

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI İLİŞKİLER ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ



**NÜKLEER ENERJİNİN AVRUPA BİRLİĞİ –
TÜRKİYE İLİŞKİLERİNE EKONOMİK
YANSIMALARI**

EMRE SEZGİN

TEZ DANIŞMANI




DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT YORULMAZ

EDİRNE 2018

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI İLİŞKİLER ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre SEZGİN tarafından hazırlanan **NÜKLEER ENERJİNİN AVRUPA BİRLİĞİ – TÜRKİYE İLİŞKİLERİNE EKONOMİK YANSIMALARI** Konulu **Yüksek Lisans** tezinin Sınavı, Trakya Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin 19-6 maddeleri uyarınca **23.07.2018 Pazartesi** günü saat **11.00** 'da yapılmış olup, yüksek lisans tezinin * **Kabul Edilmesine** **OYBİRLİĞİ/OYÇOKLUĞU** ile karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYELERİ	KANAAT	İMZA
Dr. Öğr. Üyesi Murat YORULMAZ (danışman)	Kabul Edilmesine	
Dr. Öğr. Üyesi Murat OCAK	Kabul Edilmesine	
Dr. Öğr. Üyesi Çiğdem ÖZARI	Kabul Edilmene	

* Jüri üyelerinin, tezle ilgili kanaat açıklaması kısmında "Kabul Edilmesine/Reddine" seçeneklerinden birini tercih etmeleri gerekir.

T.C
YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
ULUSAL TEZ MERKEZİ

TEZ VERİ GİRİŞ FORMU

Referans No	10206376
Yazar Adı / Soyadı	EMRE SEZGİN
T.C.Kimlik No	27862569780
Telefon	5427134794
E-Posta	emresezgin@yahoo.com
Tezin Dili	Türkçe
Tezin Özgün Adı	Nükleer Enerjinin Avrupa Birliği - Türkiye İlişkilerine Ekonomik Yansımaları
Tezin Tercümesi	Economic Implications Of Nuclear Energy For European Union - Turkey Relations
Konu	Uluslararası İlişkiler = International Relations
Üniversite	Trakya Üniversitesi
Enstitü / Hastane	Sosyal Bilimler Enstitüsü
Anabilim Dalı	Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı
Bilim Dalı	Uluslararası İlişkiler Bilim Dalı
Tez Türü	Yüksek Lisans
Yılı	2018
Sayfa	169
Tez Danışmanları	DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT YORULMAZ
Dizin Terimleri	Avrupa Birliği=European Union ; Türkiye=Turkey ; Nükleer enerji=Nuclear energy ; Ekonomik ilişkiler=Economic relations ; Avrupa Birliği=European Union ; Avrupa Birliği=European Union
Önerilen Dizin Terimleri	

06.08.2018

İmza:.....

Tezin Adı: Nükleer Enerjinin Avrupa Birliği - Türkiye İlişkilerine Ekonomik Yansımaları

Hazırlayan: Emre SEZGİN

ÖZET

Ekonomik istikrarı ve devamlılığı sağlamak için enerji arzının devamlılığını güvenceye almak gerekmektedir. Dünyanın sınırlı kaynaklarına karşın enerji talebi oldukça yüksektir ve her geçen gün artmaktadır. Günümüz koşulları çerçevesinde enerji ihtiyacının büyük bir bölümü halen fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Basit bir yansıtım yapıldığı takdirde enerji talebinin günümüzdeki artış hızını koruması sonucunda fosil yakıt kaynaklarının 50 yıl içerisinde tükeneceği tahmin edilmektedir. Bu durum hükümetleri ve enerji piyasasına yön veren aktörleri yeni enerji kaynaklarına yönelmeye mecbur kılmaktadır. Fosil yakıtlara alternatif olabilecek seçenekler arasında nükleer enerji tercih edilebilecek seçenekler arasında başı çekmektedir.

Enerji ihtiyacının büyük bölümünü ithal etmek zorunda olan Türkiye için kalkınma hamlesini sürdürülebilir bir seviyede tutmak ve sanayisini uluslararası alanda rekabete girebilecek seviyelere yükseltebilmesi için enerji üretiminde nükleer santralleri de enerji arzı portföyüne eklemesi gerekmektedir. OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü) üyeleri arasında enerji talebi en hızlı artan devlet olarak nükleer santraller ile donanmış, enerji arzının güvenliğini sağlamış bir Türkiye kısa zamanda bu yatırımının iktisadi karşılıklarını almaya başlayacaktır.

Çalışmada AB enerji politikasını çeşitli yönleriyle özetlemek ve okuyucuya anlaşılır bir şekilde aktarmak amaçlanmıştır. Ayrıca Türkiye'nin mevcut enerji politikası, enerji arzındaki tercihleri, nükleer enerjinin Türkiye için önemi ve potansiyel katkısı, Türkiye'nin AB (Avrupa Birliği) ile üyelik müzakerelerinde AB enerji müktesebatına uyum sürecindeki çalışmalar ele alınarak AB ve Türkiye'nin ekonomik ilişkilerine etkileri araştırılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Avrupa Birliği, Türkiye, Nükleer Enerji, Ekonomik İlişkiler.

Name of Thesis: Economic Implications of Nuclear Energy for European Union - Turkey Relations

Prepared by: Emre SEZGİN

ABSTRACT

In order to keep the continuity of economy it is necessary to secure the energy demand. Despite the limited resources, energy demand is quite high and is increasing every day. Within today's conditions up to 80% of energy need is still obtained from fossil fuels. When a simple projection is done, if the energy demand of our present day continues at the same level it is predicted that fossil fuel resources will drain away in the next upcoming 70 years. This situation forces governments and actors that control the energy market to go towards the new energy resources. Amongst the options that could be alternatives to fossil fuels, Nuclear Energy takes the lead in preferable variants.

In order to keep a sustainable level of development and to raise its industry to the level to compete in the international arena Turkey, which its most part of energy need imported, need to add nuclear power plant to its energy supply portfolio. Being the most energy demanding country on earth after China the Turkey that equipped with nuclear power plants, keeping its energy demand secure will get economic provisions of this investments in short time.

This present study is aimed to summarize the EU Energy Policy and transfer it to the reader in an understandable way. Furthermore Turkey's present energy policy, their preferences in energy offer, the importance of nuclear energy for Turkey and its potential benefits, Turkey's membership to EU and EU on the adoption of the energy acquis were discussed on this work by means of economic relations which depends on EU-Turkey relations.

Keywords: European Nation, Turkey, Nuclear Energy, Economic Relations.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında nükleer enerjinin Türkiye ve AB'nin ekonomik ilişkilerine olan yansımaları; nükleer teknolojinin dünyadaki kullanım şekilleri, konuyla ilgili hukuksal düzenlemeler, Türkiye ve AB'de geçmişten günümüze yaşanan süreç ve nükleer enerjinin alternatifleri göz önünde bulundurularak incelenmek istenmiştir. Nükleer enerjinin tarih içindeki gelişimi ve dünya devletleri tarafından enerji üretimi için ticari kullanımları ile bu konudaki teknolojik gelişmeler en güncel ve Türkçe literatürde çok değinilmemiş konular çerçevesinde derlenmek istenmiştir.

Öncelikle tez konusunu seçerken isteklerim ve ilgi alanlarımı göz önünde bulundurup bana yardımcı olan tez danışmanım Yard. Doç. Dr. Murat Yorulmaz'a teşekkürü borç bilirim. Rehberliği olmadan bu tezin yazılabilmesi imkânsız olurdu. Ayrıca bu zorlu süreçte bana olan desteklerini bir an için bile esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

EDİRNE-2018

Emre SEZGİN

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT	II
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
TABLOLAR	VII
GRAFİKLER	IX
RESİMLER.....	X
KISALTMALAR LİSTESİ.....	XI
GİRİŞ	1
AMAÇ.....	6
ÖNEM.....	7
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ.....	8
1. ENERJİ, ENERJİ KAYNAKLARI VE NÜKLEER ENERJİ.....	9
1.1. Enerjinin Tanımı.....	9
1.2. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	10
1.2.1. Stok Akım Enerji Kaynakları.....	10
1.2.2. Birincil Enerji Kaynakları	11
1.2.3. İkincil Enerji Kaynakları.....	12
1.2.4. Başlıca Enerji Çeşitleri.....	12
1.2.4.1. Kömür	12
1.2.4.2. Petrol ve Doğalgaz	14
1.2.4.3. Yenilenebilir Enerji.....	15
1.2.4.3.1. Güneş Enerjisi	15
1.2.4.3.2. Rüzgar Enerjisi.....	16

1.2.4.3.3. Su Enerjisi (Hidroelektrik Enerji)	17
1.2.4.3.4. Hidrojen Enerjisi	18
1.2.4.3.5. Jeotermal Enerji	18
1.2.4.3.6. Biyoyakıtlar	19
1.3. Nükleer Enerji	20
1.3.1.1. Nükleer Enerjinin Tanımı	20
1.3.1.2. Nükleer Enerjinin Tarihçesi	21
1.3.1.2.1. Atomun Doğası	21
1.3.1.2.2. Nükleer Enerjinin Doğuşu	23
1.3.1.2.3. Atom Bombasının Ortaya Çıkışı	25
1.3.1.2.4. MAUD Komitesi ve Nükleer Gelişim	27
1.3.1.2.5. Manhattan Projesi (The Manhattan Project)	30
1.3.1.2.6. Nükleer Enerjinin Yükselişi	33
1.3.1.2.7. Nükleer Enerjinin Ticari Kullanıma Sokulması	35
1.3.1.2.8. Nükleer Enerjinin Düşüşü	37
1.3.1.2.9. Nükleer Enerjinin Dönüşü	37
1.3.2. Nükleer Enerjinin Diğer Enerji Kaynaklarından Farkları	38
1.3.3. Nükleer Enerjinin Çevreye Etkileri	40
1.3.4. Dünyadaki Başlıca Nükleer Enerji Santralleri	42
1.3.5. Önemli Nükleer Enerji Kazaları ve Çıkarılabilecek Dersler	48
1.3.5.1. Los Alamos Kritiklik Kazaları	48
1.3.5.2. Vinca (Yugoslavya) Kritiklik Kazası	48
1.3.5.3. Idaho Falls	48
1.3.5.4. Wood River	48
1.3.5.5. İtalya	50
1.3.5.6. Constituyentes-Arjantin	51
1.3.5.7. Çernobil Nükleer Kazası	51
1.3.5.8. Tokaimura Nükleer Kazası	54
1.3.5.9. Fukushima Nükleer Enerji Santrali Kazası	55
1.3.6. Nükleer Enerjinin Maliyeti	60
1.3.7. Nükleer Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları	65
2. BÖLÜM AB’NİN ENERJİ POLİTİKASI ve NÜKLEER ENERJİ.....	69
2.1. Enerji Perspektifinden AB Tarihi	69
2.2. AB’nin Enerji Politikasının Temel İlkeleri	71
2.2.1. AB’nin Enerji Arz Güvenliği	73
2.2.2. Sürdürülebilirlik	75
2.2.2.1. Enerji Birliği ve Sürdürülebilirlik Hedefleri	76
2.2.3. Rekabetçilik	78
2.3. AB’nin Enerji Politikaları ve İthalatı.....	83

2.3.1. Enerji İhtiyacının Karşılandığı Devletler	84
2.3.1.1. Norveç	84
2.3.1.2. Rusya	84
2.3.1.3. Orta Asya ve Kafkas Devletleri	85
2.3.1.4. OPEC Devletleri	85
2.3.2. Elektrik Arzının Güvenliği	86
2.3.3. Gaz ve Petrol Temin Rotaları	87
2.3.4. AB'nin Petrol Stokları	89
2.3.5. Gaz Arzı Güvenliği	90
2.4. AB'de Nükleer Enerji	91
2.4.1. Nükleer Güvenlik	92
2.4.1.1. Radyoaktif Atıklar ve Kullanılmış Yakıtlar Hakkında	93
2.4.1.2. Radyasyondan Korunma	95
2.4.1.3. Acil Durumlara Hazırlıklı Olma ve Hızlı Tepki Verebilme	96
2.4.1.4. Doğadaki Radyasyon Seviyelerinin Gözlemlenmesi	97
2.4.1.5. Medikal Faaliyetlerden Gelen Radyasyon	98
2.4.1.6. EURATOM İçme Suyu Yönetmeliği	99
2.4.1.7. Radyoaktif Atıklar ve Kullanılmış Yakıtların Taşınması Hakkında	100
2.4.1.8. Mühürlenmiş Yüksek Radyoaktif Kaynaklar ve Kimsesiz Kaynaklar ..	101
2.4.1.9. Yeni Nükleer Santral Kurulumlarının Diğer AB Üyelerine Etkileri	102
2.4.2. AB'de Nükleer Enerji ve Ayrışmalar	103
2.4.3. Ufuk 2020 Programı ve Nükleer Füzyon	107
2.4.3.1. Bir Avrupa Ortak Girişimi-JET	109
2.4.3.2. JET'in Varisi ITER	109

3. BÖLÜM TÜRKİYE'NİN ENERJİ POLİTİKASI ve NÜKLEER ENERJİ. 113

3.1. Türkiye'nin Enerji Profili ve Stratejisi	113
3.1.1. Milli Maden ve Enerji Stratejisi	115
3.1.2. Arz Güvenliği	116
3.1.3. Yerlileştirme	117
3.1.4. Öngörülebilir Piyasa	118
3.2. Türkiye'de Kullanılan Enerji Kaynakları ve İthalatı	119
3.2.1. Kömür	120
3.2.2. Petrol	124
3.2.3. Hidro-Elektrik	127
3.2.4. Doğalgaz	130
3.2.5. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji	133
3.3. Türkiye'de Nükleer Enerji	136
3.3.1. Türkiye'de Nükleer Enerjinin Geçmişi ve Yeni Projeler	136

3.3.2. Türkiye’de Nükleer Enerjinin Gerekliği	144
3.3.3. Türkiye’de Toryum ve Uranyum Rezervleri	147
3.3.3.1. Uranyum	147
3.3.3.2. Toryum	148
3.3.4. Türkiye’de Nükleer Enerji Santrali Kurmanın Avantaj ve Dezavantajları ...	150
SONUÇ.....	154
KAYNAKÇA	157

TABLolar

Tablo. 1: Türkiye-Ukrayna Karşılaştırmalı Enerji Üretimi	47
Tablo. 2: Uluslararası Rekabetçilik Endeksi	79
Tablo. 3: Küresel Rekabetçilik Endeksi İlk 10	80
Tablo. 4: Türkiye’de İnşası Süren ve Planlanan Nükleer Santraller	143
Tablo. 5: Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu	145
Tablo. 6: Dünyada Toryum Yatakları ve Dünya Toryum Rezervi	149

GRAFİKLER

Grafik. 1: Dünyada Nükleer Enerji Tüketimi	39
Grafik. 2: Enerji Kaynaklarına Göre Sera Gazı Salınımları	41
Grafik. 3: Milli Enerji ve Maden Politikası	115
Grafik. 4: Kurulu Güç İçinde Kömür Enerjisinin Değişimi (2016- 2017).....	121
Grafik. 5: 1985-2017 Yılları Arasında Türkiye Termik-Hidrolik Santrallerinde Elektrik Üretiminin Gelişimi.....	129
Grafik. 6: Türkiye Doğalgaz Depolama Kapasitesi 2016-2017 Değişim.....	131
Grafik. 7: Elektrik Kaynak Değişimi	135
Grafik. 8: Son Bir Yıl Üretiminin Kaynaklara Dağılımı.....	144

RESİMLER

Resim.1: Kashiwazaki-Kariwa Nükleer Enerji Santrali, Japonya.....	44
Resim.2: Bruce Nükleer Enerji İstasyonu, Kanada.....	45
Resim.3: Çernobil Reaktörleri.....	54
Resim.4: 11 Mart 2011 Depremi ve Çevredeki Nükleer Santraller.....	57

KISALTMALAR LİSTESİ

- AB:** Avrupa Birliği
- ABD:** Amerika Birleşik Devletleri
- ABWR:** Gelişmiş Kaynar Su Reaktörü
- ACER:** Enerji Düzenleyicileri Birliği Ajansı
- ACGR:** Gelişmiş Gaz Soğutmalı Reaktör
- AET:** Avrupa Ekonomi Topluluğu
- AKÇT:** Avrupa Kömür-Çelik Topluluğu
- AM-1:** Barışçıl Atom Reaktörü
- AMF:** Amerikan Makine Dökümhanesi
- ANAEM:** Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
- ANTAM:** Ankara Nükleer Tarım ve Araştırma Merkezi
- AR-GE:** Araştırma-Geliştirme
- BP:** British Petroleum
- Brexit:** Birleşik Krallık'ın Avrupa Birliği'nden ayrılması
- BWR:** Kaynar Su Reaktörü
- BOTAŞ:** Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
- BTC:** Bakü-Tiflis-Ceyhan Boru Hattı
- BTE:** Bakü-Tiflis-Erzurum Boru Hattı
- CO₂:** Karbondioksit
- DEMO:** Demonstrasyon Nükleer Füzyon Reaktörü
- EBR-1:** Deneysel Çoğaltıcı Reaktör
- FBR:** Hızlı Çoğaltıcı Reaktör

ECURIE: Avrupa Komisyonu Acil Radyolojik Bilgi Değişim Sistemi

EDF: Fransız Elektrik Şirketi

FEI: Fizik ve Kuvvet Mühendisliği Enstitüsü

EFA: Avrupa Ekonomik Alanı

EFDA: Avrupa Füzyon Geliştirme Anlaşması

ENTSO-E: Avrupa Elektrik İletim Sistemi İşleticileri Birliği

EPDK: Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu

ETKB: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

EURATOM: Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu

EUROfusion: Avrupa Füzyon Enerjisini Geliştirme Konsorsiyumu

EURDEP: Avrupa Radyolojik Bilgi Değişimi Platformu

EÜAŞ: Elektrik Üretim Anonim Şirketi

GAP: Güneydoğu Anadolu Projesi

GCI: Küresel Rekabetçilik

GE: General Elektrik

HASS: Yüksek radyoaktif kaynaklar

HES: Hidroelektrik Santrali

ICI-İKE: İmparatorluk Kimya Endüstrisi

IKBY: Irak Kürt Bölgesel Yönetimi

INOGATE: Uluslararası Enerji Birliği Programı

IMF: Uluslararası Para Fonu

ITER: Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktör

JET: Birleşik Avrupa Torusu

JRC-ITU: Ortak Araştırma Merkezi

kWh: Kilovat Saat

- LNG:** Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
- MoUs:** İyi Niyet Sözleşmeleri
- MTEP:** Milyon Ton Eşdeğer Petrol
- MW:** Megavat
- MWt:** Megavat termal
- NAS:** Ulusal Bilim Akademisi
- OECD:** Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
- OPEC:** Petrol İhraç Eden Devletler Örgütü
- OPG:** Ontaryo Güç Nesli
- PWR:** Basınçlı Su Reaktörleri
- RBMK:** Yüksek Güçlü Kanal Tipi Reaktör
- RADD:** Radyoaktif Bertaraf Veri Tabanı
- REM:** Çevresel Radyoaktivite Gözlemi
- SANAEM:** Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
- SSCB:** Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
- SO₂:** Kükürtdioksit
- SWG:** AB Daimi Çalışma Grubu
- TAEK:** Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
- TANAP:** Trans Anadolu Doğalgaz Boru Hattı
- TBMM:** Türkiye Büyük Millet Meclisi
- TDK:** Türk Dil Kurumu
- TEAŞ:** Türkiye Elektrik Üretim İletim Anonim Şirketi
- TEDAŞ:** Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
- TEK:** Türkiye Elektrik Kurumu
- TEPCO:** Tokyo Elektrik Enerjisi Şirketi

TETAŞ: Türkiye Elektrik ve Ticaret Taahhüt Anonim Şirketi

TNDK: Türkiye Nükleer Düzenleme Kurumu

TNT: Trinitrotoluen

TVh: Teravat/saat

UAEA: Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı

UNESCO: Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü

U-235: Uranyum 235

U-238: Uranyum 238

VVER: Su-Su Enerji Reaktörü

WENRA: Batı Avrupa Nükleer Düzenleme Birliği

WHO: Dünya Sağlık Örgütü

GİRİŞ

Dünyanın sunduğu enerji kaynaklarının dağılımındaki dengesizlik, tüketim marjları yüksek olan devletlere ait kaynakların kısıtlılığı ve az sayıdaki belirli devletlere olan bağımlılık, devletleri enerji edinim çabasında alternatifler oluşturmaya mecbur kılmıştır.

