi olarak Türkiye’nin elektrik enerjisi üretimindeki yenilenemez kaynak girdilerinin 1990 ile 2019 yılları arasındaki gelişimini Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre incelediğimizde şekil 52’deki gibidir;

Şekil 52: 1990-2019 Yılları Arasında Türkiye’de Yenilenemez Kaynaklı Elektrik Üretimini Gelişimi



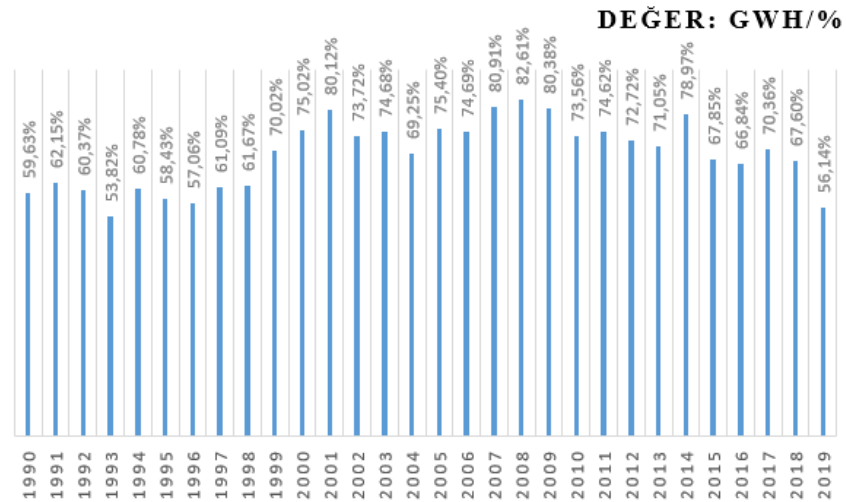
Kaynak: (İnternational Energy Agency, 2020)

Türkiye’nin yenilenemez kaynaklı elektrik üretiminde özellikle 1996 yılından sonra sıçrama yapan doğalgazın ve geçmişten günümüze kadar üretim alanındaki yerini muhafaza eden kömürün önemi son derece büyüktür. Petrol kaynaklı üretim ise 2002 yılına kadar bir artış göstermiştir. Özellikle 2008 yılı sonrasında günümüze kadar azalış eğiliminde olmakla birlikte, elektrik üretimindeki yeri diğer kaynaklar ile mukayese edildiğinde zayıf kalmaktadır. Projelere başlanmasına rağmen henüz bir nükleer santrale sahip olmayan Türkiye’nin elektrik üretiminde kullanılan temel yenilenemez kaynakları doğalgaz ve kömürdür. 2013 yılına kadar genel olarak düzenli bir artış gösteren doğalgaz bazlı elektrik üretiminde 2013 yılı sonrası sert iniş çıkışlar gözlemlenmektedir.

2013 ile 2014 yılı arasında %14,70 artan doğalgaz kaynaklı elektrik üretimi takip eden 2 yılda yaklaşık olarak %26 oranında ciddi bir azalış sergiledikten sonra %23,83'lük bir toparlanma göstermiş ancak 2017 yılı sonrasında kuvvetli bir düşüş yaşayarak %43,53 oranında azalmıştır. 2014 yılından sonra keskin ve güçlü ilerleyişi ile dikkat çeken doğalgaz bazlı üretimin yanı sıra ülkenin elektrik üretiminde temel kaynaklarından biri olan kömürde ise süreç daha yumuşak ve istikrarlı ilerlemiştir. 2000'li yılların başında yenilenemez kaynaklı elektrik üretimindeki üstünlüğünü doğalgaza bırakan kömür bazlı üretim 2018 yılı itibari ile eski yerini almıştır. Doğalgaza kıyasla daha yumuşak kırılmalar yaşayan kömür bazlı üretim 2002 yılından sonraki dönemde yükseliş eğilimine girmiş ve 2013 ile 2019 yılları arasında düzenli bir artış göstermiştir. 2013 yılında 63.786 GWh olan kömür bazlı elektrik üretimi 2019 yılına gelindiğinde %77,49 oranında artarak 113.218 GWh değerine ulaşmıştır.

Aynı yıllar arasında ülkede gerçekleşen toplam elektrik üretimi içerisinde, kömür, petrol ve doğalgaz bazlı elektrik üretim toplamalarının % payları aşağıdaki gibidir.

Şekil 53: 1990-2019 Yılları Arasında Fosil Kaynaklı Elektrik Üretiminin Toplam Elektrik Üretimi İçerisindeki Payları



Kaynak: (İnternational Energy Agency, 2020)

Türkiye son yıllarda her ne kadar gerek temiz enerji üretimi arttırmaya ve enerjide dış bağımlılık oranını azaltmaya yönelik olarak uyguladığı politikalar çerçevesinde, elektrik üretiminde yenilenebilir kaynaklara yönelmekte ve kaynak çeşitliliğini arttırmaya çalışsa da halihazırda elektrik üretiminin büyük bir bölümü yenilenemez kaynaklara aittir. 1990 yılından günümüze kadar en düşük seviyeyi 1993 yılında %53,82'lik oran ile kaydeden yenilenemez kaynaklı üretim tepe noktasını ise %82,61 oranı ile 2008 yılında görmüştür. Son yıllarda yenilenemez kaynakların toplam üretimindeki payları azalma eğiliminde olmasına karşın, genel elektrik üretiminin hâkim hissedarı durumundadırlar.

Ülkenin toplam elektrik üretimini gerçekleştiren kurulu güç kapasitesi içerisinde yenilenemez kaynaklı faaliyet gösteren santrallerin, 1990 ile 2019 yılları arasındaki toplam kurulu güç içerisinde meydana gelen değer değişimleri ve % payları Tablo 10'daki gibidir;

Tablo 10: 1990-2019 Yılları Arası Tek Yakıtlı ve Çok yakıtlı Yenilenemez Kaynaklı Santrallerin Kurulu Güç İçerisindeki Yeri ve Değişimi

Değer: MW	Taş Kömürü+ İthal Kömür+ Linyit+ Asfaltit santralleri	Doğalgaz+ Fuel Oil+ Motorin+ LPG+ Nafta+ Katı Yakıt Santralleri	Toplam Kurulu Güç	Toplam Kurulu Güç İçerisindeki %
1990	5205,7	4330,1	16317,6	58,44%
1995	6374,3	4685,9	20954,3	52,78%
2000	6988,9	9039,8	27264,1	58,79%
2005	9116,8	16750,2	38843,5	66,59%
2010	11950,3	20221	49524,1	64,96%
2015	15521,7	26011,3	73146,7	56,78%
2019	19570,5	26922,1	91267	50,94%

Kaynak: (Türkiye Elektrik İletim A.Ş., 2020)

Ülkenin kurulu gücü 1990 yılından 2019 yılına kadar %459,31 oranında bir gelişim gösterirken kurulu güç içerisinde yenilenemez kaynaklı üretim yapan santrallerde aynı yıllar arasında %387,57 oranında bir kapasite artışı yaşanarak kurulu güç içerisindeki oranları daimî olarak belli bir skalada tutulmuştur. Yenilenemez üretim yapan kurulu güç, toplam kurulu güç içerisindeki en düşük payını %50,94'lük oranıyla 2019 yılında alırken en yüksek oranını ise %67,49 ile 2006 yılında almıştır.

3.2.3.2. Türkiye’de Yenilenebilir Kaynaklı Elektrik Üretimi

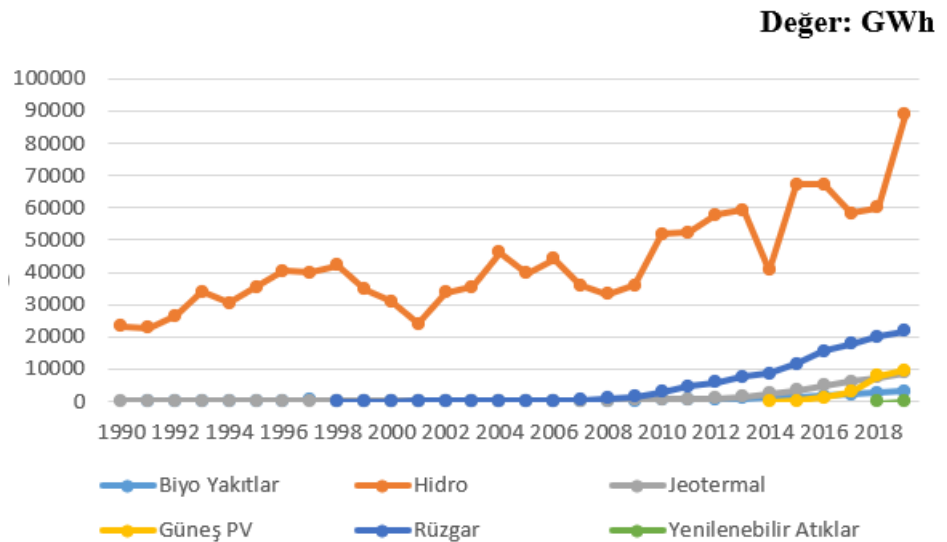
Türkiye, İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) içerisinde bulunan ülkelere kıyasla, geride bıraktığımız 15 yıllık süreç içerisinde enerji talep artış hızı bakımından kendisini listede ilk sıraya çıkarmayı başarmıştır. Dünyada petrol ve doğalgaz için kanıtlanmış rezervlerin yaklaşık olarak %70’nin bulunduğu bir coğrafyada yer alan Türkiye, konumu itibari ile bulunduğu bölgenin en büyük doğalgaz ve elektrik pazarları arasında sayılmaktadır. Bu kapsamda ülkenin enerji stratejileri arasında artan enerji talebi ve ithalat bağımlılığının düşünülerek enerji güvenliği ile ilişkilendirilebilecek faaliyetlere öncelik verilmesi, sürdürülebilir kalkınma çalışmalarının her aşamasında çevreci yaklaşımlara bağlı kalınarak enerji sektörünün geliştirilmesi, enerjide şeffaf, liberal ve rekabetçi bir piyasanın oluşturulması, üretkenlik ve verimliliğin arttırılması ile bu kapsamda enerji ile bağlantılı ARGE çalışmalarının çoğaltılması planlanmaktadır. Planlanan çalışmalara göre ulaşılmak istenilen hedefleri;

- İthal edilen enerji kaynaklarından petrol ve doğalgazın tedarik yolları ile kaynaklarının çeşitlendirilmesi.
- Enerji bağımlılığının azaltılması hususunda yenilenebilir yerli kaynakların toplam enerjideki payının yükseltilmesi.
- Elde edilen enerjide verimlilik artışının yaşanması.

- Enerji üretim tekniklerinin arasına nükleer enerjinin eklenmesi şeklinde sıralayabiliriz (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2020).

Türkiye'nin her geçen yıl artan enerji ihtiyacı ve talebinin karşılanması konusunda ülkenin enerji politikaları ve stratejileri ile enerji arz güvenliği üzerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi oldukça fazladır. Gerek çevreci olmaları gerekse yerli olarak enerjide dışa bağımlılığı azaltmaları konusunda etkili olmalarının yanında, kurulu yenilenebilir enerji santrallerinin hammadde ihtiyacına gerek duymamaları ilgili santralleri enerji arz güvenliği içerisinde önemli bir yere getirmektedir. Bu durum yenilenebilir kaynaklı elektrik üretimini sadece ülkemiz için değil günümüz dünyası içinde vazgeçilmez ve geliştirilmesinin gerektiği kabul edilen bir konu olmasını sağlamıştır. Son yıllarda ülkenin enerji politikaları içerisinde önemli bir pay edinen yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretiminin, 1990 ile 2019 yılları arasındaki gelişimi uluslararası enerji ajansı verilerine göre irdelendiğinde aşağıdaki gibidir.

Şekil 54: 1990-2019 Yılları Arasında Türkiye'de Yenilenebilir Kaynaklı Elektrik Üretiminin Kaynaklara Göre Gelişimi



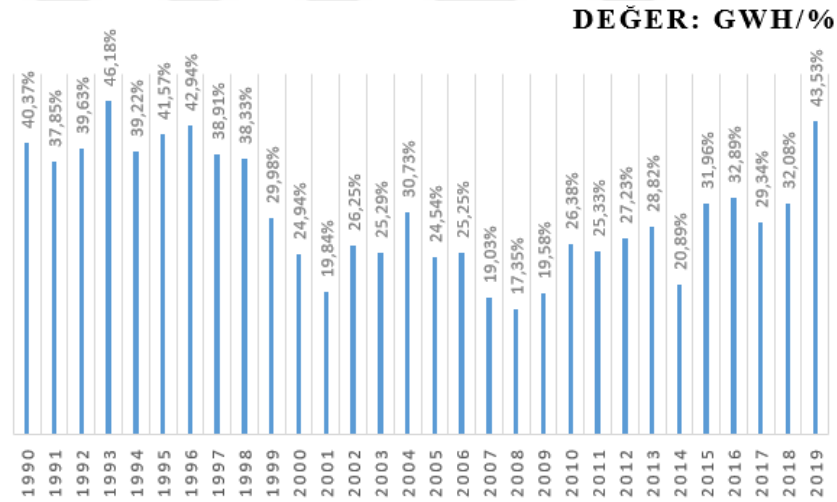
Kaynak: (International Energy Agency, 2020)

Türkiye 1990 Yılından 2019 (2019 dahil) yılına kadar toplamda 5.055.233 GWh'lik elektrik üretimi gerçekleştirmiştir. Gerçekleşen bu üretimin 1.292.027 GWh'i Hidroelektrik santrallerince üretilmiştir. Bu durum bize 1990 yılından şu ana kadar gerçekleşen toplam elektrik üretiminin %25,55'lik kısmının hidroelektrik kaynaklı gerçekleştiğini göstermektedir. İnsanoğlunun milattan önceye dayanan su gücünden yararlanma çalışmaları, geride bıraktığımız 140 yıl içerisinde geleneksel bir elektrik elde etme metodu haline gelmiştir. 1900'lü yılların başından beri ülkemiz sınırları içerisinde kullanılan hidroelektrik santrallerinin ülkenin elektrik ihtiyacını karşılama hususundaki payı son derece yüksektir. Grafiğe bakıldığında hidroelektrik üretimi 1990 yılından 2019 yılına kadarki süre zarfında her ne kadar dalgalı bir seyir izlemiş olsa da yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki üstünlüğünü büyük bir fark ile muhafaza etmeyi başarmıştır. En düşük seviyesini 2001 yılında gören hidroelektrik üretimi 2013 yılı ile 2014 yılı arasında sert bir düşüş yaşamış olsa da takip eden yılda geçen dönemi unutturacak bir toparlanış göstermiştir. Özellikle 2017 ile 2019 yılları arasında %52,67 oranında güçlü bir artış yaşayan hidroelektrik üretimi yenilenebilir kaynaklar arasındaki payını yükseltirken yenilenebilir bazlı toplam elektrik üretiminin ülke elektrik üretimi içerisindeki payını da arttırmıştır. 90'lı yılların ortalarında parlayan rüzgâr enerjisinden yararlanılma faaliyetleri 2008 yılına kadar sakin bir artış sergilerken özellikle 2008 yılı sonrasında ciddi bir artış eğilimine girmiştir. 1998 yılından 2008 yılına kadar 842 GWh artan, rüzgâr kaynaklı elektrik üretimi 2008 ile 2019 yılları arasında 20.933 GWh'a ulaşarak yüksek bir artış yaşamıştır. Ülkemiz elektrik üretiminde uzun yıllardır kullanılan jeotermal enerji yıllar içerisinde gerçekleştirdiği elektrik üretim miktarını özellikle son yıllarda arttırsa da 2014 yılından günümüze kadar hızlıca gelişmeye başlayan güneş kaynaklı elektrik üretiminin arkasında kalmıştır. 2016 yılında 1.043 GWh olan güneş enerjili elektrik üretimi 3 yıl gibi kısa bir süre içerisinde %818,31 oranında artarak 2019 yılında 9.578 GWh seviyesine gelerek son derece hızlı bir çıkış ve kuvvetli bir sıçrama gerçekleştirmiştir. Güneş enerjisinde yaşanan bu yükselme hızı, ilerleyen yıllarda güneş kaynaklı elektrik üretiminin toplam ülke enerjisi içerisinde büyük bir yer kaplayacağını kanıtı niteliğinde düşünülebilir. Türkiye'nin elektrik üretiminde 1991 yılından beri kullanılan biyoyakıtlar, diğer yenilenebilir kaynaklar kadar

büyük bir gelişim sergileyememiş olsalar da özellikle son yıllarda yenilenebilir atıklarla birlikte geri dönüşüm programları kapsamında enerjideki paylarını arttırabilecekleri söylenebilir.

Ülkede gerçekleşen 1990-2019 arası elektrik üretiminde yenilenebilir kaynaklı toplam üretimin yıllar içerisindeki oransal dağılımını incelediğimiz de 2001, 2008 ve özellikle 2014 yıllarında meydana gelen sert düşüşler göze çarpmaktadır. Bu duruma ülkenin toplam enerji üretimi içerisinde ciddi bir paya sahip olan hidroelektrik kaynaklı üretimde ilgili yıllarda yaşanan düşüşün neden olduğu söylenebilir.

Şekil 55: 1990-2019 Yılları Arasında Türkiye'de Toplam Elektrik Üretiminde Yenilenebilir Kaynaklı Üretimin % Payları



Kaynak: (İnternational Energy Agency, 2020)

Yenilenebilir kaynaklı elektrik üretiminde ilgili tarihler arasındaki belirleyici üretimin hidroelektrik santralleri tarafından gerçekleştiği düşünüldüğünde dalgalanmaların hidroelektrik verileri ile karakterize bir şekilde gerçekleştiği söylenebilmektedir. Ülkenin yenilenebilir kaynaklı kurulu güç kapasitesini ve bu kapasitenin toplam kurulu güç içerisindeki yerini inceleyecek olursak Tablo 11'deki gibidir.