Marjinal yükselişler gösterebilen enerji fiyatları, iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi çevre sorunları, fosil yakıtların sınırlılığı ve yakın gelecekte tükenecek olması gerçeği, enerji arzında dışa bağımlılığın giderek artması dünya hükümetlerini enerji güvenliği konusunda yeni önlemler almaya ve konuyla ilgili farklı çözümler bulmaya yöneltmektedir.

Ayrıyeten enerji teminindeki dışa bağımlılık, birçok ekonomik sorunu da beraberinde getirmektedir. Üretim fonksiyonunun yerine getirilmesinde büyük önem arz eden bir girdi olarak enerji verimsiz kullanıldığında ve fiyatlanmasındaki tahmin edilemeyen dalgalanmaların etkisiyle ürünün maliyetini arttırmakla kalmayıp, üretim maliyetlerindeki artışlara sebep olmasından ötürü ekonomik resesyona neden olarak devletlerin uluslararası piyasalardaki ekonomik rekabet gücüne zarar vermektedir.

Buradan hareketle her geçen gün artan enerji talebini karşılayabilmek ve enerjide dışa bağımlılığı azaltma konusunda nükleer enerji, devletlerin bu ihtiyacını karşılaması noktasında çok cazip bir konumda bulunmaktadır. Nükleer santrallerin kurulum aşamasındaki yüksek maliyete karşın, ihtiyaç duydukları yakıtın maliyetindeki fiyat tutarlılığı yanında diğer yakıt türlerine göre karbon gazı salınımındaki düşüklük sebebiyle sağladığı emisyon azlığı ve enerji temininde dışa bağımlılığı azaltması gibi nedenlerden ötürü devletler tarafından tercih edilmektedir.

Enerji tüketiminin artmasına istinaden çevresel problemlerle kurduğu doğru orantı artık yadsınamaz bir boyuta gelmiştir. Enerji talebinin yükselen grafiği, son yüzyılda yapabileceği etki derinlemesine analiz edilmeden ve plansız olarak artmış

olup üretimi beslemesi adına her türlü enerji, çevreye olan etkileri dikkate alınmadan fütursuzca kullanılmıştır.

Günümüz dünyasında bu durum sürdürülebilir kalkınma kavramını gündeme getirmiştir. Bir yandan artan enerji ihtiyacı, diğer tarafta ise çevrenin korunması ve ekolojik denge kavramları dikkate alındığında, orta-uzun vadede çevresel felaketlere meyil vermeyecek ve zararları önlenebilecek enerji kaynaklarının kullanımı önem kazanmaktadır. Fosil yakıtlara oranla daha az çevre kirliliği yaratması, karbon salınımına sebep olmadığı için sürdürülebilir kalkınma anlayışıyla bağdaşmaktadır.

Nükleer enerji konusunda dünyada kaza riski endişesi yer almaktadır. Ancak nükleer enerjinin tarihine baktığımızda dünyada sadece üç nükleer kaza meydana gelmiştir ve bu kazalar insan kaynaklıdır. Kaza riski her enerji türünde vardır. Ayrıca yeni nesil nükleer santrallerinde kaza riski çok daha azdır ve nükleer enerji santrallerinin inşasına katı güvenlik kuralları getirilmiştir.¹

Fosil yakıtlara oranla sera gazı salınımı konusunda avantajlar taşımakla birlikte nükleer santrallerde oluşabilecek kaza riskleri kamuoyunda endişe yaratmaktadır. Ancak dünya tarihine bakıldığında şimdiye kadar sadece üç adet kaza meydana gelmiş bulunmakta ve tamamı insani hatalar sebebiyle olmuştur. Kaza riski her türden enerji üretim şeklinde bulunmaktadır. Yeni kurulacak santrallerin inşası ile ilgili çok katı güvenlik kuralları getirilmiş olup gelişen teknoloji ve mimari yeni nesil nükleer santrallerinde riski minimize etmektedir.

Çevresel kaygılar açısından, en masum enerji üretim metotlarından biri kabul edilen hidroelektrik santrallerinde dahi risk daha yüksektir. 2009 yılında Rusya'da Sayano–Shushenskaya Hidroelektrik Santrali'nde meydana gelen kaza sonucu 75 kişi hayatını kaybetmiştir.²

¹ Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, <http://www.taek.gov.tr/kurumsal/uluslararası/uluslararası-cok-taraflı-anlasmalar-sozlesmeler/768-nukleer-guvenlik-sozlesmesi.html>, Erişim Tarihi (18.09.2016).

² Joe P. Hasler, "Investigating Russia's Biggest Dam Explosion: What Went Wrong?", <http://www.popularmechanics.com/technology/infrastructure/a5346/4344681/>, Erişim Tarihi (18.09.2016).

Son zamanlarda çevre bilincinin artmasıyla bağlantılı olarak güneş ve rüzgâr enerjisi kullanımı kamuoyunda taraftar bulmuştur. Güneş ve rüzgârdan elde edilen enerjinin tükenme endişesi olmamasının yanı sıra sera gazı salınımına da sebebiyet vermemesi nedeniyle ilk bakışta nükleer enerjiye oranla daha tercih edilebilir görünmesine rağmen enerji yoğunluğunun düşüklüğü ve depolama maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda henüz ekonomik olarak tam randıman alınamamaktadır. Güneş enerjisi üretimi için ihtiyaç duyulan panellerin geniş bir alana yayılması doğanın daha da fazla yok edilmesine sebep olmakta ve hem güneş hem de rüzgâr enerjisi üretiminin mevsimsel etkilere bağımlı olması sebebiyle bu enerji kaynakları nükleer enerjiye oranla daha vasat kalmaktadır. Ayrıca rüzgar enerjisinin yatırım maliyetlerinin yüksekliği, optimum rüzgar hızı beklentisi, göç eden kuşlar için oluşturduğu tehdit ve gürültü kirliliği bu teknolojilere karşı soru işaretleri yaratmaktadır.³

Yenilenebilir enerjiden beslenen enerji üretim tesislerinin mevsimsel koşullara bağımlılığı, termik santrallerin yakıtın kalitesine, petrol ve doğalgaz kullanılan santrallerin rezerv miktarına olan bağımlılığının aksine nükleer enerji bu bahsedilenlerin hepsinden bağımsız olarak her mevsim ve her coğrafyada sürekli üretime devam edebilmektedir.

Mevcut enerji üretim teknolojileri birbirinden farklılık göstermekle beraber hepsinin çevreye zararı bulunmaktadır. Hidroelektrik santraller daha kurulum aşamasında çok büyük miktarda araziye sular altında bırakılmaktadır. Bu durum çevresel olarak pek öne çıkarılmayan fakat önem arz eden bir sorun teşkil etmektedir.

“2013 yılı itibariyle dünya enerji tüketiminin %12,5’ine sahip olan Avrupa Birliği, tükettiği enerjinin %53’ünü ithal kaynaklardan temin etmekte ve dünyanın en

³ EnerjiBeş Temiz Enerji Portalı, Rüzgar Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları, <http://www.enerjibes.com/ruzgar-enerjisinin-avantajlari-ve-dezavantajlari/>, Erişim Tarihi (18.09.2016).

*büyük enerji ithalatçısı konumunda bulunmaktadır. Doğalgaz tüketiminin %66'sını, ham petrolün %90'ını ve katı yakıtların %42'sini ithalat ile karşılamaktadır.'*⁴

Bu durum enerji arzı güvenliği konusunda büyük bir tehlike oluşturmakta ve AB üye devletlerini ortak bir enerji politikası belirlemeye zorunlu kılmaktadır ancak her devletin kendi ihtiyacını düşünmesi ve çıkarlarını ön planda tutmak istemesi sebebiyle henüz sonuçlandırılmamıştır.

Fosil yakıtlardaki dışa bağımlılık Avrupa Birliği'nin enerji arzı güvenliği konusundaki endişelerini arttırmakla birlikte enerji fiyatlarındaki ani artışlar üye devletlerin ekonomilerini olumsuz etkilemektedir. Çevre kirliliğinin artması ve küresel ısınma gibi sorunlar Avrupa Birliği'ni alternatif enerji kaynakları aramaya mecbur bırakmıştır.

Rekabetçi, bütünleşik ve enerji arz güvenliğini sağlamış bir iç pazarın kurulabilmesi adına karbon salınımından kurtarılmış enerji politikaları geliştirmek isteyen AB için nükleer enerji üzerinde ciddiyetle durulması gereken bir üretim kaynağı olarak önemini korumaktadır. Hâlihazırda elektrik enerjisinin büyük bölümünü nükleer enerjiden elde eden AB, ekonomisi için büyük zararlara sebebiyet verebilecek ekonomik krizlerin geçirtilmesinde önemli bir koz oluşturacağıının farkındalığıyla ve ulusal bağımsızlıklarının temelinde dışa bağımlılığın azaltılmasının gerektiğine olan inançları sebebiyle nükleer enerjiye büyük önem vermektedir.

Enerji üretiminin %30'a yaklaşan bölümünü nükleer enerji kaynaklarından elde eden⁵ Avrupa Birliği'nin nükleer enerji kaynaklarından vazgeçmesi gerektiği tartışılrsa da bu durum yakın gelecekte gerçekleşecek bir durum oluşturmamaktadır. AB'nin önde gelen devletlerinden Fransa elektrik üretiminin %82.8'lik kısmını

⁴ Ayşegül Uçkun, "AB'de Entegre Bir Enerji Piyasası İçin Son Hamle: Enerji Birliği", EY International Congress on Economics II "GROWTH, INEQUALITY AND POVERTY".

⁵ Eurostat, [http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/File:Production_of_primary_energy,_EU-28,_2014_\(%25_of_total,_based_on_tonnes_of_oil_equivalent\)_YB16.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/File:Production_of_primary_energy,_EU-28,_2014_(%25_of_total,_based_on_tonnes_of_oil_equivalent)_YB16.png), Erişim Tarihi (20.09.2016).

nükleer enerjiden karşılamakta⁶ ve diğer üye devletlere satmaktadır. Nükleer enerji santrallerinde artışa gitmeyen AB devletlerinde ise bu durumun sebebi olarak resesyon, nükleer enerjiden elde edilen elektrik üretiminde doyum noktasına ulaşılması, nüfus artış hızındaki düşüklük, sanayileşmiş devletler olmaları sebebiyle enerji yoğunluğuna olan talebin düşmesi gösterilmektedir.

Türkiye, komşusu AB gibi enerji konusunda dışa bağımlı bir devlettir. Toplam enerji ihtiyacının %72'yi aşan kısmını dış kaynaklı olarak sağlamaktadır.⁷ AB'den farklı olarak sanayileşme hızı, teknoloji kullanımı ve nüfustaki artış enerjiye olan talebi her geçen gün daha da arttırmaktadır. Bu taleple beraber doğru orantılı olarak dışa bağımlılık da hızla artmaktadır. Yakın zamanda ciddi önlemler alınmadığı takdirde bu durum enerji arzı güvenliğinde büyük açıklara sebebiyet verecek ve enerjideki dışa bağımlılıkla paralel artan cari açık büyük ekonomik sorunlar doğuracaktır.

Türkiye'nin enerji politikası, ekonomik kalkınmayla uyumlu olarak; sürdürülebilir, etkin ve güvenilir bir şekilde, çevresel faktörleri de göz önünde bulunduracak şekilde düzenlenmelidir. Bu özelliklerin hepsini bünyesinde toplayan nükleer enerji kavramı iyi analiz edilerek Türkiye'nin enerji stratejilerinde önemli bir aktör olarak yerini almalıdır. Nükleer enerji ile enerji arzına yapılacak katkı Türkiye gibi kalkınmakta olan bir devlet için bir tercihten çok bir zorunluluktur.

Nükleer enerji üretiminde kullanılan toryumun rezerv bakımından %6'ya varan kısmı Türkiye'de bulunmaktadır. Dünya üzerinde 374.000 ton Toryum rezervi ile dünyada en büyük 6. rezerve sahip olması hammadde sıkıntısı yaşamamak adına büyük önem taşımaktadır.⁸

⁶ Eurostat, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/1/19/Energy_production%2C_2004_and_2014_%28million_tonnes_of_oil_equivalent%29_YB16.png, Erişim Tarihi (20.09.2016).

⁷ International Energy Agency, *Key World Energy Statics 2015*, s. 56.

⁸ World Nuclear Association, Thorium, *Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency, Uranium 2014: Resources, Production and Demand*, <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/thorium.aspx>, Erişim Tarihi 20.09.2016, s. 40.

Enerji arzı güvenliği konusunda doğal kaynaklar açısından büyük avantaja sahip olan Türkiye nükleer enerji politikalarına hız vererek hem teknoloji kullanımındaki bilgisinin pazarlanmasında hem de söz konusu Toryum rezervlerinin ihracatı sebebiyle gelir elde edecektir. Türkiye'nin kalkınma sürecinde hız kazanması, sanayi sektörünün uluslararası alanda rekabet edebilir olmasına, rekabet edebilirliği ise enerji arz portföyüne mutlak suretle nükleer enerjiyi eklemesiyle mümkün olacaktır.

Avrupa Birliği'ne tam üyelik müzakerelerini sürdüren bir devlet olarak Türkiye'nin enerji politikaları da AB Müktesebatı ile örtüşmekle mükelleftir. Bu konudaki uyum sadece tek başına bir ahenk yaratmakla birlikte tüm başlıklarda da ikilinin ilişkilerine bir ivme kazandıracaktır ve söz konusu yakın ilişkiler Türkiye'nin Avrupa Birliği'ne uyum sürecine katkı sağlayacaktır.

Dünyada söz sahibi olmak isteyen tüm devletlerin gelecekte nükleer enerjiyi bu durum için bir koz olarak kullanma gayesinde oldukları gözlemlenmektedir. Bu çalışma Türkiye'nin nükleer enerjiye neden ihtiyaç duyduğuna açıklama getirmek ve gelecekte yenilenebilir enerji kavramlarının enerji ihtiyacını karşılama konusunda yeterlilik gösterip gösteremeyeceğini analiz ederek, nükleer enerji kullanımının çevreye, turizme ve tarıma olan etkilerini araştıracaktır. İşbu çalışmada Türkiye'nin AB nükleer enerji politikasına ne derecede uyum sağladığı incelenecek ve enerjide dışa bağımlılığın şiddetinin azaltılması sonucunda kazanılabilecek iktisadi kazançlar incelenecektir.

AMAÇ

Nükleer enerjinin tarihsel gelişimi ışığında kendisine alternatif olabilecek enerji temin yöntemleriyle karşılaştırmalar yapılarak Türkiye-AB ilişkilerinde yaratabileceği potansiyel etkilerin, AB nükleer enerji müktesebatı göz önünde bulundurularak tespit edilmesi amaçlanmıştır.

Nükleer enerjinin barındırdığı yüksek potansiyelin değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Dünyada geçmişte yaşanmış olan tecrübeler göz önünde bulundurularak Türkiye için ne denli uygun bir enerji temin yöntemi olduğu hakkında düşünceler geliştirilmiş ve Türkiye'nin enerji arz politikası incelenerek gelecekte nükleer teknolojinin enerji portföyünde sahip olması gereken pay araştırılmıştır.

ÖNEM

Türkiye OECD ülkeleri arasında enerji talebi en hızlı artan devlet konumundadır. Bu durum enerji arz güvenliği konusunda ciddi adımlar atılması gerektiğinin bir göstergesidir. Fosil yakıt kaynakları açısından yerli rezervlerin Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılayamayacağı bir veri iken, yükselen talebin ekonomiyi dışa bağımlı hale getireceği kaçınılmaz bir gerçektir.

Dış borcu oluşturan her 1TL'nin 22 Kuruşu enerji kaleminde yer almaktadır. Bu sebeple Türk Devleti nükleer enerji üretmek için santraller kurmak gayesindedir. Bu noktada nükleer enerji santrali kurmanın maliyetleri uzun dönemli olarak değerlendirilmelidir. Bir diğer faktör ise nükleer enerjinin riskli bir teknoloji olmasıdır. Nükleer enerji ile ilgili kanuni altyapının tam olarak oluşturulması hayati bir önem taşımaktadır.

Nükleer enerji üretiminin AB ile olan ilişkilerdeki ekonomik boyutunu araştırabilmek için öncelikle AB'nin konuyla ilgili duruşu incelenmelidir. Bu sebeple bürokratik ve politik süreç iyi bir şekilde analiz edilmeli ve Türkiye için yol haritası bundan sonra uzun vadeli olarak çizilmelidir. Bu çalışma nükleer enerjinin alternatifleri ile kıyaslanarak Türkiye için en doğru stratejinin bulunması yolunda hazırlanan bir değerlendirmedir. Hiç şüphesiz ki Türk kamuoyu karşısında şeffaf bir şekilde hazırlanacak nükleer program Türkiye'nin sadece AB ile olan ekonomik ilişkileri ile kısıtlı kalmayarak tüm dünya ile olan ekonomik ve politik ilişkilerini etkileyecektir.

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu çalışmanın hazırlandığı süreçte daha çok birincil veri kaynakları olmak üzere birincil ve ikincil veri kaynakları kullanılmıştır. AB müktesebatına dair bilgiler AB Komisyonu ve Birliğin diğer internet kaynaklarından yazar tarafından İngilizceden çevrilerek çalışmaya eklenmiştir. Nükleer enerji hakkındaki diğer bilgiler Şimdiye kadar yayımlanmıŐ yerli ve daha çok yabancı makaleler, dergiler, bültenler ve raporlardan derlenmiştir.

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı ve dünyada bu konuda çalışmalar yapan ciddi kurumlardan veriler toplanmıŐ, birbirleri ile karŐılaŐtırılarak metne eklenmiştir. Dünya çapında etkileri olan uluslararası Şirketlerin hazırladıkları raporlar veri temininde kilit rol oynamıştır. İfade edilmek istenen düşünceler hakkında daha önceden hazırlanmış tablolar ve grafiklerin olmadığı zamanlarda gerekli grafikler ve tablolar yazar tarafından hazırlanarak metne eklenmiştir.

İkincil veri kaynakları olarak Ulusal Tez Merkezi'nin sitesinden ilgili yüksek lisans ve doktora tezleri incelenmiŐtir. Buradan elde edilen veriler bir kez daha uluslararası kaynaklar ile karŐılaŐtırılmıŐ ve sonrasında çalışmaya entegre edilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ, ENERJİ KAYNAKLARI ve NÜKLEER ENERJİ

1.1. Enerjinin Tanımı

“*Maddede var olan ve ısı, ışık biçiminde ortaya çıkan güç, erke*”⁹ şeklinde tanımlanan enerji kavramı, tarihsel gelişim içerisinde çok daha karmaşık bir anlam kazanmış ve ekonomik olarak gelişmek isteyen toplumların arzında büyük sıkıntılar çektiği, elde edilmesi ve ihtivası çok zor bir değer haline dönüşmüştür.

Günümüzde enerji ve ona olan ihtiyaç toplumların gelişmişlik düzeylerini belirlerken enerji arzının güvenliği ve devamlılığını sağlamak da devletlerin detaylı planlar kurgulayarak uzun dönemli stratejileri geliştirmelerine sebep olmuştur.

Teknolojinin gelişimi ve hızlı nüfus artışı sebebiyle enerjiye olan ihtiyaç günümüzde tüm insanlık tarihindeki en yüksek seviyesine ulaşmıştır.¹⁰ Hızla artan ihtiyaca karşın enerji arzındaki artış oranlarının yetersiz kalması sebebiyle tüm dünya devletlerinde enerjiye sahip olmak bir problem oluşturmuştur. Ancak enerji ihtiyacını gidermekte başarılı olanlar kalkınmakta ve dünya sahnesinde diğerlerinin önünde yer alabilmektedir. Enerji ihtiyacının altında üretim gerçekleştirenler ise taleplerini dış kaynaklı olarak temin etmekte ve bunun maliyetine katlanmak zorunda kalmıştır.

1800’lerden itibaren enerji, üretimin bir unsuru olarak sınıai üretimde yer almaya başlamıştır. Artan sanayileşme ve tüketim talebiyle beraber enerji temini başlı başına bir sorun olmuş ve enerji de üretimin bir unsuru olarak varlığını sürdürmenin yanında ayrı bir sektör halini almıştır.

⁹ TDK, Güncel Türkçe Sözlük, http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.57e190f2994652.46002367, Erişim Tarihi (28.09.2016).

¹⁰ Our Finite World, Dünyada 1820’den 2012’ye Enerji Tüketimi, <https://ourfineteworld.com/2012/03/12/world-energy-consumption-since-1820-in-charts/>, Erişim Tarihi (28.09.2016).

Türkiye’de Birinci Kalkınma Planı çerçevesinde bütçede taşıma-haberleşme başlığından sonra 442,2 milyon TL ile en yüksek bütçeye sahip olmuştur.¹¹ Söz konusu yatırım ve kalkınma hareketleri çeşitli politik ve sosyo-ekonomik sebeplerle nihayete erdirilememiş olsa da kuramsal olarak literatürde saygın bir yer edinmeyi başarmıştır. Devletin gelişiminde sanayinin öneminin büyüklüğü kadar sanayiye güç verecek olan enerjinin ve enerji sektörünün gelişmesinin de büyük önemi olduğu anlaşılmaktadır. Şayet 2011 itibariyle yaptığı toplam ihracatın %40’ı kadar bir meblağı enerji ithalatına harcamıştır.¹²

1.2. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Enerjinin sınıflandırılmasında iki alt başlık kullanılması uygun görülmüştür. Birinci alt başlık “stok-akım enerji kaynakları”, ikincisi ise “birincil-ikincil enerji kaynakları”dır.

1.2.1. Stok-Akım Enerji Kaynakları

Stok enerji denildiğinde akla kaynak bakımından sınırlı olan, doğada kendiliğinden yenilenemeyen, belli bir süre sonunda tükeneceği bilinen enerji kaynakları gelmektedir. Doğada bulunan petrol ve kömür rezervleri bunların başlıca örneklerini teşkil etmektedir.

Akım enerji ifadesi ise şiddeti değişkenlik göstermekle beraber, doğada sınırsız bir şekilde bulunan ve kendini sürekli yenileyebilen kaynakları ifade etmek için kullanılmaktadır. Rüzgâr, güneş ve jeotermal enerji akım enerjilere verilebilecek başlıca örnekleri teşkil etmektedir.

¹¹ Devlet Planlama Teşkilatı, Kalkınma Planı- Birinci Beş Yıl, s. 143.

¹² Elektrik Üreticileri Derneği, *Cari Açığın Kaynağı Enerji*, <http://www.eud.org.tr/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFFA79D6F5E6C1B43FFC112613E4DF20E8E>, Erişim Tarihi (28.09.2016).

1.2.2. Birincil Enerji Kaynakları

Birincil enerji kaynakları doğada buldukları şekilleriyle kullanılabilen enerji kaynaklarını ifade etmektedir.¹³ Örnek olarak petrol, kömür, doğalgaz, güneş ve rüzgâr gibi başlıcaları akla gelmektedir ve başka bir enerji çeşidine dönüştürülmeden kullanılmasına istinaden bu şekilde adlandırılmıştır.

Birincil enerji kaynaklarının alt ayrımında ise tükenebilirliğine göre bir sınıflandırmaya gidilmiştir. Yenilenemeyen Birincil Enerji kaynakları olarak petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil kökenli enerji kaynakları örnek olarak ilk akla gelmektedir. Yenilenebilir Birincil Enerji Kaynakları ayrımında ise rüzgâr, güneş ve jeotermal enerji çeşitleri daha yoğun olarak tercih edilenler arasında gelmektedir.

“Petrol, 2013 yılı sonu itibari ile dünya enerji talebinin % 33’ünü, doğal gaz ise % 24’ünü karşılamıştır. Bugüne kadar, çeşitli uluslararası kurum ve kuruluşlar tarafından (Uluslararası Enerji Ajansı, ABD Enerji İdaresi, BP, ExxonMobil vb.) yapılan çeşitli projeksiyonlara göre petrolün birincil enerji tüketimi içindeki payını uzun dönemde de koruyacağı öngörülmektedir.”¹⁴

Birincil enerji kaynaklarından orta-uzun vadede çevreye zararları kanıtlanmış olan petrolün kullanılmasının devam edeceği ve nükleer enerjinin kullanım alanının aynı oranlarda marjinal bir artış yaşamadan seyredeceği öngörülmektedir. Nükleer enerjinin sera gazı salınımının azaltılmasında dikkate alınması gereken bir alternatif olduğu ortadadır. Beşikten mezara maliyetleri azaltılmaya çalışılmalı ve gerekli düzenlemeler sağlanarak güvenlik konusundaki soru işaretleri ortadan kaldırılmalıdır. Enerji üretimindeki oluşturduğu potansiyel özellikle Türkiye gibi

¹³ Tanay Sıdkı Uyar, “Sürdürülebilir Değil, Yenilenebilir Enerji”, http://www.bugday.org/portal/haber_detay.php?hid=79, Erişim Tarihi (28.09.2016).

¹⁴ Türkiye Petrolleri, “Ham Petrol ve Doğalgaz Raporu”, http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/imaaj/HP_DG_SEKTOR_RPR_040515.pdf, Erişim Tarihi (28.09.2016).

gelişmekte olan devletlerin enerji arzı güvenliğini sağlamadaki amaçlarına hizmet edeceği ortadadır.

1.2.3. İkincil Enerji Kaynakları

İkincil enerji; birincil enerji kaynaklarının fiziksel durumlarını değiştirerek dönüştürülmesi sonucu elde edilir.¹⁵ İkincil enerjinin ortaya çıkabilmesi adına birincil enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun sağlanabilmesi ise, termik ve nükleer santraller, petrol rafinerileri gibi büyük oranda bilim ve teknolojiye yararlanan altyapı yatırımlarını gerekli kılmaktadır.

İkincil enerji kaynaklarının elde edilmesi teknik bilgi gerekliliği, yetişmiş personel ve büyük yatırım maliyetlerine katlanmayı gerekli kılmaktadır. Enerji arzının devamlılığını sağlamak adına devletimiz bu konulardaki eksiklerini kapatmalı ve uzun vadeli planlarında enerji temininde dışa bağımlılığı azaltmak adına ikincil enerji üretimini (özellikle nükleer enerjiyi) önemli bir noktaya taşımalıdır.

1.2.4. Başlıca Enerji Çeşitleri

Enerji kavramının tam olarak anlaşılabilmesi adına enerjinin hasat edildiği kaynakların da incelenmesi gerekmektedir. Nükleer enerji dışında kalan enerji çeşitlerinin de nükleer enerjiyle kıyaslanarak belirlenmesi gereken enerji politikası hakkında daha derin fikirlerin oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu bölümde söz konusu kaynakların kendine göre avantaj ve dezavantajları incelenerek nükleer enerjiyle kıyas edilecektir.

1.2.4.1. Kömür

Kömür yanma kabiliyetine sahip organik bir kayadır. Temel olarak karbon, hidrojen ve oksijenin bileşiminden oluşmuştur. Milyonlarca yıl süren bir süreç sonunda diğer kaya tabakalarının arasında damar olarak meydana gelmiş olup; ısı,

¹⁵ A. Nuri Gülay, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye’nin Geleceği ve Avrupa Birliği İle Karşılaştırılması”, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi).

basınç ve mikrobiyolojik etkilere maruz kalarak meydana gelmiştir.¹⁶

Kömür işletmeciliğine ait ilk dokümanlar 12. yüzyıla aittir. Sanayi ve endüstride kullanılması ise 18. yüzyılın ikinci yarısına rastlar. Demir-çelik sanayisinin hammaddelerinden birini oluşturan kömür bu dönemde buharlı motorların çalışmasında yakıt olarak da tercih edilmiştir. Günümüzde büyük bölümü elektrik üretiminde kullanılan kömürün gazlaştırılarak kullanılması düşüncesi ilk olarak yine 18. yüzyıla ait olmakla birlikte bu fikrin ciddi olarak değerlendirilmesi 1972-1975 yılları arasında yaşanan petrol kriziyle ivme kazanmış ve çeşitli projelere konu olmuştur.¹⁷

Kömürün elektrik enerjisi üretiminde kullanılması termik güç santralleri aracılığıyla gerçekleşmektedir. Bu işlemin temel prensibi, kömürün yakıt olarak kullanılması sonucu elde edilen ısı enerjisinin; kazanda kinetik enerjiye çevrilmesi sonucu türbinlere iletilerek mekanik enerjiye daha sonra da alternatörler aracılığıyla elektrik enerjisine çevrilmesine dayanır. Çalışma prensibi sebebiyle yüksek debili suya ihtiyaç duyan termik santraller genellikle akarsu, göl ve deniz kıyılarına kurulmaktadır. Elektrik üretimi sonucu ulaşılan yüksek ısının bir bölümü çevreye atılır ve soğutma suyu, suyun elde edildiği kaynağa geri bırakılır. Bu durum çevre için ciddi sorunlara sebep olabilmektedir. Ayrıca kömürün yanmasıyla oluşan CO₂ ve SO₂ emisyonları yoğun hava kirliliğine sebebiyet vermektedir.

Türkiye'nin 2015 yılı itibariyle toplam birincil enerji tüketimi 126,9 Milyon Ton Eşdeğer Petroldür (MTEP). Söz konusu enerji tüketiminin %27,3'ü kömür kaynaklı olarak karşılanmaktadır. 2016 yılı sonu itibariyle toplam kurulu gücün %22,1'ine karşılık gelen, kömüre dayalı santral kurucu gücü 17.316 MW olup bunun %12,1'lik kısmı yerli kömürden karşılanmakta ve diğer %10'luk kısmı da ithal kömür ile gerçekleştirilmektedir.¹⁸

Türkiye'nin enerji ihtiyacının 1/3'üne yaklaşan kısmı nispeten geleneksel

¹⁶ ETKB, "Kömür Nedir?", <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FK%C3%B6m%C3%BCr+Nedir-.pdf>, Erişim Tarihi (07.06.2017).

¹⁷ Cenk Sevim, "Küresel Enerji Jeopolitiği ve Enerji Güvenliği", *Yaşar Üniversitesi Dergisi*, Cilt 26, Sayı 7, 2012, s. 4388.

¹⁸ ETKB, "Kömür", <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, Erişim Tarihi (08.06.2017).

teknolojiler ve metotlar ile sağlanmaktadır. Kömürden elde edilen enerjinin sebebiyet verdiği karbon salınımı yüksektir ve çevre için ciddi bir tehlike oluşturmaktadır. 1 gram U-235'in tamamen fisyon reaksiyonuna girmesi sonucu elde edilen enerjiye ancak 17 ton linyit kullanılarak ulaşılabilmesi bile tek başına durumun kavranmasına olanak tanımaktadır.¹⁹

1.2.4.2. Petrol ve Doğalgaz

Petrol ve doğalgaz yeryüzüne çıkarıldıklarında buldukları fazlara göre ayrışan hidrokarbonlardır. Atmosferik basınç ve sıcaklık koşulları altında sıvı halde bulunanlar petrol, gaz halinde olanlar ise doğalgaz olarak adlandırılmaktadır.

Dünya ekonomisinde enerji kaynağı olarak kullanılmasına istinaden büyük değişikliklere sahip olan petrol ürünleri, kaynakların dağılımı bakımından eşit olarak değil bölgesel olarak yoğunlaşmaktadır. Kaynakların dünya üzerindeki dağılımındaki eşitsizlik, petrol ve doğalgaz kaynaklarının bulunduğu bölgelere yüksek jeo-stratejik önem katmakta ve dünya politikasının şekillenmesinde büyük rol oynamaktadır.²⁰

Petrol üretimini Türkiye özelinde incelemek gerekirse, yapılan hesaplamalar sonucu Türkiye'de ortalama 1.8–10.4 milyar ton arasında petrol rezervi bulunabileceği öngörülmüştür.²¹ Toplamda 335.105 km²'lik muhtemel petrol taşıyabilir efektif alan bulunmakla birlikte bu sahaların kesin tespiti için araştırılması gereken alan ise toplam 841.000 km²'dir. 1954 yılından bu yana petrol araması gerçekleştirilen devletimizde mevcut kaynakların değerlendirilmesi konusunda yeterli yatırımlar yapılmamış ve rezerv artırımına gidilememiştir. Dünyadaki mevcut petrol rezervindeki düşüş ve petrol temelli ürünlerin sağlanmasındaki dışa bağımlılık cari açık olarak ekonomimize geri dönmektedir.²² Gelişmekte olan devletler sınıfından sanayileşmiş ve gelişmiş bir devlete dönüşebilmek için yurttaki tüm enerji

¹⁹ Cenk Sevim, *Küresel Enerji Stratejileri ve Jeopolitik*, 1.Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara 2012, s. 198.

²⁰ Necdet Pamir, "Büyük Tüketicilerin Hızla Artan İthalat Bağımlılıkları Ve Enerji Kaynaklarının Kontrolü Savaşımı", http://www.emo.org.tr/ekler/c6744c9d42ec2cb_ek.pdf, s. 64.

²¹ TÜSİAD, *21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi*, İstanbul 1998, s. 65.

²² Ayşe Özden-Maral Haçikoğlu, "Enerji Sektöründe Yatırımlar", A&T Bank Enerji Sektörü Raporu, https://www.atbank.com.tr/documents/ENERJI%20SEKTORU_SUBAT%202018.PDF, s. 13.

kaynaklarının verimli bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Enerji arzında yaşanan aksamalar ekonomik olarak birikimli zararlara sebebiyet vermekte ve her geçen gün telafi edilemeyecek bir duruma devletimizi sürüklemektedir.

1.2.4.3. Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji kaynakları doğada hâlihazırda bulunan tükenmeyen kaynakları ifade etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına verilebilecek başlıca örnekler; güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, su enerjisi (hidro-enerji), hidrojen teknolojisi, jeotermal enerji ve biyoyakıtlardır. Söz konusu enerji kaynakları enerji arzında dışa bağımlılığı azaltmak ve yapılacak AR-GE çalışmaları sonucunda enerji maliyetlerinde düşüş sağlanarak, doğaya zarar vermeden enerji üretiminin sağlanması açısından önem taşımaktadırlar.²³

1.2.4.3.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinin modern anlamda ele alınması 18. yüzyıla dayanır. 1767 yılında, İsviçreli bilim adamı Horace Saussure, dünyanın ilk güneş kolektörünü yapmıştır. İlerleyen dönemlerde çeşitli bilim insanlarının yaptıkları çalışmalar güneş enerjisi teknolojisinin ilerlemesine sebebiyet vermiştir fakat söz konusu enerji sisteminin ticari kullanımındaki yüksek artış 1973 Enerji Krizi'nden sonra ivme kazanmıştır. Teknolojik ilerleme ve maliyetlerdeki düşüş devletlerin güneş enerjisini ciddi bir enerji kaynağı olarak kabul etmesine sebebiyet vermiştir.

Güneş enerjisinin yüksek potansiyelini tanımlamak gerekirse dünya yüzeyine gelen güneş enerjisi fosil ve uranyum yakıt kaynaklarının on katına ve yıllık enerji tüketiminin 15.000 katından fazlasına denk gelmektedir. Güneşin dünyaya gönderdiği toplam enerji miktarı yaklaşık olarak 150 milyon nükleer enerji santralının ürettiği enerjiye denk gelmektedir.²⁴ Yüksek bir potansiyel barındıran güneş enerjisi, nükleer enerji ile birlikte dikkate değer bir gelişim potansiyeli

²³ Senem K. Dışkaya, "Türkiye'nin Enerji Güvenliğinde Yenilenebilir Enerji Etkisinin Politik Ekonomi Perspektifi", *Marmara Üniversitesi Siyasal Bilimler Dergisi*, Cilt 5, Sayı 2, Eylül 2017, s. 145.

²⁴ Cenk Sevim, *Küresel Enerji Stratejileri ve Jeopolitik*, 1.Baskı Ankara 2012, s. 203.

barındırmaktadır. Nükleer enerjiye kıyasla daha temiz bir enerji arzı sunmakla birlikte, enerjinin devamlılığı bakımından yılın her mevsimi aynı verimi sağlayamamakta ve bu noktada nükleer enerjiye göre dezavantajlı bir konumda yer almaktadır. Günümüzde güneş enerjisi teknolojilerinde yatırım yapan önde gelen devletler Almanya, İspanya ve Çin'dir.

1.2.4.3.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi insanlık tarihinde ilk olarak M.Ö. 2000'li yıllarda Eski Mısır ve Çin'de tahıl öğütme amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Avrupalıların rüzgâr enerjisi ile tanışması ise Haçlı Seferleri ile olmuştur.²⁵

Modern anlamda rüzgâr türbinlerinin ilk olarak kullanılması ise 1956 yılında 200 kW güce sahip Gedser Rüzgâr Türbini ile gerçekleşmiştir. 1967 yıllarına kadar Gedser teknolojisi kullanılmış olup, 1965'ten itibaren petrol fiyatlarında düşüş sebebiyle rüzgâr türbini teknolojisi 5-6 yıllık bir duraklama dönemine girmiştir. 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizleri sebebiyle tekrardan gündeme alınan rüzgâr enerjisi, 1980'li yıllardan itibaren teknolojik gelişimi ile ekonomi, çevre ve enerji güvenliği açısından cazibesini arttırarak Avrupa ve Amerika'da çağdaş mühendislik ürünleri haline gelmiştir.²⁶

Temiz bir enerji kaynağı olan rüzgârın diğer enerji kaynaklarına karşı başlıca avantajı sera gazı gibi doğaya zararlı salınımlara sebebiyet vermemesidir. Herhangi bir yakıt kullanmadığı için atık oluşumuna neden olmaması büyük önem taşımaktadır. Rüzgâr enerjisi kullanımının bir diğer faydası ise fosil temelli enerji üretimlerine çevre dostu bir alternatif olmasıdır. ABD'de enerji üretiminde doğalgaz, petrol ve kömürle çalışan termik santraller aracılığıyla üretilen elektriğin maliyetinin %25-%30'u kadar bir bedele rüzgâr türbinleri aracılığıyla enerji üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

Çevre dostu olması ve yakıt olarak doğanın tükenmeyen enerji kaynağı

²⁵ Selçuk Hayli, "Rüzgâr Enerjisinin Önemi, Dünya'da ve Türkiye'deki Durumu", *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt 11, Sayı 1, 2001, s. 9.