Tablo 11: 1990-2019 Yılları Arasında Yenilenebilir kaynaklı Kurulu Gücün Santrallere Göre Dağılımı

Değer: MW	Yenilenebilir+ Atık+ Atık Isı	Hidroelektrik Santralleri	Jeotermal Santraller	Rüzgâr Santralleri	Güneş Santralleri	Toplam Kurulu Güç	Toplam Kuru Güç İçerisindeki %
1990	-	6764,3	17,5	-	-	16317,6	41,56%
1995	13,8	9862,8	17,5	-	-	20954,3	47,22%
2000	23,8	11175,2	17,5	18,9	-	27264,1	41,21%
2005	35,3	12906,1	15	20,1	-	38843,5	33,41%
2010	107,2	15831,2	94,2	1320,2	-	49524,1	35,04%
2015	370,1	25867,8	623,9	4503,2	248,8	73146,7	43,22%
2019	1170,5	28503	1514,7	7591,2	5995,2	91267	49,06%

Kaynak: (Türkiye Elektrik İletim A.Ş., 2020)

Türkiye’de yenilenebilir kaynaklı kurulu güç santrallerinin toplam kurulu güç içerisindeki payı 2000 ile 2010 yılları arasında düşüş göstermiş ancak 2010 yılı sonrasında hem yenilenebilir enerjide çeşitlenme yaşanmış hem de ülkedeki toplam kurulu güç içerisinde yenilenebilir gücün oranı yükselmeye başlamıştır. Yenilenebilir kaynaklar çevreci politikaların öneminin anlaşıldığı günümüz dünyasında gün geçtikçe değer kazanmaya başlarken Türkiye de gerek enerji bağımsızlığında gerekse enerji arz güvenliğinde rol oynayacak temiz enerji kaynaklarına verdiği teşvikler ile enerji üretiminde çeşitlendirmeye gitmektedir. Sürekli olarak gelişen teknolojinin, yenilenebilir enerji santralleri üzerinde maliyetleri düşürücü bir etki yaratmaya başlaması ilerleyen yıllarda bu kaynakların, dünyada ve Türkiye’de enerji üretimindeki payının artıracak sonucunu doğurmaktadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM: TÜRKİYE’DE GERÇEKLEŞTİRİLEN ELEKTRİK ÜRETİMİNİN DIŞ TİCARET DENGESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ANALİZİ

Tezin bu bölümünde 2001 ile 2019 yılları arasında Türkiye’de gerçekleştirilen elektrik üretiminin, dış ticaret dengesi üzerinde etki yaratabilecek bir düzeyde ilişkisinin olup olmadığı 2001-2019 yılları arasındaki aylık bazda veriler kullanılarak çoklu doğrusal regresyon analizi yöntemi ile ekonometrik olarak sorgulanacaktır.

4.1. Çalışmanın Amacı

Elektrik enerjisi doğada tek başına bulunmayan ve başka enerji kaynaklarının kullanımı doğrultusunda elde edilen bir enerji olup, günümüz ve geleceğin dünyasının vazgeçilmez bir unsurudur. Hane halkı ihtiyaçlarının karşılanmasından, ülkelerin ulusal güvenliklerine kadar birçok alanda kesintisiz ve kritik rol oynayan elektrik enerjisi üretiminin, %50’den fazlasının ithal kaynaklar ile üretildiği ve enerjide dışa bağımlılık sorunu yaşayan Türkiye ekonomisinin, dış ticaret dengesi üzerinde etki yaratabilecek bir seviyede bulunup bulunmadığının anlaşılması amaçlanmıştır.

4.2. Çalışmanın Önemi

Dış ticaret dengesinde yaşanan olumsuzlukların başlıca nedenleri arasında gerçekleştirilen enerji ithalatı gelmektedir. Enerji açısından dışa bağımlılık sorunu ile mücadele eden Türkiye ekonomisi, artan nüfus ve gerçekleşen büyüme rakamları ile her geçen gün enerjiye daha çok ihtiyaç duymaktadır. Kuşkusuz ki günümüz dünyasındaki başlıca enerji türü elektrik enerjisidir. Türkiye her ne kadar elektrik enerjine çevrilme potansiyeli bulunan yeraltı ve yerüstü kaynakları bakımından zengin bir durumda olsa dahi termik santrallerde kullanılan kömür kaynağı hariç diğer kaynaklar yenilenebilir kaynak olarak bulunmaktadır. Yenilenebilir ve temiz kaynak olarak değerlendirilen kaynaklar arasında mevcut

durumda kullanılan ve konvansiyonel üretim yöntemi olarak kabul edilip ülke elektrik üretiminde oldukça önemli konumda olan hidroelektrik santralleri ülkede gerçekleştirilen elektrik üretiminin yükünü her ne kadar kaldırma konusunda oldukça başarılı olsa da yeterli kabul edilebilecek bir seviyede değildir. Türkiye yenilenebilir enerji konusunda gerek politik gerekse saha bazında önemli adımlar atmasına karşın, gelişen teknoloji ile verimliliği ve maliyetleri makul seviyelere gelen yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretiminde mevcut durumda arzu edilen seviyede bulunmamaktadır. Yenilenebilir teknolojiler temiz sağlıklı bir enerji vaat etmelerinin yanı sıra, verimlilikleri doğa olayları ile değişebilen ve bazı durumlarda fasıllı bir üretim gerçekleştirebilen teknolojilerdir. Bu durum enerji arz güvenliğini tehdit edebilecek bir unsur olarak karşımıza çıkmakta olup, tüm ülkenin enerjisini üretebilecek seviye bulunması durumunda bile henüz tek başına tercih edilebilecek bir senaryo değildir. Türkiye’de üretilen elektrik enerjisinin büyük bir bölümü konvansiyonel olarak kabul edilen ve verimlilikleri doğa olayları ile etkilenmeyen termik santrallerce karşılanmaktadır. Sürekli olarak üretilen, depo edilemeyen ve hatta üretilirken tüketilen bir enerji olan elektrik enerjisinin %50’den fazlası ithal kaynaklar ile gerçekleştirilmektedir. Özellikle talebi titizlikle belirlenen bu enerji kaynağının enerji ithalatına bağlı olarak dış ticaret dengesinde etki yaratabilecek bir seviyede bulunup bulunmadığının incelenmesi ülke ekonomisi açısından önemli bir durumdur.

4.3. Çalışmanın Sınırlılıkları

Bu araştırma Türkiye’de 2001 ile 2019 yılları arasında aylık bazda olmak üzere ithal kömür, Petrol ve doğalgaz kaynaklı elektrik üretimi ile dış ticaret dengesi rakamları çerçevesinde sınırlandırılmış olup, araştırmada ekonometrik modeller kullanılarak ilgili tarihler arasında ülkede gerçekleştirilen ithal kaynaklı elektrik üretiminin dış ticaret dengesini etkileyecek boyutta olup olmadığının incelenmesi amaçlamıştır.

4.4. Araştırmanın Kapsamı ve Veri Seti

Çalışmada, Türkiye’de 2001 ile 2019 yılları arasında ithal kaynaklarla üretilen elektrik enerjisinin dış ticaret dengesi üzerinde etki yaratıp yaratmadığını incelemek üzere 2001 ile 2019 yılları arasındaki aylık bazda veriler kullanılmak üzere değişkenlerin isimleri, tarih ile veri aralığı, birimleri ve verilerin elde edildiği kaynaklar tablo 12’deki gibidir;

Tablo 12: Çalışmaya Ait Araştırma Verilerinin ve Değişkenlerin Açıklama Tablosu

Değişken	Açıklama	Tarih	Veri Aralığı	Birim	Verinin Elde Edildiği Kaynak
DTD	Dış Ticaret Dengesi	2001-2019 Cari Yılları Arası	Aylık Bazda	Dolar	TÜİK
ITHLKMR	İthal Kömür	2001-2019 Cari Yılları Arası	Aylık Bazda	GWh	TEİAŞ
DGLGZ	Doğalgaz	2001-2019 Cari Yılları Arası	Aylık Bazda	GWh	TEİAŞ
PETROL	Petrol	2001-2019 Cari Yılları Arası	Aylık Bazda	GWh	TEİAŞ

4.5. Dış Ticaret Dengesi ile İthal Kaynaklı Elektrik Üretimi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Türkiye’de ithal kaynaklı elektrik üretimi ile dış ticaret dengesi arasında etki yaratabilecek bir ilişki varlığının incelenmesi 2001-2019 yılları arasında aylık bazda veriler çerçevesinde bu başlık altında incelenecektir.

4.5.1. Araştırmada Kullanılan Yöntem ve Varsayımları

Araştırmada çoklu doğrusal regresyon analiz yöntemi kullanılacak olup, Ekonometrik bir analizin başarılı olabilmesindeki temel kriter analizde kullanılacak verilerin uygunluğuna bağlı olmaktadır. Deneysel analizlerde kullanılan üç tür veri bulunmaktadır bunlar; zaman serileri, çapraz kesit ve birleştirilmiş verilerdir. Zaman serileri bir değişkenin farklı zamanlarda almış olduğu değerlere ait gözlemlerin oluşturduğu bir kümedir. Bu çalışmada zaman serisine ait veriler kullanılacaktır (KARABULUT & ŞEKER, 2018, s. 1058).

Çoklu doğrusal regresyon analizinde amaç açıklayıcı değişkenleri ifade eden bağımsız değişkenler ile cevap değişkeni olarak tanımlanan bağılı değişkendeki toplam değişimi açıklamak üzerine kuruludur. Çoklu doğrusal regresyon analizinde modeli oluşturan bağımsız değişkenlerden bazılarının modele katkısı olmaya bilir yahut önemsiz bir seviyede olabilir. Bu sebeple bağımlı değişkeni açıklayacak olan en uygun bağımsız değişkenlerin belirlenerek modele eklenmesi, önemsiz değişkenlerin ise model dışı bırakılması gerekmektedir (KAYAALP, GÜNEY, & CEBECİ, 2015, s. 1).

Çoklu doğrusal regresyon modelleri ekonometrik araştırmalarda sıklıkla kullanılan bir analiz yöntemidir. Gündelik hayattaki birçok olay gibi iktisadi olaylarda farklı değişkenler tarafından etkilenmekte olup, etkilerin incelenmesi konusunda durum çoğu zaman çoklu doğrusal regresyon modeli ile tahmin

edilmektedir. Çoklu doğrusal regresyon analizi için en genel ekonometrik model denklemi aşağıdaki gibidir;

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_n X_{ni} + u_i$$

Modelde bulunan Y_i bağımlı değişkeni X_i 'ler ise her bir i gözlemine ilişkin 1'den n 'e kadar olan bağımsız değişkenleri ifade etmektedir. β_0 sabit terimi tanımlarken β_{ni} 'ler bağımsız değişkenlere ait kat sayıları başka bir ifade ile ise kısmi regresyon kat sayılarını ifade etmektedir (TEMURLENK & YILDIZ, 2020, s. 47).

Çoklu doğrusal regresyon analizini varsayımlarını dört grupta toplayabilmek mümkün olmakla birlikte varsayımlar sırasıyla aşağıdaki gibidir;

- Hata terimleri arasında ilişki varlığının söz konusu olmaması. Yani hata terimlerinin kendisinden önceki veya sonraki hata terimlerini etkilememesi en küçük kareler yönteminin temel varsayımlarından biridir. Hata terimlerinin birbirlerini etkilemesi durumu otokorelasyon olarak ifade edilmektedir. Çoklu doğrusal regresyon modelinde otokorelasyon bulunmamalıdır.
- Bağımsız değişken veya değişkenlerin tahmini değerlerine ait hata terimlerinin dağılımının normal olduğu varsayılır ve regresyon analizinde kullanılacak olan değişkenlerin normal dağılıp dağılmadığına bakılmalıdır.
- Farklı X değerlerine ait hata terimlerinin aynı varyansa sahip olması durumuna eşit varyanslılık diğer bir ifade ile homoscedasticity denmektedir. Ancak uygulama esnasında bağımsız değişkenler birbirlerinden farklı değerlere sahip olduklarında, eşit varyans varsayımı geçerli olmamaktadır. Bu duruma farklı varyanslılık başka bir deyişle Heteroscedasticity denmektedir.

- Bağımsız değişkenler arasında yüksek doğrusal ilişkiler bulunması durumunda çoklu doğrusal bağlantı problemi ortaya çıkabilmektedir. Çoklu doğrusal regresyon analizine ait bir durum olan çoklu doğrusal bağıntının, analizin anlamlılığının sağlanması için modelde bulunmaması gerekmektedir (MARDİKYAN, 2005, s. 42).

4.5.2. Analizde Uygulanan Adımlar

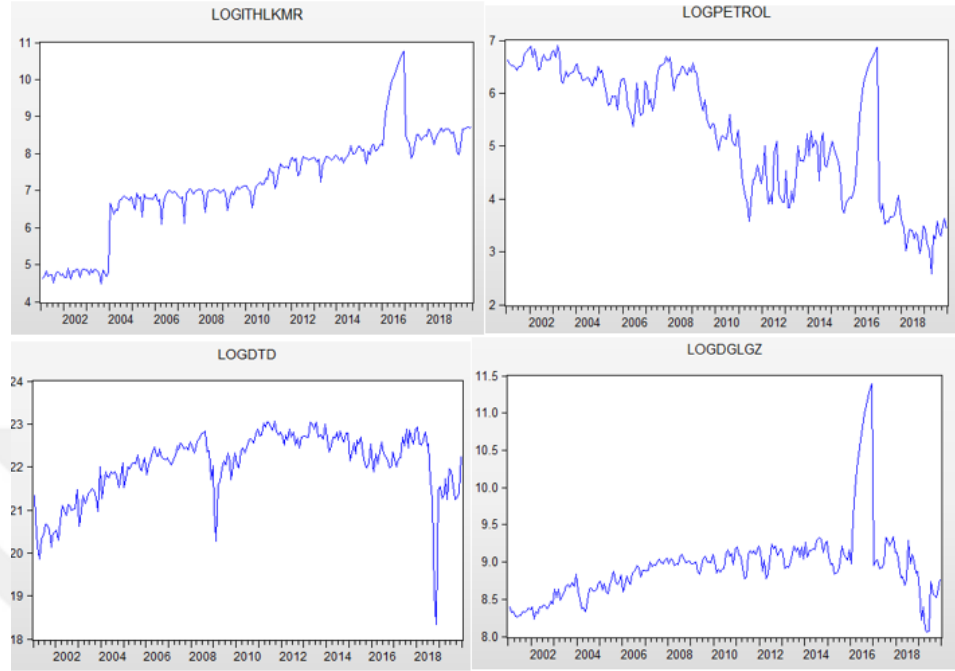
Bu başlık altında, çalışmada yapılacak analize ilişkin olarak önce verilerin logaritmik dönüşümleri yapıp daha sonra grafikleri ile tanımlayıcı istatistikleri verilecek olup, çoklu doğrusal regresyon modelinin varsayımları sınanacak ve model en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilecektir.

4.5.2.1. Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler ve Seri Grafikleri

Tablo 13: Türkiye'de 2001-2019 Dönemine İlişkin Analize Dahil Edilen Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

	LOGDTD	LOGDGLGZ	LOGITHLKMR	LOGPETROL
Ortalama	22.055668	8.940086	7.198993	5.277296
Ortanca	22.24411	8.947806	7.133965	5.471162
Maksimum	23.07016	11.39892	10.77306	6.907955
Minimum	18.33168	8.050512	4.487512	2.580217
Standart Sapma	0.764169	0.504407	1.342419	1.174306
Basıklık	-1.425243	2.359784	-0.281460	-0.376763
Çarpıklık	5.751827	11.65366	3.124854	1.783772
Jarque-Bera Olasılık Değeri	149.1293 0.000000	923.0218 0.000000	3.158447 0.206135	19.44661 0.000060
Toplam	528.694	2038.340	1641.370	1203.224
SumSq.Dev.	132.5576	57.75481	409.0740	313.0318
Gözlem Sayısı	228	228	228	228

Şekil 56: Tanımlayıcı İstatistikleri Verilen Değişkenlerin Grafikleri



Tablo 13’te 2001 ile 2019 yıllarını kapsayan çalışmamıza ait, aylık bazda veri setlerinden oluşan değişkenlerimizin ortalama, standart sapma, olasılık değerleri ve diğer istatistiki değerleri ayrıntılı bir biçimde verilmiştir. Ortalama, ortanca, maksimumu ve minimum değerlerler bakımından en yüksek değerlere sahip değişken LOGDTD değişkeni olurken en yüksek standart sapma değerine sahip değişken ise LOGITHLKMR değişkeni olmaktadır. Çarpıklık ve basıklık olarak tabloyu incelediğimizde ise en yüksek değerler bu kez LOGDGLGZ değişkeninde karşımıza çıkmaktadır. Tabloda LOGITHLKMR değişkenine ilişkin olarak Jarque-Bera test İstatistiği ve olasılık değerini inlediğimizde olasılık değerinin 0.206135 olduğu görülmektedir ki bu değer kritik değere kabul edilen 0,05 değerinden yüksek olduğu için LOGITHLKMR değişkeninin normal bir dağılıma sahip olduğundan söz edilebilmektedir. Diğer değişkenlerin ise olasılık değerleri 0,05’ten küçük çıkmıştır bu durumda LOGITHLKMR değişkeni haricindeki diğer değişkenlerin normal dağılıma sahip olmadığı yorumu yapılabilmektedir.

4.5.3. Varsayımların Sınanması

Çoklu doğrusal regresyon modeline ilişkin varsayımlar analizde kullanılan değişkenler çerçevesinde test edilmeye çalışılacak ve bu doğrultuda normal dağılım, çoklu doğrusal bağıntı, durağanlık sınanması, değişken varyans ve otokorelasyon incelemesi yapılacaktır.

4.5.3.1. Modelde Normal Dağılım Varsayımının Sınanması

Bu varsayımın amacı hata terimlerinde gerçekleşen dağılımın normal olduğunun, olması gerekliliğinin ve modele ilişkin değişkenlerin normal dağılıma uyup uymadığını sınımdır (İNANÇ, 2019, s. 58). Normal dağılım varsayımının incelenmesi Jarque-Bera testi ile yapılmaktadır. Jarque-Bera testi istatistiği en küçük kareler artıklarının eğiklik ve basıklık değerleri ile hesaplanmakta olup, bu istatistik değerinin X^2 dağılımı ile karşılaştırması yapılarak normal dağılım varsayımının geçerli olup olmadığı konusunda bir sonuca ulaşılmaktadır. Normal dağılımda eğiklik ve basıklık değerleri sırasıyla 0 ile 3 olarak kabul edilmektedir (GÜRİŞ , ÇAĞLAYAN, & GÜRİŞ, 2013, s. 297).

Jarque-Bera tarafından tavsiye edilen Jarque-Bera test istatistiği:

$$JB = \frac{n}{6} \left(S^2 + \frac{(K + 3)^2}{4} \right)$$

şeklindedir. Formülde n gözlem sayısını ifade ederken, S gözlemlerin çarpıklık derecelerini K ise basıklık derecelerini ifade etmektedir (YILDIRIM & GÖKPINAR, 2012, s. 110).

Çalışmamıza ait modelin normal dağılım varsayımının sınanması Jarque-Bera test istatistiği ile yapılacak olup, teste ilişkin hipotezler aşağıdaki gibi olacaktır;

Hipotezler;

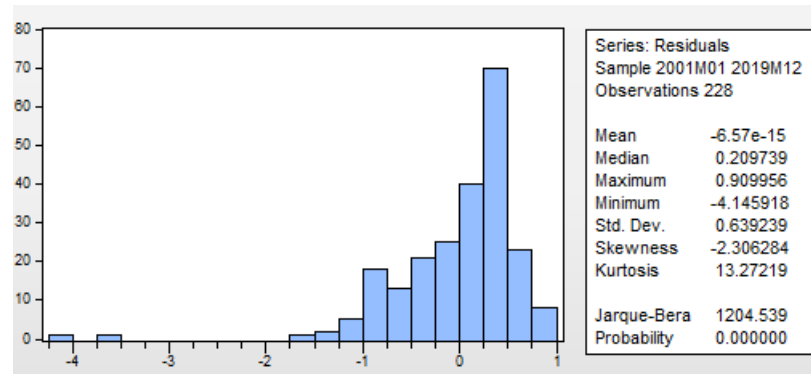
H_0 : Hata terimleri normal dağılmaktadır.