²⁶ Cenk Sevim, *Küresel Enerji Stratejileri ve Jeopolitik*, 1.Baskı Ankara 2012, s. 205.

rüzgârı kullanmasına rağmen rüzgâr enerjisinden enerji üretiminin de dezavantajları mevcuttur. Rüzgâr esme frekansının değişkenliği enerji üretiminde kesikli bir grafik oluşmasına sebep olur. Enerji üretimi yılın her ayı aynı değerlerde sürdürülemez. Rüzgâr esme hızının düşmesi veya rüzgârın esmemesi gibi faktörler enerji arzını olumsuz etkiler. Ayrıca türbinlerin çalışırken çıkardığı ses çevre sakinleri açısından gürültü kirliliğine sebebiyet verdiği için yüksek sesle çalışan rüzgâr türbinleri yerleşim yerlerine yakın olarak kurulmamalıdır. Rüzgâr türbinlerinin bir diğer dezavantajı olarak kapladıkları alan gösterilebilir. Örneğin 20 adet ortalama boyuttaki rüzgâr türbininin kurulabilmesi için 1 km²'lik bir alan gerekmektedir.²⁷

Nükleer enerjiye oranla temiz bir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi, günümüz itibariyle kesintisiz enerji sağlama noktasında ihtiyaçları karşılayamamaktadır. Önümüzdeki yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte bilim insanları rüzgâr enerjisinin aksayan yönlerini giderecek ve rüzgâr enerjisi, enerji piyasasında vazgeçilmez bir oyuncu olarak kendisine yer bulacaktır. Tüm dünyada konu ile ilgili AR-GE çalışmaları sürdürülmekte ve bu konuda başı Almanya, ABD ve Çin çekmektedir.²⁸

1.2.4.3.3. Su Enerjisi (Hidroelektrik Enerji)

Elektrik üretiminde kullanımı bu yüzyılın başına dayanan su enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında günümüz itibariyle en çok tercih edilen ve en yüksek verime sahip olanıdır. Temel prensibi suyun sahip olduğu potansiyel enerjinin barajlar aracılığıyla toplanıp türbinlerden geçirilerek kinetik enerjiye dönüştürülmesi ve elektrik üretiminde kullanılmasına dayanır. Küçük ve büyük ölçekli olarak iki çeşidi mevcuttur. 20 MW'a kadar kapasitesi olanlar küçük ölçekli kabul edilir.²⁹

²⁷ Selçuk Hayli, "Rüzgâr Enerjisinin Önemi, Dünya'da ve Türkiye'deki Durumu", *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt 11, Sayı 1, 2001. s. 1-26.

²⁸ Ekolojist, "Rüzgâr Enerjisinde Başlı Çeken Ülkeler", <http://ekolojist.net/ruzgar-enerjisinde-basiceken-ulkeler/>, (15.06.2017).

²⁹ International Finance Corporation, "Design And Typical Layouts", *Hydroelectric Power A Guide for Developers and Investors*, https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/06b2df8047420bb4a4f7ec57143498e5/Hydropower_Report.pdf?MOD=AJPERES, Erişim Tarihi (15.06.2017), s. 18.

İşletim sistemleri görece (nükleer enerjiye göre) daha kolaydır. Yakıt olarak su kullandıkları için sera gazı salınımı veya benzeri bir karbon salınımına sebep olmadan çalışırlar. Her ne kadar yenilenebilir bir enerji kaynağı olsa da “yeşil enerji” olarak tanımlanmazlar. Çevreye ve doğal hayata etkileri büyüktür. İşletme ömürleri nükleer santrallere oranla daha kısadır. İşletme kurulum maliyetleri ise büyük ölçekli olanlarda yüksektir.

1.2.4.3.4. Hidrojen Enerjisi

Doğada serbest halde bulunmayan hidrojen, çeşitli enerji kaynakları kullanılarak ayrıştırılır. Günümüzde ağırlıklı olarak fosil enerji kaynakları ve nükleer enerji kullanılarak üretimi yapılmaktadır. Atık olarak su ve su buharı bırakması sebebiyle çevre dostudur fakat hidrojenin saklanması ve taşınmasındaki yüksek maliyet sebebiyle ekonomik değildir.

Rüzgâr ve güneş enerjisi kullanılarak üretilebilen hidrojen enerjisi, çevre dostu yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilmesi açısından söz konusu kaynaklar ile kombine bir şekilde değerlendirilebilir.³⁰ Ölçek olarak üretim ve saklama maliyetleri sebebiyle nükleer enerjiye rakip olması kısa dönemde mümkün görünmemektedir.

1.2.4.3.5. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yer kabuğunun sahip olduğu ısı enerjisidir. Yer kabuğunun derinliklerine inildikçe, her 1 km derinlikte ısının 1⁰ C arttığı bilinmektedir³¹ fakat bu şekilde yapılan sondajın ve elde edilecek enerjinin maliyeti çok yüksek olduğundan jeotermal enerji ancak yer kabuğunun inceldiği bölgelerde ekonomik bir özellik kazanır. Bu özelliği sebebiyle dünya çapında enerji ihtiyacını karşılamaktan ziyade ancak bölgesel ihtiyaçların giderilmesine hizmet etme kapasitesine sahiptir. Jeotermal enerji, 140⁰C ve üzeri sıcaklığa sahip olan jeotermal kaynakların bulunduğu alanlarda elektrik üretiminde kullanılabilir. Santral kurulumu 1-2

³⁰ Cenk Sevim, *Küresel Enerji Stratejileri ve Jeopolitik*, 1.Baskı Ankara 2012, s. 207.

³¹ Orhan Erden, “Doğu ve Güneydoğu Anadolu Jeotermal Kaynaklarının, Potansiyeli ve Değerlendirilmesi”, http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/69ff987c643b4be_ek.pdf, s. 94.

yıl, santral ömrü ise 25-30 yıl civarındadır. Kapasite ve büyük çaplı ihtiyaçların karşılanmasında nükleer enerjiye oranla yetersiz kalmakta ancak bölgesel ihtiyaçların karşılanmasında değerlendirilmesi gereken bir kaynak olarak dikkate alınması gereken bir tercih oluşturmaktadır.

1.2.4.3.6. Biyoyakıtlar

Biyoyakıtlar, tarımsal ürünler ve atık yağlar kullanılarak üretilen, benzin ve motorine karıştırılarak veya saf olarak kullanılabilen bir enerji türüdür. En yoğun tercih edilenleri biyoetanol ve biyodizeldir.³²

Biyoetanol mısır ve şeker pancarı gibi tarımsal ürünlere etil alkol karıştırılarak kimyasal yöntemlerle üretilen bir yakıt türüdür. Karbondiyoksit emisyon oranları fosil temelli yakıtlara oranla daha düşük olduğundan nispeten daha temiz bir enerji olarak kabul edilir. Biyoetanol üretim ve kullanımında ilk iki sırayı Brezilya ve ABD almaktadır. Brezilya, önümüzdeki yıllarda toplam akaryakıt tüketiminin %75'ini biyoetanolden elde etmeyi amaçlamaktadır.³³ Avrupa Birliği'nde ise akaryakıtlara %2 - %5 oranında biyoetanol eklenmesi zorunlu hale getirilmiştir.

Bir diğer biyoyakıt türü olan biyodizel ise ayçiçeği, kenevit, hindistan cevizi, soya ve kanola gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların alkol ile kimyasal reaksiyona sokulması sonucu elde edilir. Biyodizel tarımsal ürünlerin arzında dünya çapında sorunlara sebep olmakla beraber, özellikle savaş dönemlerinde fosil temelli akaryakıtlara stratejik bir alternatif oluşturmasından ötürü tercih edilmektedir. Yüksek alevlenme noktaları sebebiyle güvenle muhafaza edilebilen biyodizel, jeneratör ve ısıtma sistemlerinde de enerji kaynağı olarak tercih edilmektedir. Biyoyakıtlar yüksek miktarda tarımsal ürün girdisini yakıt olarak kullandıklarından büyük çaplı enerji üretiminde tercih edilmemektedir. Üretim girdisindeki yüksek maliyet büyük çaplı enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında nükleer enerji ile kıyas

³² E. Emrah Hatunoğlu, "Biyoyakıt Politikalarının Tarım Sektörüne Etkileri", http://www.surdurulebilirlik.gov.tr/wp-content/uploads/2016/06/Biyoyakit_Politikalarinin_Tarim_Sektorune_Etkileri.pdf, Erişim Tarihi (21.06.2017).

³³ Cenk Sevim, *a.g.e.*, s. 210.

edilemez seviyelerde kalmaktadır.

1.3.Nükleer Enerji

Nükleer enerji 2. Dünya Savaşı yıllarında üzerinde çalışmaların yoğunlaştırıldığı tartışmalı bir enerji üretim yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Atomların parçalanması suretiyle bomba yapım amacı ile kullanılması sebebiyle dünya kamuoyunda karşıt görüşlerin mevcut olduğu bu enerji çeşidi barındırdığı risklere rağmen karbon ayak izinin konvansiyonel enerji üretim yöntemlerine oranla daha az belirgin olmasından ötürü 20. yüzyıl boyunca çokça tercih edilmiştir.³⁴

Gelişmiş devletlerin hemen hemen tamamının kendi nükleer teknolojilerine sahip oldukları gerçeği ve enerji üretiminden ayrı olarak tıp gibi başka alanlarda da kullanımının olması nükleer bilimi gelecekte de devletlerin ilgi alanları içerisinde tutacaktır.

1.3.1.1. Nükleer Enerjinin Tanımı

Nükleer enerji, atom çekirdeğinin nükleer reaktörler aracılığıyla zorlanarak reaksiyona sokulması sonucu elde edilen bir enerji türüdür. Fisyon ve füzyon tepkimeleri ile iki şekilde oluşur. Nükleer reaktörler aracılığıyla nötron bombardımanına tutulan ağır radyoaktif maddelerin daha küçük atomlara parçalanması sonucu elde edilen reaksiyon sonucu enerji elde edilmesi yöntemine fisyon, hafif radyoaktif atomların birleşerek daha ağır atomları meydana getirmesine ise füzyon denir. Dünya üzerinde 400'den fazla nükleer reaktörde fisyon teknolojisi kullanılmaktadır. Füzyon enerjisine örnek olarak ise güneş patlamaları örnek verilebilir.³⁵

³⁴ İ. Hamit Hancı, "Nükleer Silahlar: Üretimi ve Etkileri", <http://www.tb.org.tr/STED/sted1001/nukleer.pdf>, *STED*, cilt 10, Sayı 10, 2001, s. 386.

³⁵ Abdi Körpınar - Bülent Şişman, "Nükleer Enerji Nedir?", TEİAŞ, <http://www.teias.gov.tr/eBulten/makaleler/2011/NUKLEER%20ENERJİ%20NEDİR/NUKLEER%20ENERJİ%20NEDİR.htm>, Erişim Tarihi 17.06.2017.

Dünya çapında bilim adamları, füzyon teknolojisi alanında uzun yıllardır çalışmalar yapmaktadır. Kontrolü çok zor olan füzyon enerjisi alanında ilk ciddi atılım geçtiğimiz yıl ABD'deki Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde gerçekleştirilen bir deney sonucu ivme kazanmıştır.³⁶ Söz konusu deneyde 2 atmosfer basıncı aşılmış ve güneşin iç sıcaklığına ulaşılmıştır. Bu teknoloji ile tükenmeyen ve temiz bir enerji üretimi amaçlanmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte nükleer enerjinin önümüzdeki yıllarda tüm dünyanın enerji ihtiyacını karşılayabilecek bir potansiyel barındırdığı anlaşılmaktadır.

1.3.1.2. Nükleer Enerjinin Tarihçesi

Atomik radyasyon, atomik değişim ve nükleer fizyon bilimi, büyük bir kısmı son 6 yılda olmak üzere, 1895'ten 1945'e kadar büyük bir ilerleme kaydetmiştir. Özellikle 1939-1945 yılları arasında devam eden 2. Dünya Savaşı sebebiyle; gelişmenin büyük bir kısmı atom bombası geliştirme fikri üzerine olmak kaydıyla, büyük bir bilimsel atılım sağlanmıştır.

1945'ten itibaren ise dikkatler bu enerji türünü deniz taşımacılığı ve elektrik üretimi alanlarında kullanma üzerinde toplanmıştır. Halen uçak gemileri ve nükleer denizaltılarda kullanılan teknolojilerin temeli bu yıllarda atılmıştır. Örneğin; ABD tarafından, nükleer güç santralleri aracılığıyla kutuplardaki askeri üsleri gibi yerleşimden uzak bölgelerde, kendi elektriğini üretebilen üstler kurmak amacıyla çalışmalar yapılmıştır. 1956 yılından itibaren ise ana amaç yüksek güvenli nükleer enerji santralleri kurmak ve elektrik üretiminde yüksek verim ve kısa inşa süreleri çerçevesinde gelişmiş ve halen gelişimini sürdürmektedir.

1.3.1.2.1. Atomun Doğası

Uranyum 1789 yılında Alman kimyager Martin Klaproth³⁷ tarafından keşfedilmiş olup adını Uranüs gezegeninden almıştır. Radyasyonu iyonizasyonu ise

³⁶ Hürriyet, "Nükleer Füzyon Reaktörü Rekor Kırdı.", <http://www.hurriyet.com.tr/bu-icat-tarihi-degistirebilir-nukleer-fuzyon-reaktoru-rekor-kirdi-40255721>, Erişim Tarihi (17.06.2017).

³⁷ Encyclopædia Britannica, Martin Klaproth, <https://www.britannica.com/biography/Martin-Heinrich-Klaproth>, Erişim Tarihi (09.11.2017).

Wilhelm Rontgen tarafından 1895 yılında, cam tüp üzerinde elektrik akımı geçirerek sürekli X ışınları oluşturması sonucu bulunmuştur. Daha sonra 1896'da Henri Becquerel³⁸, *pitchblende*³⁹ (uranyum ve radyum içeren maden cevheri) adlı maddenin fotografik plaka ile etkileşime geçtiğinde karardığını bulmuştur. Bunun sebebini ise beta radyasyon (elektronlar) ve alfa parçacıklarının yayılması olarak göstermiştir. Villard⁴⁰ ise *pitchblende* adlı madenden üçüncü radyasyon tipi olan ve X ışınlarına büyük oranda benzeyen gama ışınlarını bulmuştur. 1896'nın ilerleyen dönemlerinde Pierre ve Madam Curie⁴¹ bu olaya 'radyoaktivite' adını vermişler ve 1898'de *pitchblende* madeninden polonyum ve radyumu ayırmışlardır. Radyum daha sonra tıbbi tedavi için kullanılmıştır. 1898'de Samuel Prescott⁴² radyasyonun yemeklerdeki bakterileri yok ettiğini göstermiştir.

1902'de Ernest Rutherford⁴³ radyoaktivitenin atom çekirdeğinde oluşan ve kendiliğinden gelişen bir olay olduğunu göstermiştir. 1919'da atomları anlamamıza başka bir boyut getirmek için radyum kaynağından alfa parçacıklarını nitrojenle ateşlemiş ve nükleer oluşumun oksijen formatında olduğunu göstermiştir.

Frederick Soddy⁴⁴ 1911'de doğal-radyoaktif elementlerin içinde farklı sayıda ama aynı kimyada izotoplar olduğunu bulmuştur. 1932 yılında James Chadwick⁴⁵, nötronu keşfetmiştir. Yine 1932'de Cockcroft ve Walton⁴⁶ atomları hızlandırılmış protonlar ile bombalayarak nükleer dönüşümler oluşturmuşlardır. Daha sonra

³⁸ Official Nobel Prize Website, "Henri Becquerel", https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/becquerel-bio.html, Erişim Tarihi (09.11.2017).

³⁹ Nükleer Enerji Dünyası, "Pitchblende", http://www.nukleer.web.tr/yakit_cevrimi/maden.html, Erişim Tarihi (09.11.2017).

⁴⁰ Linda Hall Library, Paul Villard, <http://www.lindahall.org/paul-villard/> Erişim Tarihi (09.11.2017).

⁴¹ Nanni Fröman, Official Nobel Prize Website, "Marie and Pierre Curie and the Discovery of Polonium and Radium", https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/themes/physics/curie/, Erişim Tarihi (09.11.2017).

⁴² US National Library of Medicine National Institutes of Health, Cecil G. Dunn, Journal of Bacteriology, Samuel Prescott, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC279430/>, Erişim Tarihi (06.12.2017).

⁴³ Official Nobel Prize Website, Ernest Rutherford, https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1908/rutherford-bio.html, Erişim Tarihi (06.12.2017).

⁴⁴ Marc A. Shampo, Robert A. Kyle, David P. Steensma, "Frederick Soddy—Pioneer in Radioactivity", <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3104923/>, Erişim Tarihi (06.12.2017).

⁴⁵ Atomic Heritage Foundation, James Chadwick, <https://www.atomicheritage.org/profile/james-chadwick>, Erişim Tarihi (06.12.2017).

⁴⁶ John Cockcroft, Ernest T.S. Walton, Official Nobel Prize Website, 1951, https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1951/, Erişim Tarihi (06.12.2017).

1934'te Irene Curie ve Frederic Joliot⁴⁷ bu tür dönüşümlerin yapay radyonükleidlerin oluşumuna sebebiyet verdiğini bulmuşlardır. Bir sonraki yıl Enrico Fermi⁴⁸ bu yapay nükleidlerin proton yerine nötronlar kullanıldığı takdirde çok daha fazla çeşitliliğe ulaşabileceğini kanıtlamıştır. Fermi deneylerine devam etmiş, bu deneylerin sonucunda genellikle hedeflediğinden daha ağır elementler oluşturmuştur ancak uranyum kullanıldığı takdirde çok daha hafiflerini oluşturulabileceğini keşfetmiştir.

1938'in sonunda Otto Hahn⁴⁹ ve Fritz Strassmann⁵⁰ Berlin'de yeni ve daha hafif elementleri göstermiştir bunlar baryum ve uranyumun kütlelerinin yarısı kadar olan diğer elementlerdi. Bu atomik fizyonun varlığını gösteriyordu. Niels Bohr'un⁵¹ altında çalışan Lise Meitner⁵² ve onun yeğeni Otto Frisch⁵³ nötronun atom çekirdeği tarafından yakalandığını, bu durumun titreşimlere sebep olup atom çekirdeğinin iki tam ve eşit olmayan parçaya ayrılmasına yol açtığını öne sürmüşlerdir. Bu fizyon sonucu ortaya çıkan enerjinin 200 milyon elektron volt olduğunu hesaplamışlardır ve daha sonrasında Frisch, bu deneysel olayı 1939 yılının Ocak ayında kanıtlamıştır ve bu durum Albert Einstein'ın 1905'te kaleme aldığı kütle ve enerjinin eşitliğini öne sürdüğü teorisinin onaylandığı ilk deneysel çalışmadır.

1.3.1.2.2. Nükleer Enerjinin Doğuşu

Yukarıda bahsedilen 1939 yılındaki gelişmeler büyük heyecan uyandırmış ve birçok labratuarda, yeni çalışmaların ateşini yakmıştır. Hahn ve Strassmann yaptıkları araştırmalar sonucunda fisyon işleminin sadece yüksek miktarda enerji ortaya çıkarmakla kalmayarak ek nötronların oluşmasına sebep olduğu, bu durumun

⁴⁷ Sorbonne Üniversitesi, Frederic Joliot-Curie, http://www.upmc.fr/en/university/history_and_famous_people/nobel_laureates/frederic_joliot_chemistry_1935.html, Erişim Tarihi 06.12.2017.

⁴⁸ Atomic Archive, Enrico Fermi, <http://www.atomicarchive.com/Bios/Fermi.shtml>, Erişim Tarihi 06.12.2017.

⁴⁹ Max-Planck-Gesellschaft, Otto Hahn, <https://www.mpg.de/8241484/otto-hahn>, Erişim Tarihi 06.12.2017.

⁵⁰ Atomic Heritage Foundation, Fritz Strassmann, <https://www.atomicheritage.org/profile/fritz-strassmann>, Erişim Tarihi 08.12.2017.

⁵¹ The Physics Of The Universe, Important Scientists, Niels Bohr, http://www.physicsuniverse.com/scientists_bohr.html, Erişim Tarihi 08.12.2017.

⁵² San Diego Supercomputer Center, Lise Meitner, <https://www.sdsc.edu/ScienceWomen/meitner.html> Erişim Tarihi 06.12.2017.

⁵³ Atomic Heritage Foundation, Otto Frisch, <https://www.atomicheritage.org/profile/otto-frisch>, Erişim Tarihi 06.12.2017.

diğer uranyum çekirdeklerinde de fisyonun başlamasına yol açması sonucunda kendi kendi ile zincirleme reaksiyona giren çok büyük çaplı enerji oluşumuna neden olduğunu ortaya koymuşlardır. Daha sonraları bu çalışma, Joliot ve çalışma arkadaşları ve New York'ta Fermi ile çalışan Leo Szilard⁵⁴ tarafından deneylenerek teyit edilmiştir.

Sonraları Bohr, fisyonun ortaya çıkmasının uranyum-235 izotopları ile (U-238'de⁵⁵ olduğundan) daha olası olduğunu ortaya atmıştır. Ayrıca fisyonun daha etkili bir şekilde oluşması için nötronların daha yavaş hareket etmelerinin gerektiği fikrini öne sürüştür. Bu görüşü daha sonra Szilard ve Fermi tarafından da teyit edilmiştir. Aynı ikili, Bohr'un teorisini kanıtlamaktan öteye gitmiş ve yayılan nötronların yavaşlatılması için bir "moderatör" kullanılmasını teklif etmişlerdir. Akabinde Bohr ve Wheeler, daha sonraları "fisyon sürecinin klasik analizi" olarak anılacak olan bu fikirleri daha da genişleterek bir makaleye dönüştürmüşlerdir. Makale savaşın patlak vermesinden sadece iki gün önce 1939 yılında basılmıştır.

Bir diğer önemli faktör ise, o dönemde bilindiği şekliyle U-235'in⁵⁶ doğal uranyumun sadece %0,7'lik⁵⁷ bir oranını ihtiva etmesine karşın U-238'in %99,3'lük bir oranda doğal uranyuma sahip olmasıdır. Her ikisi de çok benzer kimyasal özelliklere sahip U-235 ve U-238'den doğal uranyumun ayrıştırılması zor bir süreç olduğundan ve fiziksel özellikler açısından birbirine çok benzer olduklarından karışımdaki U-235'in miktarının artırılması işlemi daha sonraları "zenginleştirme"⁵⁸ olarak adlandırılacaktır.

Fisyon işleminin (ya da atom bombası üretim konseptinin) eksik kalan parçası 1939 yılında Francis Perrin tarafından tamamlanmıştır. Kendi kendini besleyen bir

⁵⁴ Atomic Heritage Foundation, Leo Szilard, <https://www.atomicheritage.org/profile/leo-szilard>, Erişim Tarihi 08.12.2017.

⁵⁵ Nuclear Power, Uranium 238, <http://www.nuclear-power.net/nuclear-power-plant/nuclear-fuel/uranium/uranium-238/>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

⁵⁶ Nuclear Power, Uranium 235, <http://www.nuclear-power.net/nuclear-power-plant/nuclear-fuel/uranium/uranium-235/>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

⁵⁷ Frisch-Peierls Memorandum.

⁵⁸ World Nuclear Association, Uranium Enrichment, Mayıs 2017, <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/conversion-enrichment-and-fabrication/uranium-enrichment.aspx>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

enerji üretimi için gerekli olan kritik kütle⁵⁹ teorisini geliştirmiş ve bu düşünce daha sonra Birmingham Üniversite'sinden Rudolf Peierls⁶⁰ tarafından genişletilmiş ve geliştirilmiştir. Peierls'in hesaplamaları atom bombası üretimi için dikkate değer bilgileri gün ışığına çıkarmış ve atom bombası teknolojisinin geliştirilmesinde büyük rol oynamıştır. Daha sonraları Perrin⁶¹ ve ekibi Paris'te çalışmalarına devam etmiştir. Buradaki çalışmalarında uranyum ve su karışımının zincirleme reaksiyonu dengeleyerek oluşan sisteme yeni nötronların eklenmesine olanak sağladığını keşfetmişlerdir. Ayrıca bu tarz bir karışıma nötronları abzorbe eden bir madde eklenmesinin nötronların parçalanarak çoğalmasını da dengelediğini keşfetmişlerdir ki bu durum nükleer reaksiyonun kontrol altına alınabilmesini sağlamaktadır. Bir nükleer enerji istasyonunun çalışma sisteminin temelini oluşturan bu bilgi nükleer teknolojinin gelişiminde büyük rol oynamaktadır.

Nükleer bilimin gelişmesinde büyük katkıları olan Peierls 1939'un nisanından itibaren Alman Nükleer Enerji Projesi'nin⁶² başında olan Werner Heisenberg'in⁶³ öğrencisi olmuştur. Almanlar bu projeyi askeri amaçlar ile birlikte yönetmekteyken projenin askeri kanadı 1942 yılında pratik bulunmadığı için rafa kaldırılmıştır. Ancak bu durum Almanların uranyum projesinin devam edebileceğini düşünen Birleşik Krallık ve ABD'nin çalışmalarına savaş zamanı da devam etmeleri için itici güç olmuştur.

1.3.1.2.3. Atom Bombasının Ortaya Çıkışı

İngiliz bilim adamlarının hükümete süregelen baskısı ve devlette mülteci olarak kalan Peierls ve Frisch (Savaşın patlak vermesinden sonra Peierls ile birlikte İngiltere'de kalmıştır.) tarafından güdülenen atom bombası konsepti "Frisch-Peierls

⁵⁹ <http://www.atomicarchive.com/Fission/Fission3.shtml>, Erişim Tarihi (30.10.2017).

⁶⁰ Sabine Lee, "Rudolf Peierls - a Local Hero of Global Stature", University of Birmingham, <https://www.birmingham.ac.uk/schools/historycultures/departments/history/research/projects/rudolf-peierls.aspx>, Erişim Tarihi (08.12.2017).

⁶¹ American Institute Of Physics, Francis Perrin, <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4820>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

⁶² Atomic Heritage Foundation, German Atomic Bomb Project, <https://www.atomicheritage.org/history/german-atomic-bomb-project>, Erişim Tarihi (11.12.2017).

⁶³ Atomic Heritage Foundation, Werner Heisenberg, <https://www.atomicheritage.org/profile/werner-heisenberg>, Erişim Tarihi (08.12.2017).

Memorandum” olarak bilinen üç sayfalık bildiri ile dünyaya duyurulmuştur. Bildiride 5 kg saf U-235’in birkaç bin ton ağırlığında dinamitin yapabileceği etkide bir atom bombası üretilmesi için yeterli olduğundan bahsedilmektedir. Ayrıca bu tarz bir bombanın nasıl hazırlanabileceği, U-235’in üretim yöntemi ve patlamanın yaratacağı yıkımın yanında radyasyonun ne gibi etkiler ortaya çıkartabileceğinden bahsedilmiştir. Bunların yanında U-235’in doğal uranyumdan ayrıştırılmasında kullanılmak üzere “termal difüzyon”⁶⁴ yöntemini önermişlerdir. Yayımladıkları bu bildiri ABD’de pek ilgi görmezken Britanya’da dikkate değer bir karşılık bulmuştur. Churchill’in talimatına istinaden bir grup seçkin bilim adamının katılımıyla kurulan MAUD Komitesi⁶⁵; Birmingham, Bristol, Cambridge, Liverpool ve Oxford Üniversiteleri’nin katılımıyla oluşturulmuştur. Saf uranyum ve uranyumun gaz fazlarının oluşturulmasını içeren çalışmalar İmparatorluk Kimya Endüstrisi⁶⁶ (İKE) ve Birmingham Üniversitesi tarafından yürütülmüştür. Gaz fazındaki ilk uranyum heksaflorid yığını İKE çalışanı Dr. Philip Baxter tarafından Birmingham Üniversitesi’nden Profesör James Chadwick için 1940 yılında oluşturulmuştur. Bu çalışmanın ardından 1940 yılının ilerleyen günlerinde İKE 3 kg uranyum heksaflorid üretimi için hükümetle bir kontrat imzalamıştır. Lakin diğer üniversiteler tarafından yürütülen çalışmalar yine üniversitelerin kendileri tarafından fonlanmıştır.

Söz konusu çalışmalardan Cambridge Üniversitesi’nde yürütüleni iki önemli gelişme ile sonuçlanmıştır. Bunlardan ilkinde, yapılan deneyler sonucunda uranyum oksit ve ağır su bileşiğinden sürdürülebilir bir zincirleme reaksiyonun oluşturulabildiği kanıtlanmıştır, karışımdan elde edilen nötronların karışıma eklenen nötron sayısından fazla olduğu gözlemlenmiştir. İkincisi ise Halban ve Kowarski’nin önceki çalışmalarından elde edilen bilgiler ışığında; Bretscher⁶⁷ ve Feather tarafından Paris’ten Britanya’ya geldiklerinden kısa bir süre sonra keşfedilmiştir. U-235’in yavaşlatılmış nötronları abzorbe etmesi sonucunda fisyon oluşma ihtimalinin, U-

⁶⁴ V.I. Kaljasin, Thermal Diffusion, <http://www.thermopedia.com/content/1189/>, Erişim Tarihi (02.11.2017).

⁶⁵ MAUD Committe, https://ipfs.io/ipfs/QmXoypizjW3WknFiJnKLwHCnL72vedxjQkDDP1mXWo6uco/wiki/MAUD_Committee.html, Erişim Tarihi (02.11.2017).

⁶⁶ Imperial Chemical Industries (ICI)

⁶⁷ Churchill Archives Centre, University of Cambridge, Egon Bretscher, “Papers and Correspondence of Egon Bretscher 1901-1973” <https://archiveshub.jisc.ac.uk/search/archives/c8f8f605-a223-3fa5-9145-4d0a57c2da51> Erişim Tarihi (12.12.2017).

238'e oranla çok daha yüksek olduğu ve U-238'in yeni bir elektron yayarak, 93 atom numaralı U-239⁶⁸ denilen yeni bir izotop oluşturduğu bilgisine ulaşılmıştır. U-239'un da yeniden bir elektron yayarak 94 atom numaralı (yine 239'un kütlesine sahip.) yeni bir izotop oluşturduğunu ve bu yeni izotopun da çok daha uzun bir yarılanma süresine sahip olmakla birlikte, fisyon işlemine (yavaş ve/veya hızlı nötronlarla) uygunluğunun çok daha yüksek seviyelerde seyrettiğini keşfetmişlerdir. Kimyasal yapısındaki farklılıklar sebebiyle uranyumdan ayrıştırılması da alternatiflerine oranla çok daha kolay gerçekleşmektedir.

Bu yeni gelişme eş zamanlı olarak, McMillan⁶⁹ ve Abelson⁷⁰ tarafından yürütülen bağımsız bir çalışma ile ABD'de 1940 yılında kanıtlanmıştır. Cambridge Üniversite'sinden Dr.Kemmer öncülüğündeki ekip tarafından 93 numaralı yeni elemente Neptünyum, 94 numaralı olanına ise Plutonyum ismi konulması teklif edilmiştir. Buradaki mantık, 92 numaralı Uranyum elementine Uranüs gezegeninden esinlenerek isim verilmesine istinaden güneş sisteminde Uranüs'ten sonra Neptün ve Pluto gezegenlerinin olmasıdır. Tesadüf eseri Amerikalılar'ın da aynı isimleri önermesi sonrası bu isimler kabul görmüştür. Plutonyum'un isim babası olarak genel kabul gören isim ise Glenn Seaborg'tur.⁷¹

1.3.1.2.4. MAUD Komitesi ve Nükleer Gelişim

1941 Mart ayı itibariyle büyük atomik bilimcede kesinliğe kavuşturulamamış parçalar da yavaş yavaş gün yüzüne çıkmaktadır. MAUD Komitesi tarafından koordine edilen bir grup bilim adamı, küçük sayılabilecek bir bütçeyle büyük ilerlemeler kaydetmiştir. İngiliz tarafında yapılan tüm çalışmalar gizli tutulurken,

⁶⁸ Wallace W. Schulz, "Uranium Processing", Encyclopædia Britannica, <https://www.britannica.com/technology/uranium-processing#ref623650>, Erişim Tarihi (10.11.2017).

⁶⁹ Atomic Heritage Foundation, Edwin McMillan, <https://www.atomicheritage.org/profile/edwin-mcmillan>, Erişim Tarihi (11.12.2017).

⁷⁰ Encyclopædia Britannica, Philip Hauge Abelson, <https://www.britannica.com/biography/Philip-Hauge-Abelson>, Erişim Tarihi (11.12.2017).

⁷¹ The Official Nobel Prize Website, Glenn T.Seaborg, https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1951/seaborg-bio.html, Erişim Tarihi (11.12.2017).

ABD’de ise herhangi bir acelecilik ve gizlilik ihtiyacı hissedilmeden birkaç makale yayımlanmıştır.

1941 yılının Mart ayı geldiğinde ise U-235’in fisyon yatay-kesiti hakkındaki kesinliğe kavuşturulamamış bölümler kanıtlanmıştır. 1940’ta ilk olarak Peierls ve Frisch tarafından öngörülen bu durum; U-235 ile çarpıştırılan hemen hemen her nötronun fisyonu sebep olması olarak açıklanmıştır. O zamanki görüş yavaş veya hızlı tüm nötronların aynı seviyede etkin olduğu yönünde kabul görmüştür. Sonradan anlaşıldığı üzere yavaş nötronlar nükleer reaktörlerde kullanılabilme durumuna göre çok daha etkili olmakta ve çok daha büyük miktarlarda enerji salınımına sebebiyet vermektedir. Atom bombası kontekstinde nötronların yavaşlık-hızlılık durumunun büyük bir fark yaratmaması ilk görüşün kısmen de doğruluğunu koruyabilmesini sağlamıştır. Peierls daha sonra atom bombası şemasının tamamen uygulanabilir olması için yüksek miktarda zenginleştirilmiş U-235’e ihtiyaç olduğunu beyan etmiştir. Gerekli U-235 metal küresinin oluşturulabilmesi için gerekli kritik boyutun 8 kg. olduğu ancak nötronların yansımaları sağlayacak uygun bir materyal elde edilmesi halinde bu ağırlığın düşürülebileceğini beyan etmiştir. Ancak U-235 üzerinde doğrudan hesaplamaların gerekliliği ve Britanya Hükümeti’nin acil olarak birkaç mikrogram üretilmesi isteği teoriden pratiğe geçişte sürecin henüz sonuçlanmadığını işaret etmektedir.

MAUD Komitesi tarafından Haziran 1941 tarihinde iki adet özetlenmiş rapor yayımlanmıştır. Bunlardan birincisi “Uranyumun Atom Bombası Yapımında Kullanımı”⁷² diğeri ise “Uranyumun Bir Enerji Kaynağı Olarak Kullanımı”dır.⁷³ İlk raporda bir atom bombasının yapılabilir olduğu ve bunun gerçekleştirilmesi için gerekli olan ortalama miktarın 12 kg. aktif uranyum olduğundan bahsedilmektedir. Bu ölçütlerde bir bombanın patlatılması 1.800 ton TNT’nin (Trinitrotoluen) yapacağı etkiye eşdeğerdir. Ayrıca bu tarzda bir atom bombasının etkisinin sadece anlık olmayacağı, bombanın patlatıldıktan sonra çevreye yüksek miktarlarda radyoaktif madde saçılmasına sebep olacağı, patlamanın yaşandığı bölgenin uzun bir süre insan

⁷² “Report by MAUD Committee on the Use of Uranium for a Bomb” <http://www.atomicarchive.com/Docs/Begin/MAUD.shtml>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

⁷³ Dennis C. Fakley, “The British Mission”, <https://www.osti.gov/opennet/manhattan-project-history/publications/LANLBritishMission.pdf>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

yaşamına elverişli olmayacağı da belirtilmiştir. Günlük 1 kg. U-235 üretilebilecek bir tesisin kurulmasının bedeli olarak 5 Milyon Pound gibi bir bütçenin gerekli olacağı hesaplanmıştır. Ayrıca tesiste çalıştırılacak yüksek bilgi birikimine sahip yetişmiş personele de ihtiyaç duyulacağından bahsedilmiştir. Lakin söz konusu yetişmiş personel savaş devam ettiği için başka bölgelerde görevlendirilmiştir. Rapor, Nazilerin de bomba yapmak için çalışmalarını sürdürüyor olabileceği konusunda uyarılar içermektedir. Bu esnada ABD’de uranyumun gelecekteki güç üretimi ve denizcilik faaliyetlerinde kullanılmasına odaklanılmış olsa da raporda konunun yüksek öncelikli olarak değerlendirilerek, Britanya’nın gerekirse Amerikalılar ile koordine çalışılması gerektiği vurgulanmıştır.

MAUD Komitesi’nin yayımladığı ikinci raporda varılan sonuç ise uranyumun kontrollü bir şekilde fisyonu sokulmasına istinaden makinalarda kullanılmak üzere ısı formunda enerji üretilebileceği vurgusu yapılmıştır. Aynı zamanda yüksek miktarda radyoizotop ortaya çıktığı için bu maddenin radyumun alternatifi olarak kullanılabileninden bahsedilmiştir. Ağır su ve grafitin hızlı nötronlar için moderatör olarak kullanılma fikrine gönderme yaparak eğer U-235 zenginleştirilmiş ise sıradan suyun dahi bu işlemde tercih edilebileceğini ifade etmişlerdir. “Uranyum Kazanı”⁷⁴ teknolojisinin gelecek vadettiğini ancak raporu yazıldığı savaş yılları itibariyle olan koşullar sebebiyle daha sonra değerlendirilmesi gerektiğinden bahsetmiştir. Komite, ayrıca konuda uzman olan bilim adamları Halban⁷⁵ ve Kowarski’nin⁷⁶ büyük miktarlarda ağır su üretim planlarına sahip ABD’ye taşınmaları gerektiğini deklare etmiştir. Diğer yandan yeni keşfedilen element plütonyum hakkında çalışmalarını sürdüren bilim adamları Bretscher ve Feather’ın ise Britanya’da kalmaları gerektiğini ifade etmiştir.

⁷⁴ Ian Hore-Lacy, “Uranium for Nuclear Power: Resources, Mining and Transformation to Fuel”, https://books.google.com.tr/books?id=U8PIBwAAQBAJ&pg=PA3&lpg=PA3&dq=uranium+boiler&source=bl&ots=QPEwbQuKiH&sig=3_KZQESCFJANbjzz2F3h2R_I8g&hl=tr&sa=X&ved=0ahUKEwjCvfm-2YHYAhWDDewKHXY1DnMQ6AEIUDAH#v=onepage&q=uranium%20boiler&f=false, Erişim Tarihi (11.12.2017).

⁷⁵ “Dr. Hans Halban, Atomic Scientist”, *New York Times*, 30.11.1964, <http://www.nytimes.com/1964/11/30/dr-hans-halban-atomic-scientist.html> Erişim Tarihi (11.12.2017).

⁷⁶ Atomic Heritage Foundation, “Lev Kowarski”, <https://www.atomicheritage.org/profile/lev-kowarski> Erişim Tarihi (11.12.2017).

Her iki raporda da atom bombası ve uranyum kazanı üzerine olan çalışmaların yeniden organize edilmesi üzerinde durulmuştur. Raporda, komitenin atom bombası ve uranyum kazanı teknolojileri üzerine yapılan çalışmaların tamamen yeniden organize edilmesindeki rolünün önemli olduğu savunulmuştur. Komite tarafından yapılan çalışmaların Britanya'yı konudaki lider konumuna getirdiği ve 15 aylık kısa süreli varoluşuna rağmen komitenin gelmiş geçmiş en etkin bilimsel topluluklardan biri olduğu vurgulanmıştır. Bomba ile ilgili alınacak temel kararların Başbakan Winston Churchill tarafından genel sekreterlerinin de görüşlere başvurularak alınmasını gerektiğini ifade etmiştir.