H_1 : Hata terimleri normal dağılmamaktadır.

Modelin Jarque-Bera testi sonucunda hesaplanan olasılık değeri kritik değer olarak kabul gören 0,05 değerinden küçük çıkması durumunda hata terimlerinin normal dağıldığını savunan H_0 hipotezi reddedilir, hata terimlerinin normal dağılım içinde olmadığını savunan H_1 hipotezi ise kabul edilmiş olur. Başka bir anlatımla normal dağılımın olmadığı yorumu yapılır. Olasılık değerinin kritik değerden yüksek çıkması durumunda ise H_0 kabul edilerek, H_1 reddedilir. Ve hata terimlerinin normal dağıldığı ifade edilir.

Modelimize ilişkin Jarque-Bera test sonucu ise aşağıdaki gibidir;

Şekil 57: Jarque-Bera Test Sonucu



Modelin Jarque-Bera test çıktısı incelendiğinde test olasılık değerinin kritik değerden küçük olduğu ($0.000000 < 0.05$) gözlemlenmiştir. Gözlem neticesinde normal dağılımın bulunmadığı sonucuna varılmış ve H_0 hipotezi reddedilerek H_1 hipotezi kabul edilmiştir.

4.5.3.2. Modelde Bulunan Değişkenlerin Durağanlıklarının Sınanması

Zaman serilerinde durağanlığın test edilmesi için Dickey ve Fuller DF birim kök testini geliştirmişlerdir. En küçük kareler tahmin yöntemini baz alan DF testi $\gamma = 0$ hipotezi için birim kök testi uygulamakta ve hesaplanan t istatistik değeri sonucuna göre karar vermeyi mümkün kılmaktadır. $H_0 : \gamma = 0$ şeklinde kurulan sıfır hipotezinin red edilmesi durumunda, durağanlık ve $H_1 : \gamma < 0$ alternatif hipotezinin kabulünü sağlayacak yönde kanıtlar sunmaktadır. Sıfır hipotezinin reddedilmemesi durumunda serinin birim kök içerdiği sonucundan bahsedilebilmektedir (ÖZCAN & ARI, 2013, s. 110).

Seri durağanlığının sınanması için geliştirilen bir diğer birim kök testi ise Phillip-Peron testidir. Bu birim kök testinde nonparametrik düzeltmeler mevcuttur. Test için belirlenen denklem;

$$\Delta y_t = a y_{t-1} + x_t' \delta + \varepsilon_t$$

Şeklinde olup, $a = p-1$, x_t sabit ya da sabit ve trendi ifade eden birleşimi göstermektedir. Phillip-Peron test istatistiğinin hesaplanması sürecinde nonparametrik düzeltmelerin yapılması gerekliliğinden dolayı otokorelasyon, test istatistiğinin asimptotik dağılımı üzerinde herhangi bir etkiye sahip değildir. Test istatistiği aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$\hat{t}_a = t_a \left(\frac{\gamma_0}{f_0} \right)^{-1/2} - \frac{T(f_0 - \gamma_0)(s_e(\alpha))}{\alpha f_0^{1/2} s}$$

Formüldeki $s_e(a)$ ibaresi katsayı standart hatasını, s denklemin standart hatasını, T gözlem sayısını, γ_0 hata varyansının tutarlı tahmini, f_0 ise sıfır frekanstaki artık spektrumunun tahmincisini ifade etmektedir. Phillip-Peron testinde oluşturulan temel hipotez birim kök varlığının bulunduğu şeklindedir. Hipotezler

$H_0 : a = 0$ ile $H_1 : a < 0$ şeklinde kurularak test istatistiğinin asimptotik dağılımı ADF testi ile aynı yapıda olmaktadır. Bu nedenle elde edilen test istatistiği McKinnon kritik değerleri ile karşılaştırılır (ÇAĞLAYAN & SAÇAKLI, 2006, s. 124).

Modelimizde kullanılan değişkenlerin durağanlıklarının sınanması AugmentedDickey-Fuller (ADF) ve Phillip-Peron (PP) birim kök testleri ile sınanmış olup gecikme uzunlukları EvIEWS 8 paket programı tarafından Schwarz Bilgi Kriterine göre otomatik olarak belirlenmiştir. LOGPETROL ve LOGITHLKMR değişkenlikleri ön sına sonucunda durağan bulunmamış, bu durumun düzeltilmesi için trendden arındırılarak birim kök testlerine tabi tutulmuşlardır.

Tablo 14: ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Anlamlılık Düzeyi	Birim Kök Seviyesi			
		t-İstatistiği	Sabitli Olasılık	t-İstatistiği	Sabitli ve Trendli Olasılık
LOGDTD	ADF Test t-İstatistiği	-4.04477	0.0016***	-4.390668	0.0027***
	%1	-3.459101		-3.998997	
	%5	-2.874086		-3.429795	
	%10	-2.573533		-3.138397	
LOGDGLGZ	ADF Test t-İstatistiği	-3.300067	0.0160**	-3.554473	0.0362**
	%1	-3.459101		-3.998997	
	%5	-2.874086		-3.429745	
	%10	-2.573533		-3.138397	
DTRENDLOGPETROL	ADF Test t-İstatistiği	-3.752963	0.0039***	-3.744504	0.0214**
	%1	-3.459101		-3.998997	

	%5	-2.874086		-3.429745	
	%10	-2.573533		-3.138397	
DTRENDLOGITHLKMR	ADF Test t-İstatistiği	-3.691135	0.0048***	-3.681242	0.0256**
	%1	-3.459101		-3.998997	
	%5	-2.874026		-3.429745	
	%10	-2.573533		-3.138397	
Not: *** işareti %1, ** işareti %5, * işareti %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.					

Modelde yer alan değişkenlerin ADF birim kök testine göre: LOGDTD, DTRENDLOGPETROL, DTRENDLOGITHLKMR değişkenleri sabitli modelde %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde anlamlı olurken LOGDGLGZ değişkeni sabitli modelde %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde anlamlı bulunmuştur. Değişkenlerin sabitli ve trendli modelde ADF sonuçları ise LOGDTD değişkeni hariç diğer değişkenlerin hepsi %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı bulunurken LOGDTD değişkeni %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinin hepsinde anlamlı bulunmuştur.

Tablo 15: PP Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken	Anlamlılık Düzeyi	Birim Kök Seviyesi			
		Düz. t-İstatistiği	Sabitli Olasılık	Düz. t-İstatistiği	Sabitli ve Trendli Olasılık
LOGDTD	PP Test t-İstatistiği	-3.652578	0.0055***	-4.332600	0.0034***
	%1	-3.459101		-3.998997	
	%5	-2.874086		-3.429745	
	%10	-2.573533		-3.138397	
LOGDGLGZ	PP Test t-İstatistiği	-3.435433	0.0107**	-3.802809	0.0181**
	%1	-3.459101		-3.998997	
	%5	-2.874086		-3.429745	

	%10	-2.573533		-3.138397	
DTRENDLOGPETROL	PP Test t-İstatistiği	-3.752963	0.0039***	-3.744504	0.0214**
	%1	-3.459101		-3.998997	
	%5	-2.874086		-3.429745	
	%10	-2.573533		-3.138397	
DTRENDLOGITHLKMR	PP Test t-İstatistiği	-3.684597	0.0049***	-3.630142	0.0295**
	%1	-3.459101		-3.998997	
	%5	-2.874086		-3.429745	
	%10	-2.573533		-3.138397	
Not: *** işareti %1, ** işareti %5, * işareti %10 anlamlılık düzeyini göstermektedir.					

Değişkenlerin sabitli modelde PP birim kök testi sonuçları incelendiğinde LOGDTD, DTRENDLOGPETROL ve DTRENDLOGITHLKMR değişkenlerinin %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerinde anlamlı olduğu görülmüş, LOGDGLGZ değişkeninin ise %5 ve %10 anlamlılık düzeyine sahip olduğu anlaşılmıştır. Sabitli ve trendli modelde sonuçlar yorumlandığı zaman LOGDGLGZ, DTRENDLOGPETROL, DTRENDLOGITHLKMR değişkenlerinin %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı olduğu saptanmış, LOGDTD değişkeninin ise %1, %5 ve %10 düzeylerinde anlamlı olduğu izlenmiştir. Bu durumda gerek ADF gerekse PP birim kök testleri ile incelenen değişkenleri hem sabitli hem de sabitli ve trendli modelde durağan olduklarına kanaat getirilmiş ve her iki testte de serilerin durağan olmadığını ifade eden H_0 hipotezi reddedilmiştir.

4.5.3.3. Modelde Çoklu Doğrusal Bağlılığın Sınanması

Modelde bulunan bağımsız değişkenler arasında güçlü bir ilişki varlığının olması durumuna bağlantı ya da çoklu doğrusal bağlantı adı verilmektedir. Regresyon analizi için istenmeyen bir durum olmakla birlikte var olası durumunda regresyon katsayılarının ve bu katsayıların standart hatalarının anlamsız ve sossuz olmasına, modelin R^2 'nin yüksek olmasına karşı değişkenlerden hiç birinin veya çok azının t istatistiğine göre anlamlı olmasına, modelde bulunan bağımsız

değişkenlerin bağımlı değişkenle olan ilişkilerinin yönü beklenen kuramsal veya ampirik sonuçlar ile çelişkili olabilmektedir (ALBAYRAK, 2005, s. 109).

Çoklu doğrusal bağlantının saptanması için kullanılan yöntemlerden bir tanesi varyans artış faktörü (Variance Inflation Factor) başka bir değişle VIF testidir. VIF bir bağımsız değişkenin başka bir bağımsız değişkenle olan ilişkisinin derecesinin belirlenmesi için hesaplanmaktadır. VIF değerinin 10'a eşit veya 10'dan büyük olması durumunda çoklu doğrusal bağlantıdan bahsetmek mümkün olacaktır (BÜYÜKUYSAL & ÖZ, 2016, s. 111). Çoklu doğrusal bağlantı sorunun saptanabilmesi için incelenen modelde kaç adet bağımsız değişken mevcut ise o kadar VIF değeri hesaplanması gerekmektedir. VIF istatistiği;

$$VIF(X_1) = \frac{1}{(1 - R_i^2)}$$

Denklemleri ile hesaplanmaktadır. Denklemlerde yer alan R_i^2 ifadesi incelenen modelde bulunan her bir bağımsız değişkenin sırasıyla bağımlı değişken ve diğer bağımsız değişkenlerinde değişkeni olduğu regresyon modelinin tahmini sonucunda bulunan belirtme katsayılarıdır (GAZİBEY, TÜREN, & GÖKMEN, 2012, s. 186).

Çalışmadaki modelde çoklu doğrusal bağlantı sorunun olup olmadığı VIF testi ile sınanmış olup sonuçları aşağıdaki gibidir;

Tablo 16: Değişkenlere Ait Varyans Artırıcı Faktör Değerleri

Değişken	R ²	VIF Değeri
LOGDGLGZ	0.014610	2.127256
DTRENDLOGPETROL	0.006966	1.799656
DTRENDLOGITHLKMR	0.008867	1.755850

Yapılan test sonucunda modelde kullanılan bağımsız değişkenlerin hepsinin VIF değerlerinin belirlenen VIF kritik değerinin altında olduğu görülmüş olup modelde herhangi bir çoklu doğrusal bağlantı sorununa rastlanmamıştır.

4.5.3.4. Modele İlişkin Değişen Varyans Varsayımının Sınanması

En küçük kareler yönteminin temel varsayımlarından bir tanesi de sabit varyans varsayımdır. En küçük kareler yöntemi bağımsız değişkenlere ait birim değerlerin değişirken bağımlı değişkene ait birim değerlerine ait olan varyansın değişmeyip sabit kalacağını varsaymaktadır. Bu duruma sabit varyans (homoscedasticity) denmekte olup, başka bir anlatımla hata terimi varyansının bağımsız değişkende değişmelerden etkilenmemesi durumudur. Hata terimi varyansının sabit kalmaması durumuna ise değişen varyans (heteroscedasticity) adı verilmekte ve regresyon analizinde istenmeyen bir durumu ifade etmektedir. Değişen varyans sorunun zaman, kesit ve panel verilerinde oluşabilmekle beraber genel olarak kesit verilerinde görülmektedir (ALBAYRAK, 2005, s. 113).

Değişen varyans sorunun saptanmasında kullanılan yöntemlerden bir tanesi Breusch-Pagan-Godfrey Testidir. BPG testi ile modellerdeki hata terimi varyansı;

$$\sigma^2 = f(\alpha_1 + \alpha_2 Z_2 + \dots + \alpha_p Z_p)$$

Şeklinde hesaplanmaktadır. Modelde yer alan Z değişen varyansın bulunduğu tahmin edilen bağımsız değişkenleri ifade etmektedir. BPG modeline ilişkin kurulacak hipotezler:

$H_0: a_2 = a_3 = \dots = a_p = 0$: Heteroskedasite yoktur.

$H_1: a_2 \neq a_3 \neq \dots \neq a_p \neq 0$: Heteroskedasite vardır, olarak kurulur.

BPG testi sonucunda hesaplanan istatistik değerin kirit değeri olarak tanımlanan 0.05 değerinden küçük olması durumunda modelde değişken varyans sıklıntısının bulunmadığını anlatan H_0 hipotezi reddedilir ve alternatif hipotez olan H_1 hipotezi kabul edilir. Başka bir deyişle modelde değişken varyan bulunduğuyorumu yapılmış olur. Hesaplanan olasılık değerin ise kritik değerdenden yüksek çıkması durumunda ise modelde değişken varyans bulunmadığını ifade eden H_0 hipotezi kabul edilerek H_1 hipotezi reddedilir (İNANÇ, 2019, s. 63).

Çalışmadaki modele ilişkin Breusch-Pagan-Godfrey testi sonucu aşağıdaki gibidir;

Tablo 17: Modele İlişkin Breusch-Pagan-Godfrey Testi sonuçları

F-statistic	0.691975	Prob. F (3,224)	0.5578
Obs*R-squared	2.093594	Prob. Chi-Square(3)	0.5532
Scaled explained SS	11.82900	Prob. Chi-Square(3)	0.0080

Modele ilişkin değişen varyans sorunun olup olmadığı BPG testi ile sınanmış ve gerek F istatistik değeri (0,0578) gerekse R^2 olasılık değeri (0,5532) kritik değeri olarak kabul edilen 0,05 değerinden yüksek çıkmıştır. Bu bağlamda değişken varyans sorunun olmadığını ifade eden H_0 hipotezi kabul edilerek, değişken varyans bulunduğunu anlatan H_1 alternatif hipotezi reddedilmiştir. Başka bir anlatımla modelde Değişken varyans sorunu gözlemlenmemiştir.

Modelde değişken varyans olup olmadığının belirlenmesini sağlayan bir diğer yöntem ise White testidir. White testinin uygulanması için normallik varsayımına dayanmayan yardımcı bir regresyon modelinin kurulması gerekmektedir. Modelin belirlenmesinden sonra en küçük kareler tahminlerinden artıklar saptanır, elde edilen artıkların karelerinin bağımlı değişken ile bağımsız değişkenlerin ve kendilerinin, karelerinin bir de çarpımlarının bağımsız değişken

olduğu yardımcı bir regresyon modeli oluşturulur (ÇELİK, 2012, s. 12,13). Kurulan model,

$$Y_i = \beta_1 + \beta_2 X_i + \dots + \beta_k X_{ik} + \varepsilon_i$$

Olmak üzere oluşturulacak yardımcı regresyon modeli ise,

$$e_i^2 = a_1 + a_2 X_{2i} + \dots + a_k X_{ik} + \gamma_1 X_{i2}^2 + \gamma_2 X_{i3}^2 + \dots + \gamma_k X_k^2 + \delta_1 X_{i2} X_{i3} + \delta_k X_{i2} X_{ik} + \theta_1 X_{i3} X_{i4} + \dots + v_t$$

Şeklinde kurulacaktır (GÜRİŞ , ÇAĞLAYAN, & GÜRİŞ, 2013, s. 257). Test istatistiği yorumu BPG testindeki gibi olup hesaplanan olasılık değerinin kritik değerden (0,05) büyük çıkması durumunda değişken varyans bulunduğunu ifade eden hipotez reddedilecek ve modelde değişken varyansın olmadığını ifade eden hipotez ise kabul edilecektir. Bu bağlamda kurulan hipotezler aşağıdaki gibi olacaktır.

$H_0: a_2 = a_3 = \dots = a_p = 0$: Heteroskedasite yoktur.

$H_1: a_2 \neq a_3 \neq \dots \neq a_p \neq 0$: Heteroskedasite vardır, olarak kurulur.

Çalışmada kullanılan modelde değişken varyans olup olmadığının sınanması White testiyle de yapılmış olup sonuçlar tablo 18'deki gibidir.

Tablo 18: Modele İlişkin White Testi Sonuçları

F-statistic	1.725056	Prob. F(9,218)	0.0847
Obs*R-squared	15.15815	Prob. Chi-Square(9)	0.0867
Scaled explained SS	85.64499	Prob. Chi-Square(9)	0.0000

Modelde değişken varyansın bulunup bulunmadığı konusunda bir sınamada White testi ile gerçekleştirilmiş olup, hesaplanan $F(0,0847)$ ve $R^2(0,0867)$ olasılık değerleri kritik değer olarak kabul edilen 0,05 değerinden büyük çıkmıştır. Bu sonuca istinaden modelde değişken varyans bulunmadığını ifade eden H_0 hipotezi kabul edilmiş, modelde değişken varyans olduğunu savunan alternatif hipotez olan H_1 hipotezi reddedilmiştir.

4.5.3.5. Model’de Otokorelasyon Varsayımının Sınanması

Regresyon analizinin varsayımlarından bir tanesi de hata terimleri arasında bir ilişkinin bulunmaması durumudur. Hata terimleri arasında ilişki bulunması durumunda otokorelasyon sorunu ortaya çıkmaktadır (YAVUZ S. , 2009, s. 126). Otokorelasyon sorunu regresyon analizinde istenmeyen bir durum olarak değerlendirilmektedir ve bulunması durumunda çözümlenmesi gerekmektedir (İNANÇ, 2019, s. 66). Otokorelasyon sorunun saptanması açısından farklı testler mevcut olmakla birlikte modelimizde otokorelasyonun saptanması için Breusch-Godfrey LM testi uygulanacaktır.

Breusch-Godfrey LM testinin uygulanabilmesi için orijinal denklemde bulunan gecikmeli bağımlı değişkenin bağımsız değişkenler içerisinde bulunması gerekmektedir. Testin yapılabilmesi için orijinal denklem artıkları bulunarak, bulunan artıkların bağımlı değişken olduğu orijinal denklemdeki bağımsız değişken ve gecikmeli hata teriminin bağımsız değişken olarak bulunduğu farklı bir model oluşturulması gerekmektedir. Orijinal denklemin yerine oluşturulan yeni model aşağıdaki gibidir;

$$\hat{u}_t = \beta_1 + \beta_2 \beta_{t2} + \dots + \beta_k X_{tk} + \rho_1 u_{t-1} + \rho_2 u_{t-2} + \dots + \rho_p u_{t-p} + \varepsilon_t$$

Yukarıda modelde bulunan ‘ ρ_p ’ P ’inci dereceden otokorelasyonun test edileceği anlamını taşımaktadır (GÜRİŞ , ÇAĞLAYAN, & GÜRİŞ, 2013, s. 224). BGLM testinin hesaplanan olasılık değerinin kritik değer olarak kabul edilen 0.05

değerinden küçük çıkması durumunda modelde otokorelasyon sorununun bulunmadığını ifade eden hipotez reddedilip, otokorelasyon sorunun varlığını savunan alternatif hipotez kabul edilmektedir. Bu kapsamda kurulacak olan hipotezler şu şekilde olacaktır;

$H_0 : \rho_\rho = 0$ Otokorelasyon yoktur.

$H_0 : \rho_\rho \neq 0$ Otokorelasyon vardır.

Yukarıdaki bilgiler ışığında modelimize Breusch-Godfrey LM testi uyguladığımızda sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Tablo 19: Modele İlişkin Breusch-Godfrey LM Testi Sonucu

F-statistic	322.8131	Prob.F(1,223)	0.0000
Obs*R-squared	134.8472	Prob. Chi-Square(1)	0.0000

Modelde otokorelasyon sorunun saptanmasına yönelik olarak yapılan BGLM testi sonucunda hesaplan F (0.0000) olasılık değeri de gözlemlenen R^2 (0.0000) olasılık değeri de kritik değer olarak kabul edilen 0.05 değerinden düşük çıkmıştır. Bu bağlamda modelde otokorelasyon sorunun olmadığını ifade eden H_0 hipotezi reddedilerek modelde otokorelasyonun varlığını savunan H_1 alternatif hipotezi kabul edilmiştir. Modelde bulunan otokorelasyon sorunun giderilmesi için değişkenlerin birincil farkları alınarak oluşturulan model tekrardan teste tabi tutulmuş olup, sonuçları aşağıdaki gibidir;

Tablo 20: Otokorelasyonun Düzeltilmesi Sonrası Bruesch-Godfrey LM Testi Sonuçları

F-statistic	1.672255	Prob.F(1,222)	0.1973
-------------	----------	---------------	--------

Obs*R-squared	1.697134	Prob. Chi-Square(1)	0.1927
---------------	----------	---------------------	--------

Modelde bulunan otokorelasyon sorunun giderilmesi amacıyla birincil farkları alınan değişkenler ile oluşturulan modelin Breusch-Godfrey LM testi sonuçlarını incelediğimizde, hesaplanan F (0.1973) olasılık değeri ile gözlemlenen R^2 olasılık değerinin kritik değer olarak kabul edilen 0.05 değerinden yüksek çıktığı görülmektedir. Bu kapsamda modelde otokorelasyon sorunun olmadığını ifade eden H_0 hipotezi kabul edilmiş, modelde otokorelasyon varlığını savunan H_1 alternatif hipotezi reddedilmiştir. Model otokorelasyon sorunundan arındırılmıştır.

4.5.3.6. Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi Sonuçları

Regresyon analizi bir bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkinin olup olmadığını sınanması ve tahmin edilmesi için kullanılan istatistiksel bir denklemdir (PARMAKSIZ, 2019, s. 4). Çalışmamızda ülkede gerçekleştirilen ithal kaynaklı elektrik üretiminin dış ticaret dengesi üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunup bulunmadığı çoklu doğrusal regresyon analizi modeli oluşturularak en küçük kareler yöntemi ile sınanmaya çalışılmış olup, varsayımların sağlanması yukarıdaki bilgiler çerçevesinde gerçekleştirilmiş ve model ile hipotezleri aşağıdaki gibi kurulmuştur.

$$LOGDTDFARK_t = \beta_0 + \beta_1 LOGDGLGZFARK_{t1} + \beta_2 DTRENDLOGPETROLFARK_{t2} + \beta_3 DTRENDLOGITHLKMR_{t3} + u_t$$

Hipotezler:

H_0 : Doğalgaz kaynaklı elektrik üretimi ile dış ticaret dengesi arasında ilişki yoktur.

H_1 : Doğalgaz kaynaklı elektrik üretimi ile dış ticaret dengesi arasında ilişki vardır.

H_0 : Petrol kaynaklı elektrik üretimi ile dış ticaret dengesi arasında ilişki yoktur.

H_1 : Petrol kaynaklı elektrik üretimi ile dış ticaret dengesi arasında ilişki vardır.

H_0 : İthal kömür kaynaklı elektrik üretimi ile dış ticaret dengesi arasında ilişki yoktur.

H_1 : İthal kömür kaynaklı elektrik üretimi ile dış ticaret dengesi arasında ilişki vardır.

Model ve değişkenlerin anlamlılığının sınındığı regresyon anali sonuçları aşağıdaki gibidir;

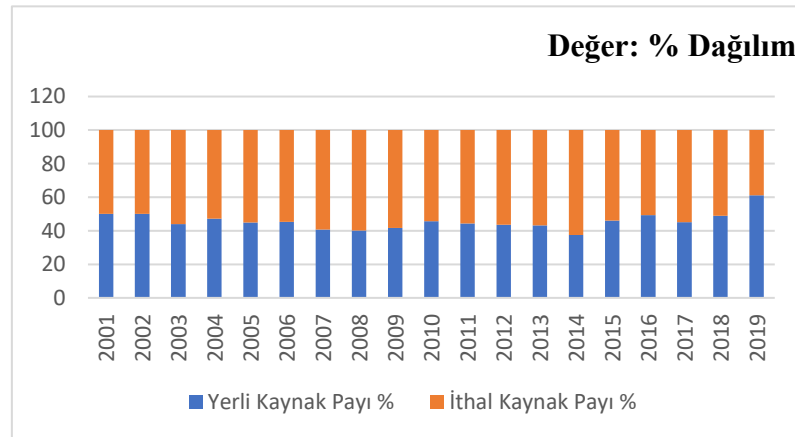
Bağımlı Değişken: LOGDTDFARK				
Yöntem: En Küçük Kareler				
Örneklem: 2001M02-2019M12				
Dahil Edilen Gözlem Sayısı: 227				
Değişkenler	Katsayı	Std. Hata	t- İstatistiği	Olasılık
LOGDGLGZFARK	0.395189	0.165066	2.394119	0.0175
DTRENDLOGPETROLFARK	0.004553	0.098337	0.046299	0.9631
DTRENDLOGITHLKMRFARK	-0.222431	0.111402	-1.996650	0.0471
C	0.003394	0.025710	0.132007	0.8951
R-Kare	0.033509	Bağımlı Değişken Ort.	0.004113	
Düzeltilmiş R-Kare	0.020506	Bağımlı Değişken std. sap.	0.391374	

Regresyon at. Hatası	0.387340	Akaike Bilgi Kriteri	0.958438
Hata Kareleri Toplamı	33.45725	Schwarz Kriteri	1.018789
Log Olabilirlik	-104.7827	Hannan-Quinn Kriteri	0.982791
F-İstatistiği	2.577156	Durbin-Watson İstatistiği	2.143167
Olasılık(F-İstatistiği)	0.054617		

Çalışmaya ilişkin çoklu doğrusal regresyon analizi sonuçları incelendiğinde, modelin F-istatistik değeri 2,57 olarak gözlemlenmiş olup, modelin açıklama gücünü ifade eden R^2 değeri 0.03 gibi çok düşük bir değer olarak bulunmuştur. F olasılık değeri ise 0.054617 olarak hesaplanmış ve bu değer kritik değer olarak kabul edilen 0.05 değerinden yüksek ($0.054617 > 0.05$) çıkmıştır. Bu sonuç kapsamında modelin ve sonuçların genel olarak anlamlı olmadığı kanaatine varılmıştır. Model anlamsızlığının sorgulanıp desteklenmesi için TÜİK, TEİAŞ ve Uluslararası Enerji Ajansı verileri kullanılarak durum değerlendirmesi yapılmıştır.

Ülkede gerçekleştirilen elektrik üretiminin %50'den fazlası ithal edilen kaynaklarla sağlanmış olup çalışmamızın örneklem aralığını oluşturan 2001-2019 yılları arasındaki seyri şekil 58'deki gibidir.

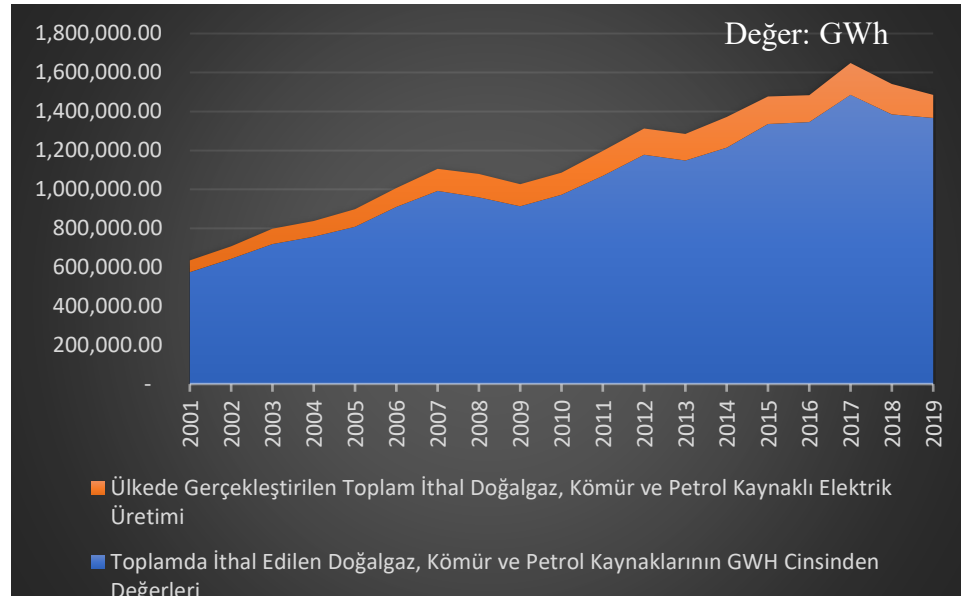
Şekil 58: 2001-2019 Yılları Arasında Ülkede Gerçekleşen Elektrik Üretimi İçerisinde Yerli ve İthal Kaynakların Dağılımı



Kaynak: (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, 2020)

2001-2019 yılları arasında ülkede gerçekleştirilen elektrik üretiminde yerli ve yabancı kaynakların üretim içerisindeki yerini TEİAŞ verilerince incelendiğinde genel olarak yabancı kaynakların ağır bastığı görülmekte olup yerli kaynaklı üretim sadece 2001 (%50,1) ve 2019 (%61,2) yıllarında yabancı kaynaklı üretimi geçmiştir. Bu çerçevede ilgili yıllar içerisinde ülkede gerçekleşen elektrik üretiminde ortalama olarak %54,26 oranında bir dışa bağımlılık gözlemlenmiştir. Bu durumun toplam enerji ithalatını ifade eden fasıl 27 ve dış ticaret dengesinin negatif kısmını oluşturan toplam ithalat üzerindeki etkisinin ölçülmesi amacıyla, ilgili yıllar arasında uluslararası enerji ajansı verilerince ülkenin ithal ettiği Tj cinsinden doğalgaz, Ktoe cinsinden kömür ve Kt cinsinden petrol, ithalat değerlerini ülkedeki elektrik üretimini ifade eden GWh birimine dönüştürdüğümüzde elde ettiğimiz veri setini TEİAŞ'tan tedarik edilen ithal kömür, doğalgaz ve petrol ürünleri ile gerçekleşen toplam yıllık elektrik üretim rakamlarına oranladığımızda sonuç şekil 59'daki gibi bulunmuştur.

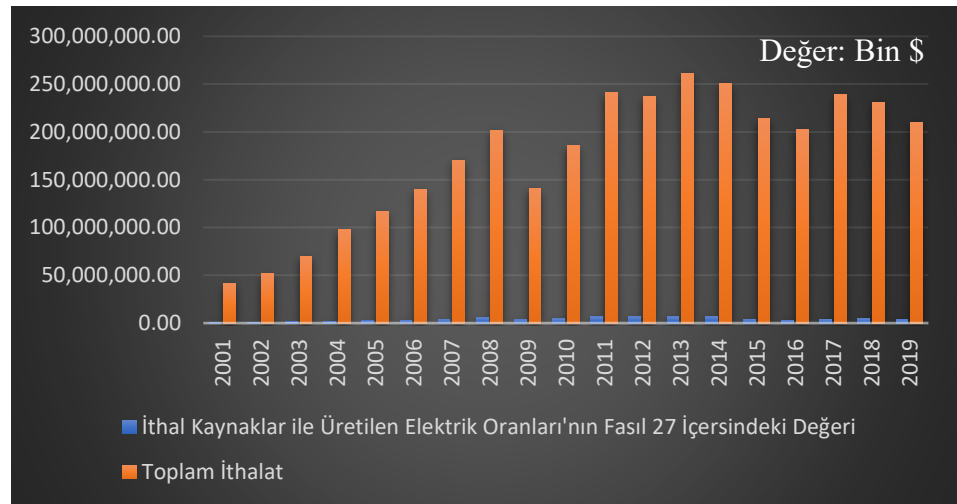
Şekil 59: İthal Kaynaklı Toplam Elektrik Üretiminin Toplam Enerji İthalatı İçerisindeki Yeri



Kaynak: (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, Uluslararası Enerji Ajansı , 2020)

Gözleme alınan yıllar arasında ülkede gerçekleştirilen ithal kaynaklı elektrik üretim oranları incelendiğinde, toplam enerji ithalatı içerisinde ithal kaynaklı elektrik üretimi ortalama olarak %11,15 oranına denk gelmektedir. İlgili yıllar arasında ülkede gerçekleşen toplam enerji ithalat değerlerini anlamak için Türk Gümrük Tarife Cetvelinin Fasıl 27 kalem tutarlarını incelediğimizde 2001 ile 2019 yılları arasında ortalama yıllık enerji ithalat değerinin 34 milyar 508 milyon 104 bin dolar değerinde olduğu saptanmış olup, belirlenen tutar içerisinde enerji ithalatı içerisinde ithal kaynaklı ortalama yıllık elektrik üretimine giden kaynak miktarını ifade eden %11,15 oranının ilgili yıllar arasındaki ortalama enerji ithalat değerinin 3 milyar 847 milyon 653 bin dolarlık kısmını oluşturduğu anlaşılmıştır. Belirlenen yıllar arasında ülkede ithal kaynaklarla üretilen elektrik oranlarının fasıl 27 içerisindeki değerleri toplam ithalat değerleri ile karşılaştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 60: İthal Kaynaklı Toplam Elektrik Üretiminin Toplam İthalat İçerisindeki Yeri



Kaynak: (Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, 2020)

TÜİK verileri baz alınarak 2001 ile 2019 yılları arasında ülkede gerçekleşen ortalama yıllık ithalat tutarı 173 milyar 684 milyon 106 bin olarak hesaplanmış ve ortalama yıllık ithal kaynaklı elektrik üretim değeri olarak belirlenen 3 milyar 847 milyon 653 bin doların, toplam ortalama yıllık ithalat

tutarının %2,21'lik kısmına denk geldiği anlaşılmış olup, Ülkede gerçekleştirilen ithal kaynaklı elektrik üretiminin Dış ticaret dengesi üzerinde etki yaratabilecek seviyede bulunan bir unsur olarak değerlendirilemeyeceği kanaatine varılmıştır.

Bu bağlamda tezde kullanılan çoklu doğrusal regresyon analizi sonucunun anlamsızlığı uygun bulunmakla birlik TÜİK, TEİAŞ ve Uluslararası Enerji Ajansı verilerine göre regresyon sonucu araştırılarak elde edilen bulgular çerçevesinde desteklenmiştir.

SONUÇ

Elektrik enerjisi geleceğin ve günümüz dünyasının her alanına kendisini kabul ettirmeyi başarmış bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Hane halkı ihtiyaçlarının karşılanmasından ulusal güvenliğe kadar her alanda aktif ve kesintisiz olarak kullanılan kritik bir kaynak olan elektrik enerjisinin tüketimi gün geçtikçe artmaktadır. Bunu temel nedeni olarak ülkelerin artan nüfuslarının, büyüme amaçlarının ve oranlarının yanı sıra insan hayatına hızlı bir şekilde giren ve sürekli olarak kendisini yenileyerek hayatın vazgeçilmez bir değişkeni haline gelen teknolojiye bağımlılık gösterilebilir. Hukuki olarak neredeyse dünyanın her yerinde iktisadi bir mal olarak kabul gören elektrik enerjisi, doğada tek başına bulunmayan ve başka enerji kaynaklarının dönüşüme uğratılması ile elde edilen bir enerji türü olmasının yanında stok edilememesi ve üretilirken tüketilmesi bakımından alışla gelmiş iktisadi mallardan daha farklı bir durumdadır. Elektrik enerjisinin yapısal özelliklerinden dolayı talebinin dikkatli bir şekilde hesaplanması ve nakil sırasında yaşanacak olan kayıpların da düşünülerek üretilmesi gerekmektedir. Her ne kadar gelişen teknoloji çerçevesinde yenilenebilir kaynaklarla üretim çeşitliliği artmış ve sürekli geliştiriliyor olsa da dünyada mevcut durumda genel üretimi konvansiyonel olarak da tanımlanan fosil bazlı yenilenemez kaynaklarla gerçekleştirilmektedir. Özellikle termik santraller ile nükleer santrallerin üretim bandındaki yeri son derece önemli bir konumdadır. Nadir olmakla birlikte nükleer elektrik üretiminde meydana gelebilecek herhangi bir olumsuz durumun telafisi mümkün olmayan sorunları beraberinde getirmesi bir

yana dursun termik üretim santrallerinin yapmış olduğu zararlı gaz emisyonları bile başlı başına çevresel yıkıma sebebiyet verebilmektedir. Bu durumun çevresel olumsuzluklarının göz ardı edilmesi durumunda dahi, fosil enerji kaynaklarından yoksun ülkeler için enerji arz güvenliğini tehlikeye sokması bile başlı başına ülkeler için ciddi bir sorun teşkil edebilmektedir.