MAUD Komitesi tarafından hazırlanan raporlara ABD'den de yüksek itibarlı değerlendirmeler gelmiştir. Bunlardan en önemli olanlarından bazıları, daha çok nükleer enerji alanına yönelmiş Ulusal Bilim Akademisi (NAS)⁷⁷ bünyesinde faaliyet gösteren bilim adamları tarafından hazırlanmıştır. ABD'de nükleer bomba üretim konusunda pek çaba sarf edilmemişken 7 Aralık 1941 tarihinde Japonların Pearl Harbour saldırısı sonucu savaşa direk olarak katılan ABD'nin dev kaynakları hiçbir bütçe sınırlaması olmadan atom bombası üretimine yöneltilmiştir.

1.3.1.2.5. Manhattan Projesi (The Manhattan Project)

Amerikalılar atom bombası üzerine olan çabalarına ivme kazandırmış ve sonunda İngilizler'i geride bırakmışlardır. Araştırmalar her iki devlette de devam ederken karşılıklı bilgi paylaşımları da gerçekleşmiştir. 1942'nin başlarında bazı önemli Britanyalı bilim insanları ABD ziyaretleri gerçekleştirmiştir. Amerikalılar misafir bilim insanları ile ellerindeki tüm bilgiyi paylaşmışlardır.

Amerikalılar üç farklı zenginleştirme süreci hakkında çalışmaları eş zamanlı olarak gerçekleştirmekteydiler: Bunlardan birincisi Berkeley'den Profesör Lawrence⁷⁸ tarafından yürütülen elektromanyetik ayırıştırma yöntemiydi. İkincisi ise

⁷⁷ National Academy of Sciences.

⁷⁸ Atomic Heritage Foundation, Ernest O. Lawrence, <https://www.atomicheritage.org/profile/ernest-o-lawrence>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

Profesör Beams⁷⁹ tarafından geliştirilmiş olan santrifüj⁸⁰ (merkezkaç) metodu idi, bu çalışma Standart Oil'den⁸¹ E.V. Murphree⁸² tarafından yönetilmekte ve sonuncusu ise Columbia Üniversitesi'nden Profesör Urey⁸³ tarafından koordine edilen gaz difüzyonu yöntemi idi. Chicago Üniversitesi'nden Arthur Compton ise fisil plütonyum üretebilecek bir nükleer reaktörün üretilmesinden sorumlu idi. Oysaki Britanyalılar sadece gaz difüzyonu üzerine çalışmalar gerçekleştirmişlerdi.

Haziran 1942 itibariyle gelişim sürecine Amerikan Ordusu dâhil olmuştur. Mühendislik tasarımları, materyallerin tedariki ve deneme santrallerinin kurulacağı alanların seçimi ordu kontrolünde gerçekleşmiştir. O esnada bilindiği kadarıyla birbirine herhangi bir üstünlük sağlamamış dört ayrıştırma yöntemini kullanan deneme santralleri kurulması ve ağır su üretimi tamamen ordu kontrolüne girmiştir. Sürece ordunun dâhil olması ile birlikte Britanya'ya olan bilgi akışı sona ermiştir. Bilgi paylaşımı olmayınca Britanya ve ağır su üretimine yoğunlaşmış olan Kanada'nın çalışmaları büyük ölçüde sekteye uğramıştır.

Sonrasında Churchill gerekli bilgilerden yoksun kalmamak adına Britanya'da yeni bir difüzyon tesisi, bir tane ağır su tesisi ve bir tane de atom reaktörü kurmak durumunda kalmıştır.

Britanya ve ABD arasında aylar süren pazarlıklar sonrasında nihayet bir anlaşmaya varılmış ve anlaşma Britanya'yı temsilen W. Churchill ve ABD'yi temsilen Başkan Roosevelt tarafından 1943 Ağustos ayından Kanada'nın Quebec bölgesinde imzalanmıştır. Söz konusu anlaşmaya göre Britanyalılar ellerindeki tüm raporları ABD tarafına teslim edecek ve karşılığında da ABD, General Groves tarafından Başkan'a sunulan raporların bir kopyası İngiliz Hükümeti'ne de iletilecektir. Daha sonradan anlaşıldığı üzere ABD'nin nükleer programı 1.000.000-

⁷⁹ Atomic Heritage Foundation, "Jesse Beams", <https://www.atomicheritage.org/profile/jesse-beams>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

⁸⁰ Mahir E. Ocak, *Bilim Genç Dergisi*, 16.10.2014, Tübitak, <http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/uranyum-zenginlestirme-nedir-0>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

⁸¹ Encyclopædia Britannica, "Standart Oil Company and Trust", <https://www.britannica.com/topic/Standard-Oil-Company-and-Trust>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

⁸² Edwin R. Gilliland, National Academy of Sciences, A Biographical Memoir, 1969, Eger Vaughan Murphree

⁸³ The Official Nobel Prize Website, "Harold C. Urey", https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1934/urey-bio.html, Erişim Tarihi (12.12.2017).

\$'dan daha fazla bir meblağa ulaşan harcanmış bütçesi ile dev bir proje olarak tarihe geçmiştir ancak harcanan paranın tamamı atom bombası teknolojisinin geliştirilmesine harcanmıştır ve nükleer enerjinin kullanıldığı diğer herhangi bir alanda çalışma gerçekleştirilmemiştir.

Bu esnada ABD'de gaz difüzyonu ve kalutronlar⁸⁴ aracılığıyla elektromanyetik ayırıştırma tekniklerini kullanacak tesislerin inşası iyi bir şekilde sürdürülmektedir. Fermi tarafından Chicago Üniversitesi bünyesinde 1942 Aralık ayında üretilen deneysel grafit istifi ilk kontrol edilebilir nükleer zincirleme reaksiyonu oluşturulmuştur.

ABD'nin Wisconsin'e bağlı kenti Argonne'da ise tam kapasiteli bir plütonyum reaktörü inşa edilmiştir. Bunun akabinde Oak Ridge ve Hanford'da da aynı Argonne'da olduğu gibi yeni tesisler kurulmuştur. Buna ek olarak plütonyumun yeniden işlenmesi üzerine çalışmaların gerçekleştirildiği bir santralin daha kurulumu gerçekleştirilmiştir. O esnada birisi Kanada'da, üçü ABD'de olmak üzere dört adet ağır su üretim tesisi yapılmıştır. Robert Oppenheimer liderliğinde New Mexico'nun Los Alamos Ulusal Laboratuvarı'nda U-235 ve Pu-239⁸⁵ bombaları tasarlayıp edip üretmek amacıyla bir takım oluşturulmuştur. Britanyalı bilim insanlarının desteğiyle ve harcanan büyük çaba ve paranın sonucunda 1945'in ortalarına doğru yüksek seviyede zenginleştirilmiş Pu-239 ve U-235 üretimi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan uranyum, Belçika Kongosu'ndan temin edilmiştir.

İlk atom bombası 16 Temmuz 1945 yılında New Mexico, Alamogordo'da test edilmiştir. Bombanın yapımında nükleer yığına üretilmiş plütonyum kullanılmıştır. Projede çalışan bilim toplulukları daha basit bir süreç olan U-235 bombasını deneme gereği hissetmemişlerdir. U-235 içeren ilk atom bombası 6 Ağustos 1945 tarihinde Hiroşima'ya atılmıştır. Pu-239 içeren ikinci bomba ise 9 Ağustos'ta Nagazaki'ye atılmıştır.

⁸⁴ Kalutron, izotopları kütlelerine göre ayıran elektromanyetik cihaz.

⁸⁵ Nuclear Power, Pu-239, <http://www.nuclear-power.net/nuclear-power-plant/nuclear-fuel/plutonium/plutonium-239/>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

1.3.1.2.6. Nükleer Enerjinin Yükselişi

2.Dünya Savaşı'nın sona ermesine istinaden sadece beş yıl önce Frisch-Peierls Memorandum olarak bilinen bildiride tahmin ve tarif edildiği gibi kısmi de olsa amacına ulaşmıştır ve nihayet dikkatler nükleer enerjinin barışçıl ve doğrudan fayda sağlayan kullanımına yöneltmiştir. Savaş sonrası nükleer silahların geliştirilmesi “Demir Perde”nin her iki tarafında da sürdürülmeye devam etmiş olsa da asıl ilgi nükleerdeki büyük enerji potansiyelini değerlendirmeye yoğunlaşmıştır.

Nükleer silahların geliştirilmesi sürecinde hem Sovyetler hem de Batı birçok yeni teknoloji keşfetmiş ve bilim insanları ortaya çıkan çok büyük miktarlarda ısının hem direk kullanımı hem de elektriğe çevrilerek kullanımı için tercih edilebileceğini keşfetmişlerdir. Bu yeni enerji kaynağının uzun süre dayanan kompakt yapısı sadece denizcilik alanında ticari kullanım için değil aynı zamanda denizaltılarında da kullanılmaya müsait yapısı sebebiyle ordunun ilgi alanında kalmayı sürdürmüştür.

Elektrik üretmesi için tasarlanan ilk nükleer reaktörün modeli EBR-1⁸⁶ olarak belirlenmiş ve Argonne Ulusal Labratuarları⁸⁷ tarafından tasarımı yapılmıştır. İşletmesi de yine aynı kurum tarafından gerçekleştirilen reaktör, 1951'in Aralık ayında kullanıma açılmıştır.

1953 yılında Başkan Eisenhower tarafından başlatılan “Barış için Atom Projesi”⁸⁸ nükleer enerjinin sivil ve barışçıl kullanımı için büyük miktarda çaba sarf edilmesine ve ABD’de teknolojinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır.

Sovyetler Birliği’nde ise çalışmalar birden fazla merkezlerde, mevcut reaktör tasarımlarının refine edilmesi ve yeni çizilen tasarımların gerçekleştirilmesi amacıyla çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Buna istinaden Fizik ve Kuvvet Mühendisliği Enstitüsü (FEI)⁸⁹ Mayıs 1946 yılında Obninsk kentinde, Moskova'nın 100 km kadar

⁸⁶ Experimental Breeder Reactor, Idaho National Laboratory, <http://www4vip.inl.gov/ebr/>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

⁸⁷ “Argonne National Laboratory”, <http://www.anl.gov/>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

⁸⁸ “Atoms for Peace”, <https://www.iaea.org/about/history/atoms-for-peace-speech>, Erişim Tarihi (28.11.2017).

güneybatısında kurulmuştur. Mevcut olan grafit tipi plütonyum üreten reaktör, ısı ve elektrik üretimine uygun hale getirilmiş ve 1954 yılında dünyanın ilk nükleer enerji kaynaklı elektrik üretim santrali Obninsk'te kullanıma sokulmuştur. AM-1 (Atom Mirny/Peaceful Atom) Reaktörü su soğutmalı ve grafit düzenleyicili bir tasarım olarak 30 MWt⁹⁰ veya 5 MWe⁹¹ güç ile çalıştırılmaya başlanmıştır. Prensip olarak yakın şehirlerdeki ordu üslerindeki plütonyum üretim reaktörlerine benzeyen tasarım Chernobyl tipi RBMK⁹² reaktörler için bir prototip vazifesi görmüştür. AM-1 reaktörü 1959 yılına kadar elektrik üretimi gerçekleştirmiş ve 2000 yılına kadar izotop üretimi için bir araştırma tesisi olarak görev yapmıştır.

Yine FEI'de 1950'lerde Hızlı Çoğaltıcı Reaktörler⁹³ (FBR) ve donanma için bizmut reaktörleri geliştirilmiştir. Nisan 1955 yılında BR-1 Hızlı Nötron Reaktörü faaliyete başlamıştır. Aslen hiç elektrik üretimi gerçekleştirmemiş olan BR-1 modeli BR-5 modelinin tasarlanmasında ve hayata geçirilmesinde önemli bir rol oynamıştır. 1959 yılında kurulumuna başlanan BR-5 modeli 5 MWt kapasite ile tasarlanmış olup sodyum soğutuculu FBR tipi reaktörlerin gelişmiş bir modelini oluşturmaktadır. 1973 yılında modernize edilen reaktör 1983 yılında BR-10 modeline yükseltilmiştir. 8 MWt kapasiteye sahip yeni model yakıt dayanıklılığı ve materyal incelemesi ile izotop üretimi için halen kullanılmaktadır.

ABD'deki nükleer çalışmalar ise Amiral Hyman Rickover⁹⁴ tarafından yönetilmiş ve yine onun kontrolü altında Basınçlı Su Reaktörleri⁹⁵ (PWR) temelde donanmada kullanılmak amacıyla geliştirilmiştir. Buradaki kasıt nükleer denizaltılarda menzili yüksek tutmak olarak algılanmaktadır. Zenginleştirilmiş uranyum oksidin yakıt olarak kullanıldığı PWR'larda düzenleyici ve soğutucu olarak

⁹⁰ MWt, Megawatts Thermal, http://energyeducation.ca/encyclopedia/Megawatts_thermal, Erişim Tarihi (12.12.2017).

⁹¹ MWe, Megawatts Electric, http://energyeducation.ca/encyclopedia/Megawatts_electric, Erişim Tarihi (12.12.2017).

⁹² World Nuclear Association, RBMK, <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/appendices/rbmk-reactors.aspx>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

⁹³ FBR, Fast Breeder Reactor, <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/NucEne/fasbre.html>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

⁹⁴ Atomic Heritage Foundation, "Hyman G. Rickover", <https://www.atomicheritage.org/profile/hyman-g-rickover>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

⁹⁵ U.S.NRC, Pressurised Water Reactor (PWR), <https://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/students/animated-pwr.html>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

hafif (normal) su tercih edilmektedir. Denizcilik mantığı ile tasarlanan bu tip reaktörler ve hafif su soğutmalı sistemleri için prototip vazifesi gören Mark-1 modeli 1953 yılında Idaho’da faaliyete başlamıştır. Nükleer enerjiyle çalışan USS Nautilus ise hemen ertesi sene 1954’te denize indirilmiştir. 1959 yılı geldiğinde ise hem ABD hem de Sovyetler Birliği denizlerde nükleer enerjiyle çalışan araçlarını suya indirmiş bulunmaktadır.

Mark-1’de yakalanan başarı ABD Atom Enerjisi Komisyonu’nu 60 MWe kapasiteli Shippingport PWR⁹⁶ reaktörünü kurmaya itmiştir. Pensilvanya’da kurulan reaktör 1957’de aktive edilmiş olup 1982 yılına kadar üretimi sürdürmüştür.

Uranyum zenginleştirme konusunda ABD’nin tekeli politikaları sebebiyle Britanyalılar, biraz da mecburiyetten gaz soğutmalı-grafit düzenleyicili reaktörler üretmeye meyletmişlerdir. Doğal uranyum metali ile çalışan bu tasarımlardan ilki 50 MWe kapasiteli Calder Hall-1 modeli olup 1956 yılında faaliyete açılmıştır. Lakin 1963 yılında (kullanıma açılan 26 reaktörden sonra) AGCR⁹⁷ (Gelişmiş Gaz Soğutmalı Reaktör) teknolojisine heves etmişlerdir ve çalışmalarını bu yönde ilerletmişlerdir ancak Britanyalılar PWR tasarımların faydalarını ve gaz soğutmalı modellere göre avantajlarını daha fazla görmezden gelememeye başlamıştır.

1.3.1.2.7. Nükleer Enerjinin Ticari Kullanıma Sokulması

ABD’de Westinghouse Firması, ilk tam ticari nükleer reaktör olan 250 MWe kapasiteli PWR modeli Yankee Rowe’u⁹⁸ 1960 yılında hizmete sokmuştur. Bu esnada kaynar su reaktör (BWR) tipli ilk reaktör Argonne Ulusal Labratuarı’nda geliştirilmiş ve Dresden-1 isimli üretilen ilk 250 MWe kapasiteli reaktör General Electric firması tarafından 1960 yılının ilk aylarında kullanıma sokulmuştur.

⁹⁶ Katherine Nikol, “America’s First Civilian Nuclear Plant”, Pennsylvania Center For The Book, 2010, <http://pabook2.libraries.psu.edu/palitmap/Shippingport.html>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

⁹⁷ International Atomic Energy Agency (IAEA), “General Design and Principles of the Advanced Gas-Cooled Reactor (AGR)”, Nuclear Graphite Knowledge Base ACGR, [https://nucleus.iaea.org/sites/graphiteknowledgebase/wiki/Guide_to_Graphite/General%20Design%20and%20Principles%20of%20the%20Advanced%20Gas-Cooled%20Reactor%20\(AGR\).aspx](https://nucleus.iaea.org/sites/graphiteknowledgebase/wiki/Guide_to_Graphite/General%20Design%20and%20Principles%20of%20the%20Advanced%20Gas-Cooled%20Reactor%20(AGR).aspx), Erişim Tarihi (12.12.2017).

⁹⁸ Diane Broncaccio, “Yankee Rowe Was A Powerful Piece Of History”, *Greenfield Recorder*, <http://www.recorder.com/Yankee-Rowe-exhibit-on-view-Saturdays-4597145>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

Vallecitos isimli BWR prototipi ise 1957 yılında çalıştırılmaya başlanmıştır. 1960'lı yılların sonlarına doğru 1000 MWe kapasiteyi aşan siparişler hem PWR hem de BWR modelleri için alınmış bulunmaktadır.

Kanada'da ise tasarımlar çok farklı bir düzlemde gerçekleştirilmiştir. Doğal uranyum yakıt ve ağır su ise hem düzenleyici hem de soğutucu olarak kullanılmıştır. İlk ünite 1962 yılında çalıştırılmaya başlanmıştır. Kanadalılar tasarımlarına CANDU adını vermiş ve zaman içinde yenilikler yaparak geliştirmişlerdir.

Fransa ise gaz-grafit tasarımlar ile başlamış ve 1956 yılında ilk reaktörünü devreye sokmuştur. Ticari modeller ise 1959 yılında kullanıma sokulmuştur. Daha sonra ise PWR modeline geçiş yapılmış ve üç nesil başarılı bir şekilde standardize olmuş tasarımlar kullanılmıştır. Fransız tasarımların en büyük özelliği düşük bütçeli ve etkin bir strateji belirlenerek dizayn edilmiş olmasıdır.

1964 yılında Sovyetler'e ait ilk iki nükleer tesis hizmete sokulmuştur. Urallar Beloyarsk'ta 100 MW kapasiteli grafit kanallı kaynar su reaktörü kullanıma açılmıştır. Volga Bölgesi, Novovoronezh'ta açılan ve nispeten kapasite olarak küçük olan (210 MW) VVER⁹⁹ modelinde yeni nesil PWR teknolojisi tercih edilmiştir.

1973 yılında ilk büyük kapasiteli RBMK modeli (1000 MW) Leningrad yakınlarındaki Sosnovy Bor'da¹⁰⁰ faaliyete girmiştir. Kuzey kutbu yakınlarında ise VVER tipi 440 MW kapasiteli bir reaktör devreye sokulmuş ve daha sonra standart bir tasarım olan 1000 MWe kapasiteli versiyonuna yükseltilmiştir.

Kazakistan'da ise dünyanın ilk ticari kullanımlı hızlı nötron reaktörü BN-350 1972 yılında hizmete sokulmuştur. 120 MW kapasiteli elektrik üretimi ve Hazar Denizi'nin suyunu tuzdan arındırmak amaçlı kullanılmıştır. ABD, Britanya, Fransa ve Rusya'da Deneysel Hızlı Nötron Reaktörleri 1959'dan 2009'a kadar elektrik üretiminde kullanılmıştır. Günümüz itibarıyla Rusya'nın BN-600 reaktörü halen aktif olan tek ticari hızlı reaktördür.