Geçmişten günümüze kadar birçok dış ticaret teorisi üretilmiş ve ülkeler arasındaki ticaretin geliştirilmesi ile tarafların bulundukları konumdan daha iyi bir yere gelebilmeleri ve ülkelerin gelişim hızlarının arttırılması amaçlanmıştır. Özellikle sanayi devriminden sonra insan gücünün yerini makinaların almaya başlaması ile ticaret malları çeşitlenmeye ve daha çok enerji ürünleri ile sanayi mamullerine doğru yönelmeye başlamıştır. İlerleyen yıllar içersin de sanayi üretimleri çok hızlı bir şekilde gelişim göstererek yeni teknolojilerin doğmasına olanak sağlayarak yeni dünya düzeninin merkezine enerji kaynaklarını ve teknolojiyi getirmişlerdir. Mevcut dünya düzeni insanların ve doğal olarak ülkelerin enerji ihtiyaçlarının hiçbir zaman bitmeyeceğinin hatta artarak devam edeceğinin garantisini bizlere verirken, bu durum fosil enerji kaynakları bakımından az gelişmiş ülkelerin de dışa bağımlılıklarının artmasına neden olmaktadır. Bu durum ülkelerin dış ticaret dengelerinde olumsuz etkiler yaratarak ödemeler dengesinde açıklara neden olabileceği gibi ilerleyen durumlarda enerji arz güvenliğini de tehdit edebilmektedir.

Türkiye de enerji konusunda dışa bağımlılık sorunuyla mücadele eden bir ülke konumundadır. Bu durum Türkiye ekonomisi için dış ticaret bilançosu içerisinde ciddi bir yükü beraberinde getirmesinin yanında dış ticaret dengesini de olumsuz etkilemektedir. Türkiye de elektrik üretiminin araştırmaya dahil edilen yıllar arasından ortalama olarak %54,26'sının ithal kaynaklar ile gerçekleştirilmesi, ülkenin dış ticaret dengesinde olumsuz etki yaratabilecek bir seviyede olup olmadığı sorusunu akla getirmektedir. Bu bağlamda bu çalışmanın amacı da elektrik üretimi özelinde ithal edilen enerji kaynaklarının dış ticaret ve ödemeler dengesi açıklarına neden olup olmadığının incelenmesidir. Durumun açıklığa

kavuşturulması ve sınanması için 2001 ile 2019 yılları arasında ve aylık bazda olmak üzere; enerji ithalatını ifade eden fasıl 27 tutarları, toplam ithalat tutarları, dış ticaret dengesi rakamları ile ilgili yıllar arasında yine aylık bazda olmak üzere ithal kaynaklar ile gerçekleştirilmiş elektrik üretim rakamları kullanılarak, çoklu doğrusal regresyon modeli kurulmuş ve en küçük kareler yöntemi ile analiz edilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda ithal kaynaklı elektrik üretiminin dış ticaret dengesini etkileyebilecek bir seviyede olup olmadığının incelenmesi için kurulan modelde, modelin anlamlılığını ifade eden F olasılık değeri 0,054617 olarak hesaplanmış ve kritik değer olarak kabul edilen 0,05 ($0,054617 > 0,05$) değerinden yüksek çıkmıştır. Ayrıca modelin yapılan araştırmayı açıklama gücünü ifade eden R^2 değeri 0,03 gibi çok düşük bir değer olarak hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar neticesinde modelin istatistiksel olarak anlamsız olduğu sonucuna varılmış olup, anlamsızlığın sorgulanıp desteklenmesi için TÜİK, TEİAŞ ve Uluslararası Enerji Ajansı verileri incelenmiştir. İnceleme doğrultusunda 2001 ile 2019 yılları arasında ülkede gerçekleştirilen ithal kaynaklı elektrik üretiminin toplam enerji ithalatının %11,15'ine, toplam ithalatın ise %2,21'lik kısmına denk geldiği anlaşılmıştır. Bu doğrultuda ülkede gerçekleşen ithal kaynaklı elektrik üretiminin dış ticaret dengesini etkileyecek bir seviyede olmadığı sonucuna varılmış olup, modelin anlamsızlığı desteklenmiştir.

Araştırma 2001 ile 2019 yılları arasında ülkede gerçekleştirilen elektrik üretimi içerisinde kullanılan ithal kaynakların enerji ithalatı, toplam ithalat ve dış ticaret dengesi içerisindeki oranları ile buradan yola çıkılarak elde edilen ekonomik değerleri ile yapılmıştır. Ancak elektrik enerji üretiminde tek maliyet unsuru hammadde giderleri değildir. Konunun daha kapsamlı bir şekilde ele alınması açısından mevcut durumda ülkede kurulu ve aktif olarak faaliyetine devam eden yenilenebilir yahut yenilenemez enerji santrallerinin tüm maliyet unsurlarının belirlenmesi ve maliyetleri oluşturan kalemler arasında ithalata dayalı kalemlerin ayrıştırılarak ekonomik değerlerinin, araştırmanın yapıldığı zaman aralığındaki toplam ithalat değerleri içerisindeki oranlarının saptanması şeklinde yapılması tavsiye edilmektedir.

Elektrik enerjisinin öneminin sorgulanması günümüz ve gelecek için pek mümkün görünmemekle birlikte üretim yöntemlerinin çeşitliliği ve güvenilirliği de hiçbir koşulda göz ardı edilmemesi gereken bir konudur. Bu kapsamda elektrik enerjisi üretimi için kullanılan ithal kaynakların ülke ekonomisi açısından oluşturduğu maddi yükün yanı sıra, üretimde ithal kaynağa olan bağımlılığın arz güvenliğini tehlikeye sokması çok daha ciddi sorunları beraberinde getirme tehlikesini içerisinde barındırmaktadır. Bu nedenle elektrik enerji üretiminde yerli kaynakların mümkün olduğunca en verimli şekilde kullanılması son derece önemli bir husustur. Özellikle Türkiye gibi yenilenebilir enerji alanında yüksek üretim potansiyeline sahip ülkelerin, yenilenebilir enerji teknolojilerini milli kaynaklar ile üretime geçirmeleri ve bu teknolojilerin ülke enerji üretimi içerisindeki paylarını arttırmaları enerji arz güvenliklerini güçlendirirken yeni istihdam alanları ile iş kolları yaratmalarına olanak sağlamanın yanı sıra enerji ithalatının getirdiği ekonomik yükü de azaltacaktır.

Her ne kadar tez kapsamında, %54'lük kısmı ithal kaynaklar ile üretilen ülke elektrik enerjisinin dış ticaret açığında etki edebilecek bir güçte bulunmaması sonucuna ulaşılmış olsa dahi elektrik enerjisinin kritikliği göz önünde bulundurularak ithal girdi oranları tartışılmalıdır. Keza ilgili enerjinin arzında oluşabilecek aksamaların faturaları ciddi sonuçları beraberinde getirme riskini taşımaktadır.

KAYNAKÇA

AÇIL, F. (2020). *Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü; Dış Ticaret İşlemleri*. Ekim 20, 2020 tarihinde İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi WebSitesi:

http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/bankacilik_ve_sigortacilik_onlisans_ue/dis_tic_islemleri.pdf adresinden alındı

ADAK, M. (2020). *Uluslararası Ticaret ve Lojistik, Kitap; Auzeff*. Ekim 25, 2020 tarihinde İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi Web Sitesi:

http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/uluslararasıitvlojistikyonetimi_ao/disticaretegriris.pdf adresinden alındı

AĞÇAY, M. (2007, Haziran). Rüzgâr Elektrik Santralının Dezavantajları. *Türkiye'nin Elektrik Enerjisi Arz Talep Dengesinin Tespiti, Üretim Projeksiyonuna Yönelik Rüzgâr Elektrik Santrali Tasarımı RES'in Kurulum Maliyetlerinin ve Üretim Parametrelerinin Analizinin Matlab&simulink İle Yazılan Programda Yapılması*, 23. İstanbul, Türkiye: T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Eletronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü. Nisan 5, 2020 tarihinde alındı

AKANCA, M. A. (2017, Nisan). Güneş Enerji Sistemlerinin Avantaj ve Dezavantajları. *İller Bankası A.Ş. Bölge Müdürlüğü Binalarında Lisanssız Elektrik Üretimi ile Şebeke Bağlantılı (On- Grid) Sistem Uygulanabilirliğinin İncelenmesi: Konya Bölge Müdürlüğü Hizmet Binası İçin Örnek Proje Uygulaması*, 49-50. Türkiye: İller Bankası Anonim Şirketi. Nisan 7, 2020 tarihinde <https://www.ilbank.gov.tr/userfiles/files/uzmanliktezleri/14626.pdf> adresinden alındı

AKBAŞ, Ç. (2018). Brayton Çevrimi. *Çok Amaçlı Birleşik Güç Üretim Sisteminin Tasarımı, Performans ve Termodinamik Analizi*, 13. Isparta, Türkiye: T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı. Mart 16, 2020 tarihinde alındı

AKDENİZ, N. (2007). Materyal ve Yöntem. *Doğalgazlı Kojenerasyon Sisteminin Ekserjetik Analizi*, 29-39. Isparta, Türkiye: T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Mart 5, 2020 tarihinde alındı

AKSOY, N. (2019). Türkiye'de Jeotermal Kaynaklardan Elektrik Üretimi. *Jeotermal Enerji Semineri* (s. 15-24). İzmir: TMMOB Makina Mühendisleri Odası. Ekim 3, 2020 tarihinde <https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/jeotermal.pdf> adresinden alındı

AKTAŞ, N. (2017). Dış Ticaretin Tanımı. *Türk Dış Ticaret Sistemi ve Yapısının İncelenmesi*, 3. İstanbul, Türkiye: T.C. İstanbul Ticaret Üniversitesi Dış Ticaret Enstitüsü Uluslararası Ticaret Yüksek Lisans Programı. Ekim 20, 2020 tarihinde Dış Ticaret 3: <http://acikerisim.ticaret.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11467/2229/71445.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı

ALBAYRAK, A. S. (2005). Çoklu Doğrusal Bağlantı Halinde En Küçük Kareler Tekniğinin Alternatifi Yanlı Tahmin Teknikleri ve Bir Uygulama. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 105-126.

ALİOĞLU, O. (2010). Sıvı Yakıtlı Termik Santraller. *Türkiye Ekonomisinde Termik Santrallerin Yeri: Marmara Bölgesi Örneği*, 6. Çanakkale, Türkiye: T.C. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı. Mart 23, 2020 tarihinde alındı

ALİOĞLU, O. (2010). Türkiye Ekonomisinde Termik Santrallerin Yeri: Marmara Bölgesi Örneği. *Termik Santrallerin Çeşitleri ve Gelişimi*, 9. Çanakkale, Türkiye: T.C. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı. Şubat 28, 2020 tarihinde alındı

ALPDOĞAN, E. İ. (2009). Dalga Enerjisi. *Dalga Enerjisi ile Elektrik Üretiminin Teknik ve Ekonomik İncelenmesi*, 17. İstanbul, Türkiye: T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı. Ekim 14, 2020 tarihinde alındı

ARAT, B. (2006). Kojenerasyon Santralleri, Avantaj ve Dezavantajları. *Organize Sanayii Bölgelerinde Kojenerasyon Santralinin Yer Optimizasyonu*, 2-4. İstanbul, Türkiye: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Makinaları Programı. Mart 5, 2020 tarihinde alındı

ARICA, F. (2014). Uluslararası Ticareti Açıklamaya Yönelik Yeni ve Alternatif Teoriler. *Türkiye'nin Dış Ticaret Potansiyelinin Genişletilmiş Linder Hipotezi Çerçevesinde Değerlendirilmesi: Bir Panel Data Analizi*, 32-33. Çanakkale, Türkiye: T.C. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı. 11 Kasım, 2020 tarihinde <http://acikerisim.lib.comu.edu.tr:8080/xmlui/handle/COMU/1913> adresinden alındı

ARSLANTAŞ, M. E. (2019). Elektrik Üretiminde Jeotermal Kaynakların Kullanımı. *Türkiye'de Jeotermal Enerji Santrallerinin Ekonomi Açısından Fırsat Maliyetlerinin İncelenmesi*, 50-53. Ankara, Türkiye: Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Muhasebe Finansman Bilim Dalı. Ekim 5, 2020 tarihinde <http://openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11655/9023/10293529.pdf?sequence=1> adresinden alındı

ASLANTAŞ, A. (2018, Şubat). Biyoenerjinin Avantajları. *Dünya'da ve Türkiye'de Biyokütle Enerjisinin Kullanımı ve Potansiyeli*, 17-18. Konya, Türkiye: T.C. KTO Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı .

Ekim 2, 2020 tarihinde

[http://acikerisim.karatay.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.12498](http://acikerisim.karatay.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.12498/455/Ay%C5%9Fe%20Aslanta%C5%9F.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[/455/Ay%C5%9Fe%20Aslanta%C5%9F.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://acikerisim.karatay.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.12498/455/Ay%C5%9Fe%20Aslanta%C5%9F.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

adresinden alındı

ATALAY, Ö. (2004). Jeotermal Enerji ve Çevre. *Jeotermal Sistemlerin Ekserji Analizi: Kızıldere Örneği* , 46-54. Denizli, Türkiye: T.C. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.

Ekim 5, 2020 tarihinde

<http://acikerisim.pau.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11499/1234/%C3%96n>

[er%20Atalay.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://acikerisim.pau.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11499/1234/%C3%96ner%20Atalay.pdf?sequence=1&isAllowed=y) adresinden alındı

ATLAS, E. (2019). Ölçek Ekonomileri Teorsisi. *Türkiye-Brics Ülkeleri Dış Ticaretinin Sektörel Rekabet Gücü Analizi: (2008-2017) Dönemi Üzerine Bir Uygulama*, 13. Isparta, Türkiye: T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı. Kasım 11, 2020 tarihinde

<http://tez.sdu.edu.tr/Tezler/TS03108.pdf> adresinden alındı

ATLI, G. (2018, Haziran). Elektrik Enerjisi. *Kömür Yakıtlı Bir Enerji Santralının Enerji - Finansal Değerlendirilmesi Ve Zonguldak İli İçin Bir Uygulama*, 9.

Türkiye: İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü Enerji Bilim Ve

Teknoloji Ana Bilim Dalı Enerji Bilim Ve Teknoloji Programı. Aralık 23,

2019 tarihinde alındı

ATMACA, M. E. (2017). Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimi ve Projeksiyonu.

Finansal Optimizasyon Modellerinin Elektrik Piyasalarına Uygulanması ve

Geliştirilmesi, 54-58. Ankara, Türkiye: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler

Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı. Aralık 3, 2020 tarihinde alındı

AVCI, S. (2005). Türkiye'de Termik Santraller ve Çevresel Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*(13), 1-26. Şubat 28, 2020 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/272685829_TURKIYE'DE_TERMIK_SANTRALLER_VE_CEVRESEL_ETKILERI adresinden alındı

AYANOĞLU, T. (2000). Elektrik Kamu Hizmetinden Elektrik Piyasası Düzenlenmesine Doğru. *İdare Hukuku ve İlimleri Dergisi*, 13(1), 66-86. Ocak 28, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iuihid/issue/1246> adresinden alındı

AYDIN, F. F. (2010). Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(35), 317-340. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/66570#:~:text=Enerji%20ile%20ekonomik%20b%C3%BCy%C3%BCme%20aras%C4%B1nda,%24'l%C4%B1k%20katma%20de%C4%9Fer%20%C3%BCretir.> adresinden alındı

AYDINYÜZ, G. (2015, Ocak). Rüzgâr Enerjisinin Avantajları. *Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinlerinin Yapısal Analizi*, 8-9. İzmir, Türkiye: T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü. Nisan 5, 2020 tarihinde alındı

BAKAN, G. (2008). *Türkiye'de Çevresel Etki Değerlendime (ÇED) Uygulamalarına Çarpıcı Bir Örnek: Samsun Mobil (Termik) Santralleri*. Bildiriler Kitabı, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Samsun. Mart 2, 2020 tarihinde http://www.emo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=67145&tipi=2&sube=9 adresinden alındı

- BALTA, E. (2005). Eskişehir'de Çevre Sorunları. *Su Kirliliği*, 58. Ankara, Türkiye: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya (Fiziki Coğrafya) Anabilim Dalı. Mart 1, 2020 tarihinde alındı
- BAŞARAN, T. (2017). Doğalgaz Yakıtlı Santraller. M. M. TMMOB içinde, *Termik Santraller 2017* (s. 81). Ankara, Ankara, Türkiye: TMMOB, Makine Mühendisleri Odası. Mart 16, 2020 tarihinde alındı
- BAŞKURT, Z. M. (2017). Nükleer Santraller İçin Yer Belirleme Çalışmaları ve Temel Kriterler. *Nükleer Santraller İçin Yer Belirleme Kriterlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri İle değerlendirilmesi*, 32-41. Ankara, Türkiye: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geometri Mühendisliği AnaBilim Dalı. Mart 25, 2020 tarihinde alındı
- BAŞOĞLU, B. (2017). Nükleer Santraller. T. M. Odası içinde, *Termik Santraller 2017* (s. 107-113). Ankara, Türkiye: Makina Mühendisleri Odası. Mart 2020 tarihinde alındı
- BAYAR, A. A. (2012, Aralık). Heckscher-Ohlin-Samuelson Teorisinin Varsayımları. *Ticari Serbestlik Döneminde Gelir ve Ücret Eşitsizliği: Türkiye Örneği*, 48-49. İstanbul, Türkiye: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı. Kasım 1, 2020 tarihinde <https://polen.itu.edu.tr/xmlui/handle/11527/5025> adresinden alındı
- BAYRAKTUTAN, Y. (2003). Bilgi ve Uluslararası Ticaret Teorileri. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 4(2), 175-186. Kasım 5, 2020 tarihinde <http://eskidergi.cumhuriyet.edu.tr/makale/195.pdf> adresinden alındı

BAYRAMOĞLU, T. (2013). BE'nin Avantaj ve Dezavantajları. *Biyokütle Enerjisi ve Yerel Ekonomik Kalkınma TRAI Bölgesinde (Erzurum - Erzincan - Bayburt) Biyokütle Potansiyeli ve Ekonomik Etkileri Üzerine Bir Saha Araştırması*, 25-26. Erzurum, Türkiye: T.C. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı. Ekim 2, 2020 tarihinde alındı

BİCİL, İ. M. (2015). Türkiye Elektrik Piyasası. *Elektrik Piyasasında Fiyatlandırma ve Türkiye Elektrik Piyasasında Fiyat Tahmini*, 27-30. Balıkesir, Türkiye: T.C. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilimdalı. Ocak 15, 2020 tarihinde alındı

BOTAŞ. (2016). *2016 Sektör Raporu*. Dünyada Sektörün Görünümü. Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi. Kasım 16, 2020 tarihinde https://www.botas.gov.tr/uploads/galeri/5c6ded9d4cd5f20.02.2019sektora_p_2016.pdf adresinden alındı

BOZDEMİR, M. (2013). Hidroelektrik Enerji. *Hazneli Pompalı Hidroelektrik Santrallerin Türkiye Açısından Değerlendirilmesi ve Analizi*, 6. Bilecik, Türkiye: Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik - Elektronik Mühendisliği. Nisan 3, 2020 tarihinde <http://acikkaynak.bilecik.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11552/188/10002654.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı

BOZKURT, S., & TÜR, R. (2015). Dünyada ve Türkiye'de Hidroelektrik Enerji, Gelişimi ve Genel Değerlendirme. *4. Su Yapıları Sempozyumu* (s. 322-330). Antalya: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi. Nisan 4, 2020 tarihinde <https://drive.google.com/file/d/0B6w1kgkvTV4-YWQwWVJsd2RZQUk/view> adresinden alındı

BÜYÜKUYSAL, M. Ç., & ÖZ, İ. İ. (2016). Çoklu Doğrusal Bağntı Varlığında En Küçük Karelere Alternatif Yaklaşım: Ride Regresyon. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 110-114.