⁹⁹ Veda-Vodyanoi Energetichesky Reaktor: Su Soğutmalı Güç Reaktörü.

¹⁰⁰ Nuclear Monitor, "Sosnovy Bor: City Of Nuclear Optimists", <https://www.wiseinternational.org/nuclear-monitor/430/sosnovy-bor-city-nuclear-optimists>, Erişim Tarihi (14.12.2017).

Dünya genelinde birkaç istisna dışında genel olarak hafif su tasarımları kullanılmaktadır. Günümüz itibariyle %60 PWR ve %21 BWR tasarımlar tercih edilmektedir.

1.3.1.2.8. Nükleer Enerjinin Düşüşü

1970'lerin sonlarından 2002 yılına kadar nükleer enerji endüstrisi duraklama ve düşüş yaşamıştır. Az sayıda reaktör siparişi verilmiş ve kullanıma kapatılanların sayısı 1980'lerin ortalarından itibaren hemen hemen yeni inşa edilen reaktörlerin sayısına yaklaşmıştır. Nitekim zaman içerisinde gelişen teknoloji ile birlikte kapasite üç katına çıkmış ve elde edilen enerji çıkışı %60 artmıştır. Dünya enerji piyasasında nükleer enerjinin payı 1980'lerden itibaren %16-%17 civarında sabitlenmiştir.¹⁰¹ 1970'lerden itibaren pek çok reaktör siparişi iptal edilmiş ve buna bağlı olarak uranyum fiyatları düşmüş ayrıca ikincil malzemelerin fiyatlarında da artış gözlemlenmiştir. Uranyum piyasasına giriş yapan petrol şirketlerinin piyasadan çekilmesi ile geriye kalan üreticiler pozisyonlarını sağlamlaştırmıştır.

Her ne kadar piyasada olumsuz etkiler gerçekleşse de 1990'ların sonuna doğru Kashiwazaki-Kariwa gibi 1350 MWe kapasiteli üçüncü nesil ABWR¹⁰² tipi bir reaktörün Japonya'da faaliyete sokulması nükleer enerjinin yeniden yükseleceğine işaret etmektedir.

1.3.1.2.9. Nükleer Enerjinin Dönüşü

Yeni yüzyıla girildiğinde nükleer enerjiye duyulan ihtiyacın artacağı üç nedenden ötürü öngörülmekteydi. Bunlardan ilki dünya çapında, özellikle hızlı gelişen devletlerin kullanımında; elektriğe olan ihtiyacın artmasıdır. İkincisi ise enerji güvenli konusunda nükleer enerjinin dengeli ve devamlı üretim kapasitesidir.

¹⁰¹ "World Energy Needs and Nuclear Power", <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/world-energy-needs-and-nuclear-power.aspx>, Erişim Tarihi (14.12.2017).

¹⁰² General Electrics, "ABWR Development and Designs Objectives", *ABWR Plant General Description*, www.fornuclear.org/images/stories/recursos/.../Descripcion_general_ABWR_GE.pdf, Erişim Tarihi (14.12.2017), s. 16.

Üçüncüsü ise karbon emisyonlarının küresel ısınma konusunda olan kaygıları tetiklemesi olarak açıklanabilir.

Yukarıda bahsedilen faktörler yeni nesil nükleer enerji reaktörlerinin geliştirildiği döneme rastlamıştır. 2004 yılında ilk geliştirilmiş üçüncü nesil üniteler Finlandiya tarafından sipariş edilmiştir. Finlandiya'nın sipariş ettiği reaktör 1600 MWe kapasiteli Avrupa Basınçlı Su Reaktörü (EPR) modelidir. Benzer bir modelin Fransa'da da üretimine geçilmiştir ve daha fazlasının Britanya'da kurulması planlanmaktadır. ABD'de ise 2005 yılında yürürlüğe giren Enerji Politikası Kanunu'na¹⁰³ istinaden AP1000 model yeni nesil reaktörlerden dört tanesinin inşasına başlanmıştır.

Ancak Avrupa ve Kuzey Amerika'daki bu gelişmeler Çin, Hindistan ve Güney Kore'nin girişimleri karşısında gölgede kalmıştır. Çin tek başına 2020 itibariyle dev bir nükleer filo kurmayı planlamaktadır ve inşasına başlamıştır.¹⁰⁴ Şimdiden yüzden fazla proje teklifi değerlendirmeye alınmıştır. Sağlam ekonomik planlar çerçevesinde ve halkın desteğine sahip bu projelerin büyük bölümü en yeni batı tasarımları ve modüler ve hızlandırılmış inşa teknikleri içermektedir.

Nükleer enerjinin tarihi bilimin Avrupa'da başlaması, Britanya'da ürünlerini vermesi ve ABD'de tam gelişimini sağlaması ile devam etmiştir. Son teknolojik gelişmeler belki de birkaç on yıl içerisinde yeni hamleler ile nükleer enerji konusundaki liderliğin Doğu Asya'ya kayabileceğini göstermektedir.¹⁰⁵

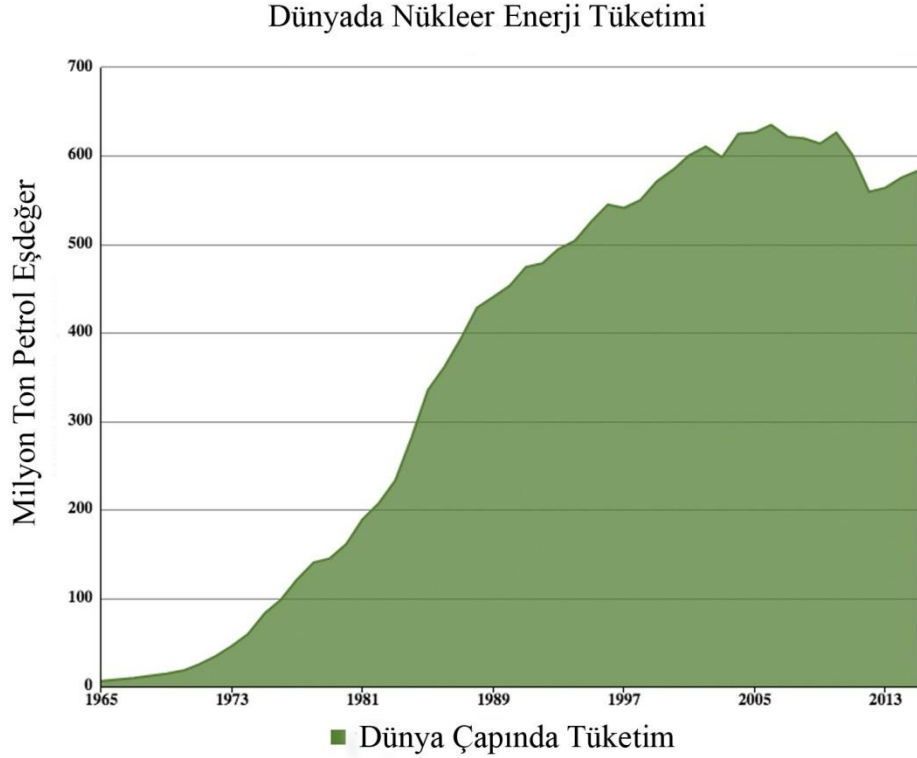
1.3.2. Nükleer Enerjinin Diğer Enerji Kaynaklarından Farkları

Nükleer enerji, geleneksel enerji üretim yöntemlerine oranla daha yeni bir enerji kaynağıdır. 1950'li yıllar itibariyle ticari kullanımı hayata geçirilen nükleer enerji, oturmuş bir teknoloji olmasının yanında halen gelişimini sürdürmektedir.

¹⁰³ United States Environmental Protection Agency, "Summary of the Energy Policy Act", <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-energy-policy-act>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

¹⁰⁴ World Nuclear Association, "Plans For New Reactors Worldwide", <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/plans-for-new-reactors-worldwide.aspx>, Erişim Tarihi (14.12.2017).

¹⁰⁵ International Atomic Energy Agency, "Power Reactor Information System, The Database on Nuclear Power Reactors", <https://www.iaea.org/pris/>, Erişim Tarihi (15.12.2017).

Grafik 1. Dünyada Nükleer Enerji Tüketimi

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy - 2016 Main Indicators <https://knoema.com/BPWES2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-main-indicators?accesskey=cvyrwx>, Yazar tarafından derlenmiştir. Erişim Tarihi (17.06.2017).

Nükleer enerjinin diğer enerji üretim tekniklerinden ayrıştığı en önemli nokta nükleer bilimin başlangıcı sayılan 1932 yılında nötronun Sir James Chadwick tarafından keşfedilmesi ile 1939'da atomun bölünmesi (filyon) işleminin sadece yedi yılda gerçekleştirilmesidir. Enerjinin açığa çıktığının keşfedilmesine 1943'te ilk kontrol edilebilen zincirleme reaksiyonun yapılabilmesi ve ardından 1951'de nükleer enerji kullanılarak elektrik üretimine geçmesi arasında sadece 20 yıllık bir süre geçmesidir. Temel prensiplerden pratik uygulamaya geçişin bu denli hızlı olduğu başka bir enerji üretim teknolojisi bulunmamaktadır.¹⁰⁶

¹⁰⁶ TAEK, "Günümüzde Nükleer Enerjiye Genel Bakış", <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/166-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/435-bolum-01-gunumuzde-nukleer-enerjiye-genel-bakis.html>, Erişim Tarihi (17.06.2017).

Nükleer enerji, hammadde kullanımında da doğası gereği alternatiflerinden ayrılmaktadır. 1 kg kömürden 3kWh, 1 kg petrolden 4 kWh elektrik enerjisi elde edilebilirken, 1kg uranyumdan 50.000 kWh elektrik enerjisi elde edilebilmektedir.¹⁰⁷ Hammadde arzının sağlanmasında, gerek fiyat dalgalanmaları gerekse de lojistik problemler, konvansiyonel enerji üretim mekanizmalarında çeşitli problemlere sebep olabilirken nükleer enerjinin çevresel faktörlerden etkilenmeden üretim arzını koruyabilmesi önemli bir avantajdır.

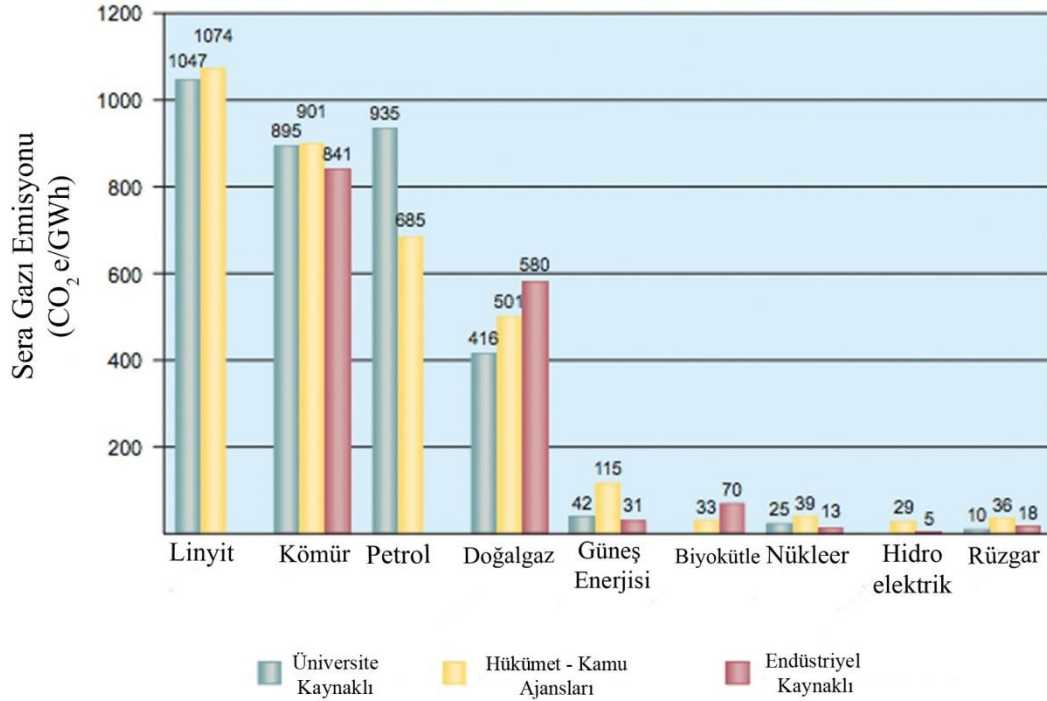
Nükleer enerji üretiminde, kurulumun yapılacağı yerin tercihi açısından, diğer enerji üretim santrallerine oranla daha kısıtlı seçeneklere sahip olunması bir dezavantaj olarak ortaya çıkmaktadır. Nükleer enerji santrali kurulumu uluslararası standartlara tabi olup kurulacak yerin uygunluğu, doğal afetlerden etkilenme ihtimaline ve denize kıyısı olan bölgeler arasından yapılacak seçime kadar çeşitli faktörlerden etkilenmektedir.¹⁰⁸ Güvenlik önlemleri, diğer enerji üretim sistemlerine oranla çok daha sıkı olup bürokratik süreç çok daha ayrıntılı olarak irdelenmektedir. Örneklendirmek gerekirse; Türkiye’de Keban Barajı ölçeğinde (yaklaşık 1.000 MW) enerji üretilebilecek bir nükleer santralin ekonomik olarak işlev kazanarak kurulabilmesi için suyla soğutma yöntemi kullanılması gerekmektedir. Deprem yönetmeliklerine de uyularak ancak Trakya bölgesinin Karadeniz kıyıları söz konusu bir santral için uygun olacaktır.

1.3.3. Nükleer Enerjinin Çevreye Etkileri

Sahip olduğu kötü şöhrete rağmen bilimsel çevrelerce güvenli bir enerji kaynağı olarak kabul edilen nükleer enerji, sera gazı salınım oranları göz önüne alındığında fosil kaynaklı üretimden çok daha düşük seviyelerde karbon kirliliğine sebep olmaktadır.

¹⁰⁷ Hakan Kum, “Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler Ve Politikalar”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Sayı: 33, Temmuz-Aralık 2009, s. 207-223.

¹⁰⁸ Tolga Yarman, “Nükleer Enerji ve Türkiye”, Türkiye 10. Enerji Kongresi, 2006, İstanbul.

Grafik 2. Enerji Kaynaklarına Göre Sera Gazı Salınımları

Kaynak: World Nuclear Association, “Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources”, 2010, s. 8.

Grafik 2’de de görüldüğü gibi sera gazı salınımları, yenilenebilir ve temiz bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden bile düşük seviyelerde seyreden nükleer enerjinin çevreye zararı geleneksel fosil temelli enerji üretim kaynaklarına oranla çok düşüktür. Nitekim nükleer enerji üretimi esnasında ortaya çıkan nükleer atıkların saklanması başlı başına bir sorun teşkil etmektedir. Doğada başıboş bırakılmayacak denli çevreye zarar veren nükleer atıklar, santral ömrünü tamamladıktan sonra dahi dikkatle korunması gereken yükümlülükler olarak işletim yapan devletin sorumluluğundandır. Her ne kadar kullanılan yakıtlar yeniden üretime sokulabilse dahi nükleer atıkların saklanması problemi nükleer enerjinin en büyük sorunlarından birini oluşturmaktadır. Nükleer atıkların sınıflandırılmasında radyoaktivite oranlarına göre ayrıştırma yapılmaktadır.¹⁰⁹

¹⁰⁹ Richard C. Ausness, “High-Level Radioactive Waste Management: The Nuclear Dilemma”, <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph241/koob2/docs/ausness.pdf>, Erişim Tarihi (23.06.2017).

Nükleer atıklar, doğada radyoaktivite oranlarının kabul edilebilir seviyeye düşme sürelerine göre ayrıştırılırlar. Kısa ömürlü, düşük ve orta seviyeli atıklar özel sahalarda, toprak altında, çeşitli mühendislik ve doğal bariyerlerden faydalanarak saklanır. Bununla birlikte gömme alanlarında, yeraltı suları 100-300 yıl arası bir süre kontrol altında tutulmalıdır. Uzun ömürlü, yüksek seviyeli nükleer atıkların saklanması ise çok daha zordur. ABD’de savunma amaçlı uygulamalarda ortaya çıkan uzun ömürlü nükleer atıkların gömülmesine yönelik uygulamalar yapılmış olsa da henüz bertaraf (gömme) işlemi tercih edilen bir yöntem değildir. Belçika, Kanada, Çin, Finlandiya, Fransa, Almanya, Rusya, İsviçre, İngiltere ve ABD gibi devletlerde uzun ömürlü atıkların gömülmesinin geliştirilmesi konusunda programlar yürütülmektedir.¹¹⁰

Enerji üretim aşamasında çok verimli olan ve doğaya zarar verme oranı çok düşük olan nükleer enerjinin, herhangi bir kaza sonucu çevreye zarar verme potansiyelinin yüksekliği ve enerji üretiminde ortaya çıkan atıkların bertaraf edilmesi konusundaki belirsizlik nükleer enerjinin tercihi konusunda karşıt ve kendine göre güçlü savları olan görüşleri ortaya çıkarmıştır. Kesin olarak varılabilecek sonuç ise nükleer enerji üretiminin kısa vadeli bir plan çerçevesinde değerlendirilemeyeceğidir.¹¹¹

1.3.4. Dünyadaki Başlıca Nükleer Enerji Santralleri

Nükleer enerji üretimi, dünyada birçok devlette elektrik üretiminde tercih edilen bir sistemdir. Çalışmanın bu bölümünde başlıca nükleer enerji üretim tesislerine yer verilmiştir.

Bunların başında Kashiwazaki-Kariwa Nükleer Enerji Santrali gelir. 7,965 MW net üretim ile dünyanın en yüksek kapasiteli nükleer enerji üretim tesisidir. Tokyo Elektrik Enerjisi Şirketi (TEPCO) tarafından işletilen Kashiwazaki-

¹¹⁰ Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, “Radyoaktif Atık Yönetimi”, <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/166-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/438-bolum-04-radyoaktif-atik-yonetimi.html>, Erişim Tarihi (23.06.2017).

¹¹¹ Mustafa Özalp, “Türkiye’de Nükleer Enerji Kurulumunun Enerjide Dışa Bağımlılık Ve Arz Güvenliğine Etkisi”, *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt 18, Sayı 2, 2017, s. 176.

Kariwa'nın toplam 8,212 MW kapasiteli, yedi adet kaynar sulu reaktörü (BWR) mevcuttur. İşletmeye açılan ilk beş reaktörün, reaktör başına 1,100 MW enerji üretim kapasitesi mevcut olup, işletmeye sokulan altı ve yedinci reaktörler ise 2,712 MW toplam enerji üretim kapasitesine sahiptir. Santralin ticari işletmeye ilk açıldığı tarih 1985 Kasım'ıdır. Son reaktörün işletmeye açılma tarihi ise Temmuz 1997'dir.

Mart 2011'de Fukushima Daiichi'de meydana gelen kazayı takiben Japonya'daki tüm nükleer enerji üretim tesisleri üretime ara vermiştir. Japon Nükleer Düzenleme Otoritesi (NRA) tarafından belirlenen yeni düzenlemeler ve güvenlik önlemleri çerçevesinde beş reaktör yeniden kullanım onayı almıştır ve üç reaktör aktif olarak çalışmaya başlamıştır. Bir tanesi inşaat halinde olan 21 reaktör için ise yeniden çalışma başvurusu yapılmıştır ve başvurular NRA tarafından incelenmektedir. Onay alan bazı reaktörler halen yasal ve politik problemlerle yüzleştiklerinden ötürü açılışları ertelenebilir olarak görünmektedir.¹¹² TEPCO, 2019 Nisan'ından itibaren Kashiwazaki-Kariwa nükleer santralini aşamalı olarak kullanıma açmayı planlamaktadır. Kashiwazaki-Kariwa, 2017 itibariyle aktif olmasa da kapasite bakımından halen dünyanın en büyük nükleer santrali olduğundan listede yer almıştır.¹¹³

¹¹² U.S. Energy Information Administration, "Five And A Half Years After Fukushima, 3 Of Japan's 54 Nuclear Reactors Are Operating", <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=27912>, Erişim Tarihi (25.06.2017).