CARTER, C. (2014, Eylül 9). *This Day in History: Moneey Week*. Aralık 24, 2019 tarihinde Moneey Week Web Sitesi: <https://moneyweek.com/335672/4-september-1882-edison-lights-up-wall-street/> adresinden alındı

CEBECİ, S. (2017, Aralık). Fotovoltaik Teknolojisi. *Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretim Potansiyelinin Değerlendirilmesi*. Türkiye: T.C. Kalkınma Bakanlığı İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü. Nisan 7, 2020 tarihinde <http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/Seda-Cebeci.pdf> adresinden alındı

CRESSWELL, J. (2010, Kasım 29). *Oxford Dictionary of Word Origins*. Oxford University Press. Aralık 24, 2019 tarihinde Wikipedia Web Sitesi: https://books.google.com.tr/books?id=J4i3zV4vnBAC&pg=PA147&dq=%22de+magnete%22+%22electricus%22+%22electricity%22&hl=tr&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=%22de%20magnete%22%20%22electricus%22%20%22electricity%22&f=false adresinden alındı

ÇAĞLAYAN , E., & SAÇAKLI, İ. (2006, Nisan). Satın Alma Gücü Paritesinin Geçerliliğinin Sıfır Frekansta Spektrum Tahmincisine Dayanan Birim Kök Testleri ile İncelenmesi. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(1), 121-137.

ÇALIŞICI, M. Ü. (2005, Temmuz). Kojenerasyon Sistem ve Kapasite Seçimi. *Kojenerasyon Sistemleri ve Bir İşletmenin İhtiyacını Karşılacak Kojenerasyon Sisteminin Teknik ve Ekonomik Uygulanbirliği*, 37-46. Antakya, Türkiye: T.C. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı. Mart 5, 2020 tarihinde alındı

ÇELİK, R. (2012, Ocak). Değişen Varyanslılık. *Regresyon Çözümlemesinde Kelebek Dağılan Artıklar İçin Değişen Varyanslılık Sorunu ve Düzeltilmesi*, 12-13. İstanbul, Türkiye: T.C. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÇETİNTAŞ, H., & BİCİL, İ. M. (2015). Elektrik Piyasalarında Yeniden Yapılanma ve Türkiye Elektrik Piyasasında Yapısal Dönüşüm. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 2(2), 1-15. Ocak 15, 2020 tarihinde alındı

ÇİFTKAYA, B. (2010, Şubat). Konbine Çevrimli Santrallerin Çalışma Prensipleri. *Elektrik Üretiminde Kullanılan Gaz Türbinlerinin İncelenmesi ve Benzetimi*, 5-6. İstanbul, Türkiye: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı. Mart 19, 2020 tarihinde alındı

ÇOLAK, İ., & DEMİRTAŞ, M. (2008). Rüzgâr Enerjisinden Elektrik Üretiminin Türkiye'deki Gelişimi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 1(2), 55-62. Nisan 5, 2020 tarihinde alındı

DEMİR, M. (2013, Kasım). Enerji İthalatı Cari Açık İlişkisi Var Analizi ve Türkiye Üzerine Bir İnceleme. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*(9), 2-27. Kasım 16, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/180485> adresinden alındı

DEMİRÖZ, D. M. (2010). Faktör Donatım Teorisinin Grafiksel Gösterimi. *Uluslararası İktisat Teorisi*, 60-69. İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi. Kasım 4, 2020 tarihinde <http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/kok/uluslararasiiktisat.pdf> adresinden alındı

DEVİR, K. (2017). Elektrik piyasası Kavramı Ve Tarihsel Gelişimi . K. DEVİR içinde, *Türk Elektrik Piyasasının İşleyişi* (s. 35-40). Bursa, Türkiye: Dora Basım-Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Aralık 26, 2019 tarihinde alındı

DEVİR, K. (2017). *Hukuki Niteliği*. Bursa, Türkiye: Dora Basım Yayın Dağıtım Ltd. Şti.

DOĞAN, S., & ÇAĞLAR, Ü. (2010). Tercihlerde Benzerlik Teorisi. *Uluslararası İktisat*, 35. İstanbul, Türkiye: İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi. Kasım 11, 2020 tarihinde http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/maliye_ue/uluslararasiiktisat.pdf adresinden alındı

DPT. (2001). *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Raporu, Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu*. T.C. Devlet Planlama Teşkilatı, Elektrik Enerjisi ve Çevre. Ankara: T.C. Devlet Planlama Teşkilatı. Şubat 28, 2020 tarihinde http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/08_ElektrikEnerjisi.pdf adresinden alındı

DURA, C. (2000). Yeni Dış Ticaret Teorileri: Genel Bir Bakış. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(16), 1-16. Kasım 6, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/erciyesiibd/issue/38177/444606> adresinden alındı

DURGUT, T. (2014). Çalışma Prensibi. *Güneş Panel Sistemi İçin Farklı Bir Method Geliştirilmesi*, 4-7. Edirne, Türkiye: T.C. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı. Nisan 7, 2020 tarihinde alındı

DURMUŞ, A., & DAĞLI, A. (2018). Katı Atık Düzenli Depolama Sahalarında Depo Gazından Elektrik Üretimi Kayseri Örneği. *2 nd International Symposium*

on Innovative Approaches in Scientific Studies, (s. 1592-1595). Samsun. Eylül 30, 2020 tarihinde http://www.set-science.com/manage/uploads/ISAS2018-Winter_0039/SETSCI_ISAS2018-Winter_0039_00305.pdf adresinden alındı

Eijk, N. V. (2004). Universal Service, A New Look at an Old Concept: Broadband Access as a Universal Service in Europe. *Uluslararası Telekomünikasyon Derneği 15. Bienal Konferansı*, (s. 7). Berlin. Şubat 2, 2020 tarihinde https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1609880 adresinden alındı

ENER, Ö. (2006, Kasım). Kullanılan Yakıtlar. *Örnek Bir İşletmede Kojenerasyon Tesisi Uygulaması*, 19-22. Türkiye: Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı. Mart 5, 2020 tarihinde alındı

Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi. (2020). *Hakkımızda: EPIAŞ*. Ocak 16, 2020 tarihinde Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi Web Sitesi: <https://www.epias.com.tr/epias-kurumsal/hakkimizda/> adresinden alındı

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2019). *Tarihçe: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*. Aralık 31, 2019 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Web Sitesi: <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Tarihce> adresinden alındı

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2020). *Doğalgaz: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*. Kasım 18, 2020 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Web Sitesi: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-dogalgaz> adresinden alındı

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2020). *Petrol: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*. Kasım 18, 2020 tarihinde Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Web Sitesi: <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-petrol> adresinden alındı

ENGİN, E. (2013, Kasım). Ürün Dönemleri Teorisi. *Açıklanmış Karşılaştırmalı Üstünlükler Yaklaşımına Göre Türkiye Oluklu Mukavva Ambalaj Sektörünün Rekabet Gücü*, 27. İstanbul, Türkiye: T.C. İstanbul Kültür Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü . Kasım 10, 2020 tarihinde <https://acikerisim.iku.edu.tr/handle/11413/747> adresinden alındı

ERCAN, N., & NAKİBOĞLU, H. (1984, Kasım). *Elektrik Mühendisleri Odası: TMMOB*. Mart 1, 2020 tarihinde Türkiye Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Web Sitesi: http://www.emo.org.tr/yayinlar/dergi_goster.php?kodu=162&dergi=1?vhvqggtmwjjqgkln adresinden alındı

ERDOĞAN, E. (1998). Elektrik Trisi. *Mehmet Refik Ve Yirminci Yüzyıl Türkiye'sindeki Elektrik Çalışmaları (Aynı Dönem Avrupa İle Karşılaştırmalı Olarak)*, 4. Ankara, Türkiye: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Felsefe (Bilim Tarihi) Ana Bilim Dalı. Aralık 23, 2019 tarihinde alındı

ERKAHRAMAN, E. (2019). Yeni Ticaret Teorileri. *Türkiye Kule Vinç Sektörünün Michael E. Porter Elmas Modeli ile Rekabet Analizi*, 19. Zonguldak, Türkiye: T.C. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı İktisat Bilim Dalı. Kasım 6, 2020 tarihinde <http://acikarsiv.beun.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.12628/8977/EMRAH%20ERKAHRAMAN.pdf?sequence=4&isAllowed=y> adresinden alındı

EROL , E. (2007). Türkiyede Elektriğin Tarihçesi. *Türkiyede Elektrik Enerjisinin Tarihi Gelişimi: 1902-2000*, 89-99. İstanbul, Türkiye: T.C. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı İktisat Tarihi Bilim Dalı. Ocak 2, 2020 tarihinde alındı

EROL, G. S. (1999, Nisan). Kamu Hizmeti Kavramı ve Kamu Hizmetlerinin Görülmesi Yöntemleri. *Kamu Hizmetlerinin Görülmesinde İmtiyaz Yönetimi ve Türkiye Uygulaması(2487)*. Türkiye: T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı İktisadi Sektörler ve Kordinasyon Genel Müdürlüğü Hukuki Tedbirler ve Kurumsal Düzenlemler Dairesi. Ocak 28, 2020 tarihinde <http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/GulhanimErol.pdf> adresinden alındı

EURONEWS. (2020, Mart 03). *Ekonomi:Euronews*. EURONEWS Web Sitesi: <https://tr.euronews.com/2020/03/12/2020-petrol-savaslar-nda-rusya-ve-suudi-arabistan-n-hedefleri-neler> adresinden alındı

FINDIK, H. (2015). Termik Santrallerde Çevresel Maliyetlerin Muhasebeleştirilmesi. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(4), 781-796. Şubat 27, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/223132> adresinden alındı

FRIEDLANDER, G. D. (1978, Temmuz-Ağustos). *Arşiv: Elektrik Mühendisliği Dergisi*. Aralık 25, 2019 tarihinde Elektrik Mühendisleri Odası Web Sitesi: http://www.emo.org.tr/ekler/b4224068a41c5d3_ek.pdf?dergi=7 adresinden alındı

GAZİBEY, Y., TÜREN, U., & GÖKMEN, Y. (2012). Yerel Enerji Fiyatlarının Ülkelerin Doğrudan Yabancı Yatırım Çekebilme Gücü Üzerine Etkisi. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 181-

194. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/185040> adresinden alındı

GEÇER, T. (2017, Aralık). Eximbank 'Teminat Mektubu' Toplama Bankası mı? *Uluslararası Ticaret ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 81-86. Ekim 21, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/utead/issue/33990> adresinden alındı

GÖKTAŞ, H. (2018, Temmuz). Hidroelektrik Santrallerin Dezavantajları. *Türkiye İçin Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Önemi ve Durum Analizi*, 35. Kırklareli, Türkiye: T.C. Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Nisan 4, 2020 tarihinde alındı

GÖNEN, Y. (2010). Elektrik Piyasası Faaliyetlerinin Kamu Hizmeti Niteliğine İlişkin Bir Değerlendirme. *Gazi Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 14(2), 359-386. Ocak 27, 2020 tarihinde http://webftp.gazi.edu.tr/hukuk/dergi/14_2_12.pdf adresinden alındı

GÜL, Ö., & BELTİR, V. (2015). Bir Ticari İşletmede Kurulacak Kojenerasyon veya Trijenerasyon Sistemlerinin Ekonomik Analizi. 4. *Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi*. İzmir: Elektrik Mühendisleri Odası. Mart 5, 2020 tarihinde http://www.emo.org.tr/etkinlikler/etuk/etkinlik_bildirileri_detay.php?etkinlikkod=234&bilkod=6192 adresinden alındı

GÜLSAÇ, I. I. (2009, Mayıs). Okyanuslardan Gelen Enerji Dalga Enerjisi. *Bilim ve Teknik Dergisi*, 58-61. Ekim 15, 2020 tarihinde https://bilimteknik.tubitak.gov.tr/system/files/biltek_arsiv/S-498-58.pdf adresinden alındı

Gürçem, O. (2016, Temmuz). Dışa Açıklığın Ücretlere Etkisi: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Uygulama. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3), 74-90. Kasım 2, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/niguiibfd/issue/24557/260072> adresinden alındı

GÜRDAL, U. (2019). Düzenli Depolama Tesisi. *Düzenli Depolama Sahalarının İşletilmesi Atık Karakterizasyonu ve LFG Gazından Enerji Üretimi*, 8-9. Aksaray, Türkiye: T.C. Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı. Eylül 30, 2020 tarihinde alındı

GÜRİŞ, S., ÇAĞLAYAN, E., & GÜRİŞ, B. (2013). *Eviews İle Temel Ekonometri* (2 b.). İstanbul, Türkiye: Der Yayınları.

GÜVEN, E. D. (2019, Ocak). Ege Bölgesi'nde Kentsel Katı Atık Üretimi ve Atığın Metan Gazı Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 21(61), 311-322. Ocak 29, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/deumffmd/issue/42470/468340> adresinden alındı

HABASH, R. (2018, Şubat). PEM Prensibi. *Güneş Tabanlı Hidrojen Enerjisi*, 38. İstanbul, Türkiye: T.C. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı. Ekim 12, 2020 tarihinde <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp> adresinden alındı

Habitat Derneği. (2020). *Kaynaklar, Temiz Enerji Yayınları, Yakıt Olarak Hidrojen Enerjisi*. Habitat Derneği Web Sitesi : https://habitatdernegi.org/wp-content/uploads/Y_O_Hidrojen.pdf adresinden alındı

HALAÇOĞLU, U. (2015, Kasım). Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi. *Kızıldere-II Jeotermal Elektrik Santrali'nin Performans Analizi*, 25-30. İstanbul, Türkiye: T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı. Ekim 5, 2020 tarihinde alındı

HAYLI, S. (2001). Rüzgâr Enerjisinin Önemi Dünyada ve Türkiye'deki Durumu. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(1), 1-26. Nisan 5, 2020 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/321081958_RUZGAR_ENERJISININ_ONEMI_DUNYA'DA_VE_TURKIYE'DEKI_DURUMU_-_THE_IMPORTANCE_OF_WIND_ENERGY_THE_SITUATION_IN_THE_WORLD_AND_TURKEY adresinden alındı

HAYTA, A. B. (2006, Aralık 27). Çevre Kirliliğinin Önlenmesinde Ailenin Yeri ve Önemi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 7(2), 359-376. Şubat 29, 2020 tarihinde http://kefad.ahievran.edu.tr/InstitutionArchiveFiles/f44778c7-ad4a-e711-80ef-00224d68272d/d1a3a581-af4a-e711-80ef-00224d68272d/Cilt7Sayi2/3bc3ed54-3e35-41a6-8527-61f8e55f3e73_20170620047.pdf adresinden alındı

HUSEYNLİ, S. (2019, Mayıs). Dünya'da Enerji İhracatı ve Ekonomik Büyüme. *Enerji İhracatı ve Ekonomik Büyüme İlişkisi (Azerbaycan Özelinde Bir Analiz)*, 44-45. Türkiye: T.C. Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı. Kasım 14, 2020 tarihinde alındı

İÇKE, M. A. (2020). *Kitap, Kamu Yönetimi; Uluslararası İktisadi İlişkiler*. Ekim 26, 2020 tarihinde İstanbul Üniversitesi Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi Web Sitesi: http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/kamuy%C3%B6netimi_ue/uaiktsistem.pdf adresinden alındı

İLHAN, A. İ., DÜNDAR, C., ÖZ, N., & KILINÇ, H. (2000, Ekim). *Files: Meteoroloji Genel Müdürlüğü*. Şubat 28, 2020 tarihinde T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü: <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/kitaplar/webhakir.pdf> adresinden alındı

İNANÇ, H. (2019). Türkiye'de Enerji İthalatı İçerisinde Ham Petrol ve Doğalgazın Dış Dengeye Etkisinin Analizi. *Türkiye'de Enerji İthalatı İçerisinde Ham Petrol ve Doğalgazın Dış Dengeye Etkisi: 1996-2018 Dönemi*, 58. Şırnak, Türkiye: T.C. Şırnak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı.

İnternatioanal Atomic Energy Agency: IAEA. (2019). *Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050*. VIENNA: İnternatioanal Atomic Energy Agency. Şubat 19, 2020 tarihinde https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/19-00521_web.pdf adresinden alındı

International Energy Agency. (2020). *Data and Statistics: International Energy Agency*. Kasım 30, 2020 tarihinde International Energy Agency Web Sitesi: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables/?country=WORLD&energy=Electricity&year=2018> adresinden alındı

International Energy Agency. (2020). *Data And Statistics: International Energy Agency*. Kasım 17, 2020 tarihinde International Energy Agency Web Sitesi: <https://www.iea.org/data-and-statistics/?country=WORLD&fuel=Coal&indicator=CoalImportsExports> adresinden alındı

International Energy Agency, Investing. (2020). *Data Turkey: International Energy Agency, Crude Oil: Investing*. International Energy Agency Web Sitesi, Investing.com: <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=TURKEY&fuel=Oil&indicator=CrudeImportsExports>, <https://tr.investing.com/commodities/crude-oil> adresinden alındı

International Energy Agency, Investing. (2020). *Data Turkey: International Energy Agency, Natural Gas: Investing*. Kasım 20, 2020 tarihinde International Energy Agency Web Sitesi, Investing.com: <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=TURKEY&fuel=Natural%20gas&indicator=NatGasImportsExports>, <https://tr.investing.com/commodities/natural-gas-streaming-chart> adresinden alındı

International Energy Agency: IEA. (2019, Kasım 21). *Data and Statistics: International Energy Agency*. Şubat 18, 2020 tarihinde International Energy Agency Web Sitesi: IEA, "Senaryoya göre küresel nükleer kapasite, 2000-2040", IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-nuclear-capacity-by-scenario-2000-2040> adresinden alındı

International Energy Agency: IEA. (2019, Mayıs). *Nuclear Power: International Energy Agency*. Şubat 17, 2020 tarihinde International Energy Agency Web Sitesi: <https://www.iea.org/reports/tracking-power-2019/nuclear-power#abstract> adresinden alındı

International Energy Agency: IEA. (2019, Kasım 21-28). *Yakıt ve Teknolojiler: Uluslararası Enerji Ajansı*. Şubat 17, 2020 tarihinde International Energy Agency Web Sitesi: <https://www.iea.org/> adresinden alındı

İŞİKSUNGUR, Ö. D. (2011). Avrupa Birliği Elektrik Piyasasında Tüketicinin 'Ayıba' Karşı Korunması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 13(1), 95-125. Ocak 24, 2020 tarihinde

<https://docplayer.biz.tr/2893647-Avrupa-birligi-elektrik-piyasasinda-tuketicinin-ayiba-karsi-korunmasi.html> adresinden alındı

İŞIKSUNGUR, Ö. D. (2011). Elektriğin Hukuki Niteliği. *Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 15(3-4), 249-266. Ocak 24, 2020 tarihinde <https://hukukdergi.ebyu.edu.tr/wp-content/uploads/2015/10/2011-2.10.pdf> adresinden alındı

KANKILIÇ, T., & TOPAL, H. (2015). Belediye Atıklarından Düzenli Depolama Sahalarında Biyogaz ve Enerji Üretimi. *Mühendis ve Makina*, 56(669), 58-69. Eylül 29, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/muhendismakina/issue/54339/736214> adresinden alındı

KARABUL, M. H. (2019). Rüzgâr Enerjisi. *Türkiye'de Fotovoltaik ve Rüzgâr Enerjisi Uygulamalarının Ülke Verileri ve Mevcut Teknolojiler Kapsamında İstatistiksel Olarak Analizi*, 49-51. Gebze, Türkiye: T.C. Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Nisan 5, 2020 tarihinde alındı

KARABULUT, R., & ŞEKER, K. (2018). Belirlenmiş Değişkenlerin Vergi Gelirleri Üzerindeki Etkisi Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(3), 1049-1070. Nisan 23, 2021 tarihinde alındı

KARACA, A., & TURGAY, O. C. (2012). Toprak Kirliliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1(1), 13-19. Mart 2, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/208082> adresinden alındı

KARAHAN, M. (2014). Enerji Tüketimi Ve Ekonomik Büyüme İçin Türkiye Üzerine Bir Modelleme. *Dünyada ve Türkiyede Enerji Kullanımı*, 28.

Bursa, Türkiye: T.C. Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı İktisat Bilim Dalı. Şubat 28, 2020 tarihinde <https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/4727/1/380116.pdf> adresinden alındı

KARIK, F., SÖZEN, A., & İSKENDER, Ü. (2015). Türkiye'de Rüzgâr Enerjisinde Mevcut Durum. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(2), 219-234. Nisan 5, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gmbd/issue/29232/312919> adresinden alındı

KAYAALP, G. T., GÜNEY, M. Ç., & CEBECİ, Z. (2015). Çoklu Doğrusal Regresyon Modelinde Değişken Seçiminin Zoote kniye Uygulanışı. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1), 1-8.

Kayden Delta Enerji Elektrik Üretim Sanayi ve Ticaret A.Ş. (2014, Ekim). Projenin Özellikleri. *Biyokütle Elektrik Üretim Santrali ÇED Başvuru Dosyası*, 3. Şanlıurfa, Türkiye: MİTTO Mad. Müh. ve Müş.Orm. İşleri İth. İhr. Dış Tic. Ltd. Şti. Ekim 1, 2020 tarihinde alındı

KEESİNG, D. B. (1965, Ağustos). Labor Skills and International Trade: Evaluating Many Trade Flows With a Single Measuring Device. *The Review of Economics and Statistics*, 47(3), 287-294. <https://doi.org/10.2307/1927711> adresinden alındı

KENNELLY, A. E. (1932). Biographical Memoir Of Thomas Alva Edison 1847-1931. *National Academy Of Sciences Of The United States America Biographical, Memoirs Konferans*. 15, s. 292-296. National Academy Of Sciences Of The United States America Biographical, Memoirs. Aralık 24, 2019 tarihinde <http://www.nasonline.org/publications/biographical-memoirs/memoir-pdfs/edison-thomas.pdf> adresinden alındı

KESKİNEL, F. (2006, Kasım 1). Türkiye'de Elektrik Üretimi ve Doğalgaz Kombine Çevrim Santralleri. *İstanbul Bülteni*(87), s. 19-26. Mart 16, 2020 tarihinde <http://www.imo.org.tr/ekutuphane/index.php?yayinkod=770&belgeadi=%DDSTANBUL%20B%DCLTEN>; adresinden alındı

KETBOĞA, M. (2019). Türkiye'de Dış Ticaret Açığı Sorunun Nedenleri ve Katma Değeri Düşük Ürün İhracatının Dış Ticaret Açığı İçindeki Yeri ve Çözüm Önerileri. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 9(2), 209-224. Kasım 17, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/910260> adresinden alındı

KETENCİ, H. S. (2019). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Fizibilite Analizi*, 18. Ordu, Türkiye: T.C. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı. Ekim 1, 2020 tarihinde Elektrikinfo Web sitesi: http://earsiv.odu.edu.tr:8080/jspui/bitstream/11489/1299/1/H_Sinan_Ketenci_Tez_%28bask%C4%B1%29_2.pdf adresinden alındı

KILINÇ, L., ÖZCAN, M., & ÇİZMECİ, A. (2013). İşletme Deneyimi ve Verilerine Göre Optimum Kojenerasyon Santrali Seçimi. 3. *Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi Bildirileri*. İzmir: Elektrik Mühendisleri Odası. Mart 19, 2020 tarihinde alındı

KILKIŞ, B. (2007, Mart-Nisan). Birlikte Üretim Sistemlerinin (Kojenerasyon) Analizi ve Çevresel Yararları. *TTMD Isıtma, Soğutma, Havalandırma, Klima, Yangın ve Sıhhi Tesisat Dergisi*(48), Dergi Eki. Mart 5, 2020 tarihinde <http://www.ttmd.org.tr/yayinlar/ttmd-dergisi> adresinden alındı

KIVANÇ, A. H. (2010, Haziran). Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi. *Kızıldere Jeotermal Enerji Santralinde Uygulanabilecek Farklı Çevrim Modelleri ile Santral Güçlerinin Karşılaştırılması*, 7. İstanbul, Türkiye: İstanbul Teknik

Üniversitesi Enerji Enstitüsü . Ekim 3, 2020 tarihinde <https://polen.itu.edu.tr/handle/11527/12895> adresinden alındı

KIYGA, P. A. (2013). Fotovoltaik Sistemlerin Avantaj ve Dezavantajları. *Fotovoltaik Güç Sistemli Su Pompalarının Dizayn Esaslarının Araştırılması*, 9. Tekirdağ, Türkiye: T.C. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı. Nisan 7, 2020 tarihinde <http://acikerisim.nku.edu.tr:8080/xmlui/handle/20.500.11776/817> adresinden alındı

KOCAMAN, B. (2017). *Temik Santrallerle Elektrik Enerjisi Üretimi*. İstanbul: Birsan Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Şubat 21, 2020 tarihinde alındı

KOÇ, E., & ŞENEL, M. C. (2015). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makina*, 57(639), 32-44. http://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a8c16d2696b35f9_ek.pdf adresinden alındı

KOÇASLAN, G. (2006). Hidrojen. *Türkiye'nin Alternatif Enerji Kaynakları ve Alternatif Bir Kaynak Olarak Rüzgar Enerjisinin Değerlendirilmesi*, 71-73. İstanbul, Türkiye: T.C. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı İktisat Politikası Bilim Dalı. Ekim 10, 2020 tarihinde <http://nek.istanbul.edu.tr:4444/ekos/TEZ/41825.pdf> adresinden alındı

KONYA, S. (2012). Rybczynski Teoremi. *İhracata Dayalı Sanayileşme Stratejilerinin Büyüme Üzerine Etkisi: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Uygulama*, 35. Konya, Türkiye: T.C. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı İktisat Bilim Dalı. Kasım 3, 2020 tarihinde <http://acikerisimarsiv.selcuk.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1459/308835.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı

KURT, G. (2011). Faktör Fiyatları Eşitliği Teorisi. *2001 Ekonomik Krizi Sonrasında Türk Dış Ticaretinin İncelenmesi* , 9. Bilecik, Türkiye: Bilecik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı. Kasım 2, 2020 tarihinde <http://acikkaynak.bilecik.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11552/77/416590.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı

KURT, S., & TERZİ, H. (2007, Ocak). İmalat Sanayi Dış Ticareti Verimlilik ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(1), 25-46. Kasım 7, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/30128> adresinden alındı

KUŞÇU, N. S. (2019, Haziran). Jeotermal Enerji. *Jeotermal Enerjiden Elektrik Üreten Sistemlerin ve Sistem Parametrelerinin Performans Üzerine Etkilerinin Araştırılması*, 6. Türkiye: Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ekim 5, 2020 tarihinde alındı

KÜKRER, B. (2007, Şubat). Hidrojenden Enerji Elde Edilmesi. *Hidrojen Enerjisinin Gelişme Potansiyeli ve Türkiye Ekonomisi Açısından Değerlendirilmesi*, 89. Eskişehir, Türkiye: Eskişehir Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Ekim 12, 2020 tarihinde alındı

LEONTİEF, W. (1953, Eylül). Domestic Production and Foreign Trade; The American Capital Position Re-Examined. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 97(4), 332-349. <https://www.jstor.org/stable/3149288> adresinden alındı

LEONTİEF, W. (1956, Kasım). Factor Proportions and the Structure of American Trade: Further Theoretical and Empirical Analysis. *The Review of Economics and Statistics*, 38(4), 386-407. <https://www.jstor.org/stable/1926500> adresinden alındı

Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü. (2019). *Bilgi Merkezi: Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü*. Kasım 18, 2020 tarihinde Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü Web Sitesi: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/turkiyede-madencilik/2019-yili-maden-dis-ticaret.pdf> adresinden alındı

MARDİKYAN, S. (2005). Regresyon Analizi Varsayımları, Varsayımlardan Sapmaların Belirlenmesi ve Çözümlemesi. *İlişki Analizinde Varsayımlardan Sapmaların Belirlenmesi ve Çözümlemesine Yönelik Bir Bilgisayar Programı Geliştirilmesi*, 41-128. İstanbul, Türkiye: T.C. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı.

MERCAN, B. (2014, Ocak). Hidroelektriğin Tarihçesi, Hidroelektrik Enerji Tesislerinin Çalışma Prensipleri. *Orta Ölçekli Hidroelektrik Tesislerinin İncelenmesi için Bir Çalışma - Bağımlı Regülatörü ve Hes*, 5-15. İstanbul, Türkiye: İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü. Nisan 3, 2020 tarihinde alındı

MERT, I. K. (2016). Fotovoltaik Sistemlerden Enerji Üretilmesi. *Güneş Enerjisinin Atıksu Arıtma Tesislerinde Enerji Kaynağı Olarak Kullanılması*, 28-29. Ankara, Türkiye: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Nisan 7, 2020 tarihinde <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/TEZLER/UZMANLIK%20TEZ%C4%B0%20-%20I%C5%9EIL%20KAYA%20MERT.pdf> adresinden alındı

MERT, S. (2012, Nisan). Dalga enerjisi, Dalga Enerjisi Dönüşüm Sistemleri. *Dalga Enerjisi Dönüşüm Sistemi Tasarımı ve Deneysel Çalışması*, 19, 27-56. İstanbul, Türkiye: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kıyı

Bilimler ve Mühendisliği Anabilim Dalı. Ekim 14, 2020 tarihinde <https://polen.itu.edu.tr/xmlui/handle/11527/8721> adresinden alındı

Nükleer Enerji: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2020). Mart 28, 2020 tarihinde T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Web Sitesi: <https://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FN%C3%BCkleer+Bilgilendirme+Kitap%C3%A7%C4%B1%C4%9F%C4%B1.pdf> adresinden alındı

OKUR, A. (2011, Temmuz). Dalga Enerjisi. *Karadeniz Ereğli'de Dalga Enerjisi Üretimine Bir Yaklaşım*, 7. Zonguldak, Türkiye: Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı. Ekim 13, 2020 tarihinde alındı

ONAT, N. (2018). Türkiye'de Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Enerjisi Üretimi: Mevcut Durum ve Gelecek Beklentileri. *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1(1), 8-15. Nisan 2, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jitsa/issue/35759/393554> adresinden alındı

ORAL, F., BEHÇET, R., & AYKUT, K. (2017). Hidroelektrik Santral Rezervuar Verilerinin Enerji Üretimi Amaçlı Değerlendirilmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 29-38. Nisan 3, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/391083> adresinden alındı

ORANSAY, G. (2017, Ocak). Türkiye'de Üretim Düzeyini Etkileyen Faktörlerden Elektrik Tüketimi, İstihdam ve Sermaye Üçlüsü. *Ege Akademik Bakış*, 17(1), 13-22. Ekim 21, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/561637> adresinden alındı

ÖSTÜRK, Ö., & SEVİMOĞLU, O. (2017, Kasım 11). Çöp Gazından Gelen Siklonların Enerji Üretimindeki Sınırlamaları ve Gazdan Uzaklaştırma

Metotları. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(7), 42-53. Eylül 29, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/389406> adresinden alındı

ÖZALP, M. (2018). Dünya Enerji Rekabetinde Oyun Değiştirici Olarak Kaya Gazının Rolü ve Türkiye'ye Olan Etkisi . *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7(4), 2926-2959. Kasım 13, 2020 tarihinde <http://www.dergipark.org.tr/tr/pub/itobiad/article/480839> adresinden alındı

ÖZCAN, B., & ARI, A. (2013). Para Talebinin Belirleyenleri ve İstikrarı Üzerine Bir Uygulama: Türkiye Örneği. *Yönetim ve Ekonomi*, 20(2), 105-120. <http://yonetimekonomi.cbu.edu.tr/dergi/pdf/C20S22013/105-120.pdf> adresinden alındı

ÖZCAN, E. C., & EREN, T. (2014, Eylül 1). Bakım Planlamasında Topsıs Yöntemi Uygulması: Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali Örneği. *International Journal of Engineering Research and Development*, 6(2), 1-13. Mart 19, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/353763> adresinden alındı

ÖZEKİCİOĞLU, H. (2008). Hidrojen Ekonomisinin Etkileri. *Enerji ve Ekonomi İlişkisi Çerçevesinde Hidrojen Alternatifi İzlanda ve Türkiye Uygulaması*, 127-134. İstanbul, Türkiye: T.C. İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı. Ekim 12, 2020 tarihinde <http://nek.istanbul.edu.tr:4444/ekos/TEZ/43411.pdf> adresinden alındı

ÖZMEN, A. (2007, Haziran). Türkiyede Kurulması Planlanan Nükleer Santraller İçin Kuruluş Yeri Seçimi. *Nükleer Enerji Kısa Tarihçesi*, 3. Bolu, Türkiye: T.C. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı. Mart 25, 2020 tarihinde alındı

ÖZTÜRK, M. (2009). Elektrik Üretimi. *Hidrojen Üretim Metotlarının İncelenmesi*, 37. Isparta, Türkiye: T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı. Ekim 12, 2020 tarihinde <http://tez.sdu.edu.tr/Tezler/TF01419.pdf> adresinden alındı

PALACIOĞLU, T. (2018, Nisan). Mutlak Üstünlük Teorisi Ve yeni Ürün Geliştirme. *Mutlak Üstünlük ve Bazı Dış Ticaret Teorileri*, 3-12. Türkiye: İTO Ticarileştirme ve Araştırma Vakfı İstanbul Düşünce Akademisi. Ekim 22, 2020 tarihinde <https://www.istka.org.tr/media/131177/mutlak-%C3%BCst%C3%BCnl%C3%BCk-ve-baz%C4%B1-d%C4%B1%C5%9F-ticaret-teorileri.pdf> adresinden alındı

PARMAKSIZ, A. (2019). Basit ve Çoklu Doğrusal Regresyon Modelleri. *Çoklu Doğrusal Regresyon Çözümlemesinde Farklı Korelasyon Yapılarında %80 Güç İçin Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi*, 4. Ankara, Türkiye: T.C. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. <http://openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11655/6354/10217276.pdf?sequence=3> adresinden alındı

POSNER, M. V. (1961, Ekim). International Trade and Technical Change. *Oxford Economic Papers*, 13(3), 323-341. [https:// www. jstor .org / kararlı / 2662034](https://www.jstor.org/kararlı/2662034) adresinden alındı

PRAVADALIOĞLU, S. (2011). Yerde Enerji Üretimi - Kojenerasyon Sistemleri. 2. *Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi*. İzmir: Elektrik Mühendisleri Odası. Mart 5, 2020 tarihinde http://www.emo.org.tr/etkinlikler/etuk/etkinlik_bildirileri_detay.php?etkinlikkod=161&bilkod=4931 adresinden alındı

- RAHİM, M. A. (2011). Gaz Türbinli Kombine Çevrim Santral Performansının Yükseltilmesi. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 4(3), 188-198. Mart 20, 2020 tarihinde alındı
- SEVEN, İ. (2017, Şubat). Dizel Motorlu Jenaratörlerin Çalışma Prensipleri. *Bir Dizel Motorlu Jenaratörün Egzoz Emisyonları Üzerinde Farklı Dizel Yakıtların Etkisi*. Batman, Türkiye: T.C. Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı. Mart 25, 2020 tarihinde <http://easiv.batman.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12402/1711/1.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı
- SEYİDOĞLU, H. (2017). Rybczynski Teoremi. *Uluslararası İktisat Teori Politika ve Uygulama*, 132-134. İstanbul, Türkiye: Güzem Can Yayınları . Kasım 3, 2020 tarihinde alındı
- Sputnik News. (2019, Nisan 22). *Haberler: Sputnik News Türkiye*. Kasım 18, 2020 tarihinde Sputnik News Türkiye Web Sitesi: <https://tr.sputniknews.com/infografik/201904221038839088-turkiye-gaz-enerji-ithalat-iran-rusya-azerbaycan-katar/> adresinden alındı
- SÜREN, H. (2012, Haziran). Jeotermal Enerjiden Güç Üretmek için Kullanılan Güç Çevrimleri. *Jeotermal Sistemlerde Flash Buhar ve Binary Sistemlerin Birlikte Kullanımının Enerji ve Ekserji Analizi*, 57. Türkiye: Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ekim 5, 2020 tarihinde <http://acikerisim.pau.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11499/1769/Hatice%20S%C3%BCren.pdf?sequence=1> adresinden alındı
- ŞEKELLİ, M., & KEÇECİOĞLU, Ö. F. (2011). Hidroelektrik Santrallerin Türkiye'deki Gelişimi ve Kahramanmaraş Bölgesi Örnek Çalışması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*,

14(2), 19-26. Nisan 3, 2020 tarihinde
<http://jes.ksu.edu.tr/en/pub/issue/19359/205296> adresinden alındı

ŞEN, E. (2012, Mart). Hırsızlık Suçları. *Ankara Barosu Dergisi*, 319-357. Ocak 24, 2020 tarihinde
<http://www.ankarabarosus.org.tr/siteler/ankarabarosus/tekmakale/2012-3/11.pdf> adresinden alındı

ŞENAKTAŞ, B. (2005, Temmuz). Hidrojenin Taşınması. *Hidrojen Enerjisi, Üretimi ve Uygulamaları*, 77-78. Denizli, Türkiye: Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ekim 11, 2020 tarihinde alındı

ŞENOL, R. (2012). Tarımsal Sulama ve Güneş Enerjisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(3), 518-526. Nisan 6, 2020 tarihinde
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazimmfd/issue/6700/88667> adresinden alındı

ŞEREFLİ, M. (2016, Temmuz). Dış Ticaretin Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi: Türkiye Örneği. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(13), 136-143. Ekim 21, 2020 tarihinde
<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/309982> adresinden alındı

ŞİMŞEK, N. E. (2005). Deniz Akımları Enerjisi ve Türbinleri. *YEKSEM 2005 III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi*. Mersin: Elektrik Mühendisleri Odası Mersin Şubesi. Ekim 15, 2020 tarihinde
http://www.emo.org.tr/etkinlikler/yeksem/etkinlik_bildirileri_detay.php?etkinlikkod=5&bilkod=412 adresinden alındı

T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı. (1979, Nisan). Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı. *Birincil Üretim Altyapı ve Hizmetler; Enerji*, 394-406.

Ankara, Ankara, Türkiye: T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı.
Ocak 2, 2020 tarihinde alındı

T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı. (1979, Nisan). Enerji. *Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı 1979-1983*, 398-401. Ankara, Türkiye: Devlet Planlama Teşkilatı. Ocak 14, 2020 tarihinde alındı

T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi. (1966, Temmuz 30). Gecekondu Kanunu. *Resmi Gazete*(12362), s. 3. Ocak 28, 2020 tarihinde Mevzuat Bilgi Sistemi Web Sitesi: <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/12362.pdf> adresinden alındı

T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi. (1985, Mart 1). *Resmi Gazete*(18681), s. 7. Aralık 31, 2019 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/18681.pdf> adresinden alındı

T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi. (1985, Mart 1). *Resmi Gazete*(18681), s. 1. Aralık 31, 2019 tarihinde T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazete Web Sitesi: <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/18681.pdf> adresinden alındı

T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi. (1993, Eylül 15). T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi. *Resmi Gazete*(21699), s. 35-36. Ocak 15, 2020 tarihinde T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi Web Sitesi: <https://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/21699.pdf> adresinden alındı

T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi. (2001, Mart 3). Resmi Gazete. *T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi*(24335), s. 3-5. Ocak 15, 2020 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2001/03/20010303M1.htm> adresinden alındı

T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi. (2001, Mart 3). Resmi Gazete. *T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi*(24335), s. 1-2. Ocak 15, 2020 tarihinde <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2001/03/20010303M1.htm> adresinden alındı

T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi. (2001, Aralık 8). *Üçüncü Bölüm Taşınır Mülkiyeti*. Ocak 24, 2020 tarihinde T.C. Cumhurbaşkanlığı Resmi Gazetesi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2001/12/20011208.htm> adresinden alındı

T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2019). *100. Yıl Türkiye Planı On Birinci Kalkınma Planı*. T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, Enerji. T.C. Cumhurbaşkanlığı. Mart 16, 2020 tarihinde http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/11/ON_BIRINCI_KALKINMA-PLANI_2019-2023.pdf adresinden alındı

T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı. (2013). *Hidroelektrik Santrali (HES) İnşaatlarında Risk Odaklı Programlı Teftiş*. T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Teftiş Tanımı. Ankara: T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. Nisan 3, 2020 tarihinde https://ailevecalisma.gov.tr/medias/6057/2014_70.pdf adresinden alındı

T.C. Dışişleri Bakanlığı. (2020). *Türkiye'nin Enerji Stratejisi: T.C. Dışişleri Bakanlığı*. Aralık 12, 2020 tarihinde T.C. Dışişleri Bakanlığı Web Sitesi: http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa adresinden alındı

T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2018). *Tarihçe: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu*. Ocak 15, 2020 tarihinde T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Web Sitesi: <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/1-1051/kurumsaltarihce> adresinden alındı

T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı. (2020). *İstatistikler: T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı*. Kasım 30, 2020 tarihinde T.C. Hazine ve Maliye Bakanlığı Web Sitesi: <https://ms.hmb.gov.tr/uploads/2020/11/V-DISTICARETVEODEMELERDENGESI-3.pdf> adresinden alındı

T.C.Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2019). *Sektör Raporları: T.C.Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu*. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Lisanslı Üretim. Ankara: T.C.Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. Aralık 2019 tarihinde T.C.Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu Web Sitesi: <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-94/yillik-sektor-raporu> adresinden alındı

TAKIM, A. (2011, Ocak-Haziran). Türkiye'de 1960-1980 Yılları Arasında Uygulanan Kalkınma Planlarında Maliye Politikaları. *Maliye Dergisi*(160), 156. <https://maliedergisi.sgb.gov.tr/yayinlar/md/160/008.pdf> adresinden alındı

TAM, M. (2009). Hidroelektrik Santraller ve Santral İşletmeciliği. *Doğu Karadeniz Bölgesi Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Bunun Ülke Enerji Politikalarındaki Yeri*, (s. 170-186). Trabzon. Nisan 4, 2020 tarihinde alındı

TAMZOK, N. (2007). Elektrik Sektörünün Tarihsel Gelişimi. *Kamu Politikası Analizi: Elektrik Enerjisi Sektörü*. Ankara, Türkiye: Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Siyaset Bilimi Ve Kamu Yönetimi (Yönetim Bilimleri) Ana Bilim Dalı.

TBMM. (2001, Şubat 20). *Türkiye Büyük Millet Meclisi Mevzuat Bilgi sistemi*. Ocak 29, 2020 tarihinde Türkiye Büyük Millet Meclisi Web Sitesi: <https://mevzuat.tbmm.gov.tr/mevzuat/faces/kanunmaddeleri?pkanunlarno=13274&pkanunnumarasi=4628> adresinden alındı

TELLİ, A. Y. (2010, Şubat). Hidrojen Tankı. *Şebeke Bağlantılı ve Şebekeden Bağımsız Hbrit Güç Sistemleriyle Enerji Üretiminin Ekonomik Analizi*, 47. İstanbul, Türkiye: İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü. Ekim 11, 2020 tarihinde <https://polen.itu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11527/12779/301041005.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden alındı

TEMURLenk, M. S., & YILDIZ, Ü. (2020). Çoklu Doğrusal Regresyon Modeli. *Ekonometrinin Temelleri* (s. 47-70). içinde Eskişehir, Türkiye: T.C. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi.

The World Bank. (2020). *Data: The World Bank*. Aralık 3, 2020 tarihinde The World Bank Web Sitesi: <https://data.worldbank.org/country/turkey?locale=tr> adresinden alındı

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası. (2007, Eylül). Elektrik Serüveni. *TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Ankara Şubesi Haber Bülteni*(2007/5), s. 9-15. Aralık 24, 2019 tarihinde Elektrik Rehberiniz Web Sitesi: https://www.emo.org.tr/ekler/4b21f11c7148f78_ek.pdf?tipi=2&am adresinden alındı

TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası. (2009, Ocak). *Ekler, EMO*. TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Web Sitesi: https://www.emo.org.tr/ekler/2b43c18e469a05e_ek.pdf?dergi=4 adresinden alındı

TMMOB Fizik Mühendisleri Odası. (2011). *Nükleer Enerji Raporu*. Nükleer Enerji ve Nükleer Teknoloji Geleceğin Enerji Politikalarında Nükleer Enerjinin Yeri ve Önemi. Ankara: Fizik Mühendisleri Odası. Mart 26, 2020 tarihinde <https://www.fmo.org.tr/wp->

content/uploads/2015/02/FMO_Nuk_Enr_Rap_2011_aralik_son.doc1_.pdf
adresinden alındı

TMMOB Makina Mühendisleri Odası. (2007, Kasım 8). *Basın Açıklamaları: Makina Mühendisleri Odası*. Mart 30, 2020 tarihinde Makina Mühendisleri Odası Web Sitesi: https://mmo.org.tr/sites/default/files/e87337f366f72da_ek.pdf adresinden alındı

Toprak , S. (2007). Gaz Türbinlerinin Tarihsel Gelişimi. *Gaz Türbin Kanatlarının Soğutulmasının Önemi ve Soğutma Yöntemlerinin İncelenmesi*, 5-8. Edirne, Türkiye: T.C. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı. Mart 16, 2020 tarihinde <http://dspace.trakya.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/1/460/0058319.pdf?sequence=1> adresinden alındı

TUTAR, F., & EREN, M. V. (2011, Aralık). Geleceğin Enerjisi: Hidrojen Ekonomisi ve Türkiye. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*(6), 1-26. Ekim 10, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ulikidince/issue/21621/232242> adresinden alındı

TUTUŞ, A. (2006). Türkiye'de Elektrik Enerjisinin Tarihsel Gelişimi ve Yeni Piyasa Düzeni İçerisinde Hidroelektrik Enerjinin Yeri. *TMMOB Su Politikaları Kongresi*. 1, s. 318-330. TMMOB. Ocak 15, 2020 tarihinde <http://www.imo.org.tr/ekutuphane/index.php?yayinkod=277&belgeadi=TMMOB%20Su%20Politikalar%FD%20Kongresi%20-%201.%20Cilt;> adresinden alındı

Türk Dil Kurumu. (2019). *Sözlük: Türk Dil Kurumu*. Aralık 23, 2019 tarihinde Türk Dil Kurumu Web Sitesi: <https://sozluk.gov.tr/> adresinden alındı

Türk Dil Kurumu. (2019). *Türk Dil Kurumu Sözlükleri: TDK*. Türk Dil Kurumu Web Sitesi: <https://sozluk.gov.tr/> adresinden alındı

Türk Tabibler Birliği. (2000). *Türk Tabibler Birliği Yatağan'da Hava Kirliliğinin Değerlendirilmesi Raporu*. Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri. Türk Tabibler Birliği. Mart 2, 2020 tarihinde http://www.ttb.org.tr/kutuphane/yatagan_rpr.pdf adresinden alındı

Türkiye Bilimler Akademisi. (2019). *TÜBA - Nükleer Enerji Raporu*. Türkiye İçin Nükleer Enerji Seçenekleri. Ankara: Türkiye Bilimler Akademisi. Mart 27, 2020 tarihinde <http://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/N%C3%BCkleer%20Enerji%20Raporu.pdf> adresinden alındı

Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (2020). *Elektrik İstatistikleri: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.* Aralık 9, 2020 tarihinde Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Web Sitesi: <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri> adresinden alındı

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi, Uluslararası Enerji Ajansı . (2020). *Data And Statistics: International Energy Agency*. International Energy Agency Web Sitesi: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-products/?filter=electricity> adresinden alındı

Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi. (2020). *Elketrik Üretim, İletim İstatistikleri: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi*. Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Web Sitesi: <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri> adresinden alındı

Türkiye İstatistik Kurumu. (2010, Aralık). *İstatistik Göstergeler 1923-2009*. Ankara, Çankaya, Türkiye: Türkiye İstatistik Kurumu. Aralık 30, 2019

tarihinde

<http://www.antakyatso.org.tr/dokumanlar/istatistik%20gostergeler.pdf>
adresinden alındı

Türkiye İstatistik Kurumu. (2019, Şubat 2). *Enerji İstatistikleri: Türkiye İstatistik Kurumu*. Ocak 24, 2020 tarihinde Türkiye İstatistik Kurumu Web Sitesi: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1029 adresinden alındı

Türkiye İstatistik Kurumu. (2020, Ekim 30). *Dış Ticaret: Türkiye İstatistik Kurumu*. Kasım 19, 2020 tarihinde Türkiye İstatistik Kurumu Web Sitesi: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=dis-ticaret-104&dil=1> adresinden alındı

Türkiye İstatistik Kurumu. (2021, Şubat 26). *Dış Ticaret: Türkiye İstatistik Kurumu*. Türkiye İstatistik Kurumu: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=dis-ticaret-104&dil=1> adresinden alındı

Türkiye İstatistik Kurumu, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi. (2020). *Dış Ticaret: Türkiye İstatistik Kurumu*. Türkiye İstatistik Kurumu Web Sitesi: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=dis-ticaret-104&dil=1> adresinden alındı

Türkiye Sınai Kalkınma Bankası. (2018). *Sektörel Görünüm: Enerji*. Elektrik Sektörü Görünümü. Türkiye Sınai Kalkınma Bankası. Kasım 29, 2020 tarihinde <http://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektorel-gorunumu.pdf> adresinden alındı

Türkiye Sınai Kalkınma Bankası. (2019). *Sektörel Görünüm 2019 Enerji*. Elektrik ve Yenilenebilir Enerji Sektörü. Türkiye Sınai Kalkınma Bankası. Aralık 5,

2020 tarihinde <http://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2019.pdf> adresinden alındı

TÜYSÜZ, F. (2019). Rüzgâr santrali Ekonomisi. *Kocaeli/Darica Bölgesinin Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi ve Bölge İçin Seçilen Bir Rüzgâr Türbinin Ekonomik Analizi*, 45-47. Gebze, Türkiye: T.C. Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalı. Nisan 5, 2020 tarihinde alındı

ULUSOY, A. (1999, Mayıs 1). Fransız ve Avrupa Birliği Kamu Hizmeti Anlayışların Türk Hukukuna Etkisi. *Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 48(1), 165-176. Ocak 31, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/auhfd/issue/42683/514713> adresinden alındı

UZUN, A. (2015). Jeotermal Enerji ve Jeolojik Ortamları. *Enerji Üretim Santralleri İçinde Jeotermal Enerji Santrallerinin Yeri ve Seçim Kriterleri*, 4. İstanbul, Türkiye: T.C. Bahçeşehir Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Enerji ve Çevre Yönetimi. Ekim 3, 2020 tarihinde alındı

ÜÇGÜL, İ., & ELİBÜYÜK, U. (2016). Okyanus Termal Enerji Dönüşüm (OTEC) Sistemi OTEC. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 87-94. Ekim 14, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/erzifbed/issue/24416/258787> adresinden alındı

ÜMİT, O. A. (2019). Biyokütle Enerjisi. *Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Yapılabilirlik Analizi ve Kilis İlinde Bir Araştırma*, 43-45. Karaman, Türkiye: T.C. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı. Ekim 1, 2020 tarihinde alındı

ÜNVER, Ü., & KILIÇ, M. (2005). Çevre Sıcaklığının Bir Kombine Çevrim Güç Santralinin Performansına Etkisi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 10(1), 49-58. Mart 19, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/202829> adresinden alındı

VERNON, R. (1966, Mayıs). International Investment and International Trade in the Product Cycle. *The Quarterly Journal of Economics*, 80(2), 190-207. <https://doi.org/10.2307/1880689> adresinden alındı

World Energy Council. (2004). *2004 Survey of Energy Resources*. Dünya Enerji Konseyi, 11. World Energy Council. Nisan 2, 2020 tarihinde alındı

World Energy Council. (2020, Ağustos 10). *World Energy Council; Turkey*. World Energy Council Turkey Web Sitesi: <https://www.dunyaenerji.org.tr/cinin-petrol-ithalati-temmuzda-bir-onceki-yila-gore-artti/> adresinden alındı

YAMAN , M., & HAŞIL, F. (2018, Ocak 21). Türkiye'deki Hidroelektrik Santrali (HES) Uygulamalarına Çevre Açısından Bakış. *Uluslararası Afro-Avrasya Araştırmaları Dergisi*(5), 145-156. Nisan 3, 2020 tarihinde alındı

YAMAN, M., & HAŞIL, F. (2017). Çevre Sorunları Açısından Hidroelektrik Santralleri (HES) Üzerine Bir Araştırma. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(Afro-Avrasya Özel Sayısı), 143-151. Nisan 4, 2020 tarihinde http://www.yyusbedergisi.com/dergiayrinti/cevre-sorunlari-acisindan-hidroelektrik-santralleri-hes-uzerine-bir-arastirma_105 adresinden alındı

YAVUZ, M. (2011). Elektriğin Genel Özellikleri . *Elektrik Enerjisi Tedarik Sözleşmeleri*, 18-21. Ankara, Türkiye: T.C. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Özel Hukuk Anabilim Dalı. Ocak 24, 2020 tarihinde alındı

YAVUZ, S. (2009). Hataları Ardaşık Bağımlı (Otokorelasyon) Olan Regresyon Modellerinin Tahmin Edilmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(3), 123-140. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/29737> adresinden alındı

Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. (2019). *Hidroelektrik Enerjisi; Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı*. Nisan 4, 2020 tarihinde Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü Web Sitesi: http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx adresinden alındı

Yiğit, H. A. (2006, Eylül 14). *Ekler; Elektrik Mühendisleri Odası*. Mart 23, 2020 tarihinde Elektrik Mühendisleri Odası Web Sitesi: http://www.emo.org.tr/ekler/384dec9f5f7a64a_ek.pdf?dergi=4 adresinden alındı

YILDIRIM, N., & GÖKPINAR, F. (2012). Bazı Normallik Testlerinin 1.Tip Hataları ve Güçleri Bakımından Kıyaslanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(1), 109-115.

YILDIRIM, O. (2017). Düşük Kalorili Gaz Yakıtlı Gaz Türbinleri ve Kombine Çevrim Santralleri. M. M. TMMOB içinde, *Termik Santraller 2017* (s. 61-69). Ankara, Türkiye: TMMOB, Makina Mühendisleri Odası. Mart 16, 2020 tarihinde alındı

YILMAZ, M. (2012, Ocak). Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54.

Yılmaz, M. (2012). Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. *Ankara*

Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi, 4(2), 33-54. Nisan 2, 2020 tarihinde <https://dergipark.org.tr/tr/pub/aucevrebilim/issue/40104/477061> adresinden alındı

YILMAZ, Ş. (2020). *Türkiye'nin Enerji Görünümü 2020*. Makine Mühendisleri Odası, Dünyada ve Türkiye'de Birincil Enerji Arzı. TMMOB Makine Mühendisleri Odası. Kasım 28, 2020 tarihinde <https://www.mmo.org.tr/kitaplar/turkiyenin-enerji-gorunumu-2020> adresinden alındı

YİNANÇ, S. (2017, Ağustos). Biyogaz Üretimi. *Organik Rankine Çevrimi Kullanılarak Biyogaz Tesisi Atık Isısından Elektrik Enerjisi Elde edilmesi*, 17-18. Kayseri, Türkiye: T.C. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı. Eylül 30, 2020 tarihinde alındı

YOLCU, A. (2019). Biyokütle Santralinin Çalışma Prensibi. *Biyokütle Olarak Tatlı Sorgum Bitkisi Kullanan 5MW Elektrik Kapasiteli Biyokütle Santralinin İncelenmesi*, 16-17. Isparta, Türkiye: T.C. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı. Ekim 1, 2020 tarihinde alındı

YURTOĞLU, N. (2018). Cumhuriyet Türkiye'sinde Elektrik Enerjisi Üretimi ve Enerji Politikaları 1923-1960. *Atatürk Araştırma Merkezi Dergisi*, 34(2), 227-280. Aralık 30, 2019 tarihinde https://www.researchgate.net/publication/329276948_CUMHURİYET_TURKIYESİNDE_ELEKTRİK_ENERJİSİ_ÜRETİMİ_VE_ENERJİ_POLİTİKALARI_1923-1960 adresinden alındı