¹¹³ "Tepco Contemplates 2019 Restart For Giant Kashiwazaki-Kariwa Nuclear Plant", *Japan Times*, <http://www.japantimes.co.jp/news/2017/04/22/national/tepco-eyes-2019-restart-kashiwazaki-kariwa-nuclear-reactors/#.WU7U6RPyiu5>, Erişim Tarihi (25.06.2017).

Resim 1. Kashiwazaki-Kariwa Nükleer Enerji Santrali, Japonya.



Kapasite olarak dünyada ikinci en büyük nükleer enerji üretim tesis konumunda bulunan Bruce Nükleer Enerji İstasyonu Bruce County, Ontario, Kanada’da faaliyet göstermektedir. 6, 234 MW (net) enerji üretim kapasitesi bulunan tesis, Ontario Power Generation (OPG)¹¹⁴ sahipliğinde, Bruce Power Şirketi tarafından işletilmektedir. En son reaktörün ticari kullanıma açılması 1987 Mayısında¹¹⁵ gerçekleştirilen Bruce Nükleer Enerji İstasyonu, sekiz adet basınçlı ağır su reaktörüne (PHWR) sahiptir. Reaktör başına 786 MW – 891 MW arası değişen üretim kapasitesi bulunan santralin Bruce 1 isimli reaktörü 1997 yılında uzun süreli olarak kapatılmış olup 2012 Kasımında yeniden kullanıma açılmıştır. Mayıs 2001’de Bruce Power Şirketi 18 yıllığına nükleer santralin kontrolünü almıştır. Sözleşme

¹¹⁴ “OPG”, <https://www.opg.com/Pages/home.aspx>, Erişim Tarihi (25.06.2017).

¹¹⁵ The Bruce Power Generating Station Project”, <https://www.power-technology.com/projects/brucepowergenerating/>, Erişim Tarihi (25.06.2017).

2019 yılında sona erecek olmasına rağmen 2044 yılına kadar sürecek bir opsiyon sözleşmesi de beklenmektedir.¹¹⁶

Resim 2. Bruce Nükleer Enerji İstasyonu, Kanada.



2013 yılında ismi Ulchin Nükleer Enerji Santrali'nden Hanul Nükleer Enerji Santrali'ne¹¹⁷ çevrilen enerji üretim tesisi Güney Kore'nin kurulu en büyük santralidir. Toplam brüt 6.189 MW kurulu, 5.098 MW net üretim kapasitesine sahip olan tesis dünyadaki en büyük 4. Nükleer enerji üretim santralidir. Birinci bölümü 2005 yılında tamamlanmış olan tesis altı adet basınçlı su reaktörüne (PWR) sahiptir. Santralin gelişim sürecinde ikinci bölüme ait olarak yapılan iki yeni reaktör tesise eklenmiştir. Tane başına 1.350 MW net üretim kapasitesine sahip olan söz konusu iki reaktörün de devreye girmesi ile 2018 yılında net kapasitenin 8,608 MW olması planlanmaktadır.

¹¹⁶ Kanada Hükümeti Resmi İnternet Sitesi, <https://www.canada.ca/en/news.html>, Erişim Tarihi (25.06.2017).

¹¹⁷ Nuclear Threat Initiative, "Hanul Nuclear Power Complex", <http://www.nti.org/learn/facilities/6/>, Erişim Tarihi (25.06.2017).

Güney Kore'nin diğer büyük marjlı nükleer tesisi olan Hanbit Nükleer Enerji Santrali¹¹⁸ (eski adıyla Yeonggwang Nükleer Enerji Santrali) 5,899 MW net kullanılabilir ve 6,164 MW brüt kapasitesiyle dünyanın en büyük marjlı ilk beş santralinden biridir. Kore Hidro ve Nükleer Enerji (KNHP)¹¹⁹ tarafından işletilen santral altı adet basınçlı su reaktörüne (PWR) sahiptir. 1986, 1994, 1995, 2001 ve 2002 yapılan değerlendirmelerden başarıyla çıkıp saygınlığını arttırmıştır.

Güney Kore'nin nükleer gelişimi yukarıda bahsedilen iki santral örneğinden de anlaşılabilir gibi çok hızlı ve başarılı bir şekilde gerçekleşmiştir. Büyüyen ekonomisi ve gelişen reel sektörün ihtiyaçlarını karşılamada enerji arzı güvenliğini nükleer enerji kullanımı ile sağlayan Güney Kore örneği, benzer bir gelişim göstermesi zorunlu olan Türkiye için de aydınlatıcı bir kaynak oluşturmaktadır.

Büyük nükleer enerji santralleri arasında Avrupa'nın en büyük hacimli santrali olan Zaporizhzhia Nükleer Enerji Santrali, brüt 6.000 MW kapasiteli ve net 5.700 MW üretim hacmine sahiptir. Altı adet aktif VVER-1000 Basınçlı su reaktörü bulunan santral, Enerhodar -Ukrayna'nın Enerhodar şehrinde kuruludur ve Ukrayna devletine ait olan Energoatom tarafından işletilmektedir.¹²⁰

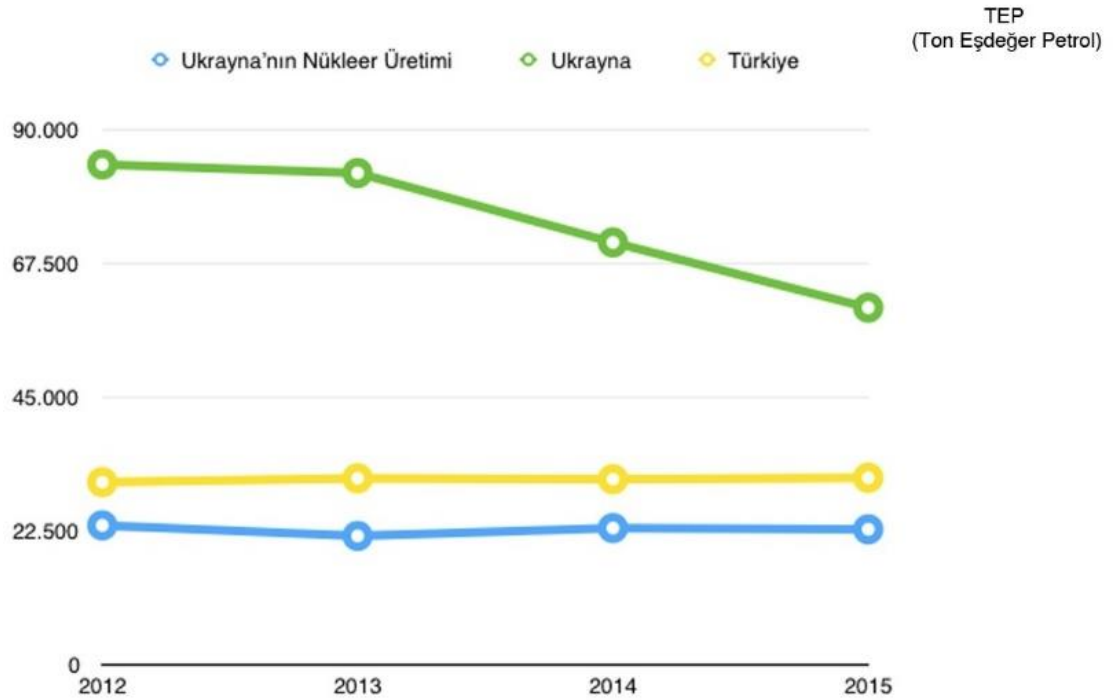
¹¹⁸ World Nuclear Association, "Nuclear Power in South Korea", <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/south-korea.aspx>, Erişim Tarihi (25.06.2017).

¹¹⁹ World Nuclear, "Korea Hydro & Nuclear Power", <https://www.world-nuclear-exhibition.com/en/Exhibitors/4542815/KHNP-KOREA-HYDRO-AND-NUCLEAR-POWER>, Erişim Tarihi (25.06.2018).

¹²⁰ Akanksha Gupta, "Top 10 Nuclear Power Plants By Capacity", Power Technology, <http://www.power-technology.com/features/feature-largest-nuclear-power-plants-world/>, Erişim Tarihi (25.06.2017).

Tablo 1. Türkiye-Ukrayna Karşılaştırmalı Enerji Üretimi

	2012	2013	2014	2015
Türkiye	30.685	31.329	31.174	31.411
Ukrayna	84.098	82.662	70.992	60.020
Ukrayna'nın Nükleer Üretimi	23.413	21.627	22.957	22.752



Ukrayna'nın elektrik ihtiyacının büyük bir kısmını karşılayabilen sistem devletin sürdürülebilir enerji politikasını doğrudan etkilemektedir ve enerji arzı güvenliğine büyük katkı yapmaktadır. Türkiye'de süregelen nükleer enerji santrali kurulumu hakkındaki tartışmalara ışık tutması amacıyla iki devletin enerji üretimi yukarıdaki tablo¹²¹ ve grafik hazırlanmıştır.

¹²¹ Tablo 1, Eurostat'tan derlenerek yazar tarafından hazırlanmıştır.

1.3.5. Önemli Nükleer Santral Kazaları ve Çıkarılabilecek Dersler

Güvenlik önlemleri açısından, nükleer santraller doğası gereği diğer enerji üretim tesislerine ve endüstriyel üretim yapılan işletmelere oranla çok daha sıkı politikalara sahiptir. Fakat nükleer enerji üretimi tarihi boyunca, çeşitli sebeplerden dolayı kazalar meydana gelmiş ve maalesef bazıları ölümle sonuçlanmıştır. Kronolojik olarak önemli örneklerden bahsetmek gerekirse:

1.3.5.1. Los Alamos Kritiklik Kazaları

08.08.1945 ve 21.05.1946 tarihlerinde, Los Alamos ABD Kritiklik Kazaları'nda, yakıt kütesinin kritikliğe ulaşması ve kritiklik kazasına¹²² sebebiyet vermesi sonucu her iki olayda da bir kişi hayatını kaybetmiştir.

1.3.5.2. Vinca (Yugoslavya) Kritiklik Kazası

15.10.1958'de Vinca, Yugoslavya'da biyolojik zırhlama önlemleri alınmadan gerçekleştirilen kritiklik deneyi¹²³ sırasında yine kritiklik kazası sonucu altı çalışan radyasyona maruz kalmıştır. Söz konusu personelden bir tanesi ölmüş diğerleri ise lösemi tedavisi görmek zorunda kalmıştır. Nükleer enerji, diğer enerji üretim tekniklerinden farklı olarak hataya tahammülü olmayan bir teknolojidir. Gerekli önlemler alınmadan, gerçekleştirilecek tüm çalışmalar faciaya sebebiyet vermekle yükümlüdür.

1.3.5.3. Idaho Falls

03.01.1968 tarihinde Idaho Falls, ABD'de gerçekleşen kaza orduya ait SL-1 Nükleer Reaktörü'nde gerçekleşmiştir. Kutuplardaki askeri tesisler gibi enerji transferi yapılamayacak bölgelerde nükleer enerjinin kullanılması konusunda araştırmalar yapılan reaktör, düşük çaplı (3 MW) üretim yapması amacıyla üretilmiştir. Birinci reaktörde nötronların emiliminden sorumlu ana kontrol

¹²² Kontrol edilemeyen zincirleme nükleer reaksiyon.

¹²³ IEAE, "Experiment At Vinca", <https://www.iaea.org/sites/default/files/.../02205800405.pdf>, Erişim Tarihi (22.06.2017).

çubuğunun gerekli prosedüre uyulmadan sökülmesi sonucu üç personelin ölümü ile sonuçlanan kaza, ABD’de ani ölümle sonuçlanan tek reaktör kazasıdır. Kaza sonucu meydana gelen su çekici¹²⁴ sebebiyle reaktördeki enerji 4 milisaniyede 20 GW’a yükselmiştir. Kazada daha fazla can kaybı yaşanmamasının sebebi reaktörün Idaho’nun 65 km doğusundaki çölde kurulması olarak gösterilmektedir.

1.3.5.4. Wood River

24.07.1964 tarihinde olan kaza, Wood River ABD’de, yüksek seviyede zenginleştirilmiş uranyumu ısıtmaya maruz kalmamış katı atıklardan elde etmek yoluyla yakıt üretme amacıyla kurulmuş olan tesiste gerçekleşmiştir. Wood River Nükleer Enerji Tesisi, 1964’ün mart ayında işletmeye geçmiştir.

Kazanın gerçekleştiği 24 Temmuz günü, henüz üretime başlamayan tesiste sadece beş çalışan bulunmaktadır. (Bir yönetici, üç tekniker ve bir güvenlik görevlisi.) Tesis, işletme ile ilgili problemler yaşadığı bu dönemde, büyük miktarda yüksek uranyum içeren kapların, düşük uranyum konsantrasi içeren Trikloroetan (TCE) maddesi ile dolu olan aynı tipte kaplarla karıştırılması sonucu, aslında basit bir işlem olması gereken süreç, insan hatası (üç teknikerin ikisi kontrolünde) sebebiyle büyük bir soruna dönüşmüştür. Tankta bekleyen sodyum karbona, TCE maddesi sanılarak dökülen yüksek uranyum içerikli çözelti, yüksek stresli bir kabarma ile operatörü yere sermiş ve alarmı harekete geçirmiştir. Ardından otomatik olarak devreye giren karıştırıcılar sayesinde normal seviyelere çekilebilen radyasyon seviyesi, ilk alarmın hala çalması sebebiyle iki saat sonra gerçekleşen ikinci kabarma da fark edilememiş ve ilk seferinde işe yarayan otomatik kontrol mekanizması ikinci defa devreye girmemiştir. Kaza sonucu ilk işlemi gerçekleştiren personel ölümcül seviyede radyasyona maruz kalmış ve 49 saat sonra ölmüştür. Daha küçük dozda radyasyona sebebiyet veren ikinci kabarma ise diğer iki çalışanın dikkate değer seviyelerde radyasyona maruz kalmasına neden olmuştur.¹²⁵

¹²⁴ Suyun çok ani şekilde buhara dönüşmesi sebebiyle oluşan ve sonucunda santralin çekirdeğinin erimesine sebebiyet veren, nükleer santrallerde meydana gelebilen bir kaza türü.

¹²⁵ International Atomic Energy Agency, “Significant Incidents In Nuclear Fuel Cycle Facilities”, Viyana, 1996, s. 38.

Tesise zarar vermeyen kaza, nükleer enerjinin, yetkin personel gerekliliğini ortaya koymuştur. Şimdiye kadar gerçekleşen kazalarda insan hatası yüksek bir paya sahiptir. Geçmişten günümüze nükleer tecrübenin artması ile söz konusu hata minimize edildiyse de, Türkiye gibi nükleer enerji arzusu olan ancak sektöre yabancı ve tecrübesiz üreticilerin konuyla ilgili bilgi birikimini oluşturmadan büyük çapta nükleer çalışmalara girmemesi gerektiği düşünülmektedir.

1.3.5.5. İtalya

13.05.1975 tarihinde İtalya’da, gıda sterilizasyonu yapılan bir tesiste meydana gelen kaza sebebiyle yayılan radyasyon bir kişinin ölümüne sebebiyet vermiştir.¹²⁶ 60’lı yıllarda nükleer santral kurma kararı alan İtalya, Çernobil Kazası sonrası yapılan referandum sonucu mevcut olan üç reaktörünü de kapatmıştır.¹²⁷ 2008 yılında yeniden nükleer politikalar gündeme gelmiş ancak Mart 2011’de Fukushima Daiichi’de gerçekleşen kaza sonrası yapılan referandumda İtalyanlar yine nükleere karşı oy kullanmışlardır.

1987 referandumu ile nükleer enerji üretiminden çekilmesi sonrası İtalyan ekonomisi büyük darbe almıştır. Petrol ve doğalgaza yüksek önem vermek zorunda kalan ve enerji ithalatını maksimize etmek zorunda kalan İtalya’da elektrik fiyatları Avrupa Birliği standartlarının üstünde seyretmektedir. 2008 yılı itibarıyla, ortalama olarak € 20.9 sent/kWh seviyelerinde seyreden ev elektriği fiyatları, Fransa’dan 9 sent daha yüksektir. Ekim 2008’de, İtalya Ekonomik Kalkınma Bakanı’nın yaptığı açıklamada nükleer enerjiden çekilmenin çok büyük bir hata olduğu ve bunun maliyetinin 50 Milyon € olduğu ifade edilmiştir.¹²⁸ Aynı zamanda nükleer güce sahip olmayan tek G-8 devleti olan İtalya’nın son dönemlerde yaşadığı ekonomik krizde enerji arzı ile ilgili yaşadığı problemlerin etkisi küçümsenmemelidir. Gelişmişlik seviyesi ile korelasyon halinde ilerleyen enerji arzı güvenliği, devletlerin uluslararası arenadaki varlığını de doğrudan etkilemektedir. Yerli ve sürdürülebilir enerji

¹²⁶ İslam Safa Kaya, “Nükleer Enerji Dünyasında Çevre Ve İnsan”, *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt 1, 2012, Sayı:24, s. 78.

¹²⁷ Eren Alper Yılmaz, “Güvenlik Ve Ekonomik Boyutuyla Nükleer Enerji Tartışmaları: Akkuyu Nükleer Santrali Örneği”, *CÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 39, Sayı: 1, Haziran 2015, s. 230.

¹²⁸ World Nuclear Association, “Nuclear Power in Italy”, <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/italy.aspx>, Erişim Tarihi (26.06.2017).

kaynakları ile ilgili kararları, popülist politikalar yerine; 20-30 yıllık enerji projeksiyonları yaparak gerçekleştirmek, yeri geldiğinde bu niyeti toplum tepkisine rağmen sürdürmek büyük önem ihtiva etmektedir. İtalya örneği gelişmişlik seviyesini arttırmak isteyen Türkiye'ye de ders niteliğinde sonuçların çıkarılabileceğini göstermektedir.

1.3.5.6. Constituyentes-Arjantin

Bir başka nükleer kaza ise 23.09.1983 tarihinde, Constituyentes, Arjantin'de meydana gelmiştir. Nükleer reaktörün çekirdek yapılandırmasında gerçekleştirilecek bir yenileme planlanmış ancak sadece kısmi olarak gerçekleştirilmiştir. Söz konusu işlemin uygulanabilmesi için nötron moderatörünün tamamen sökülmesi gerekirken sadece kısmen gerçekleştirilen işlem sonucunda, değişim işlemleri yapılırken güçte ani bir artışla radyasyon tepkimesinin bir anda yükselmesi, kazaya sebebiyet vermiştir. Yalıtılmış alanda sadece operatörün olması can kaybının artmasını engellemiş ve kontrol odasında bulunan kişilerin daha az radyasyona maruz kalması ile sonuçlanmıştır.¹²⁹

Nükleer enerji tesislerinde bağımsız birçok birimin birlikte çalışması ve programın uygulanmasındaki tutarlılık büyük önem arz etmektedir. Deneysel reaktörler, büyük çaplı enerji santrallerinde daha az tehlikeli olmakla birlikte, söz konusu olan şey nükleer tepkimeler olduğunda gerekli dikkat ve güvenlik kesinlikle daha basit olarak düşünülmemelidir.

1.3.5.7. Çernobil Nükleer Kazası

28.04.1986'da Çernobil-SSCB'de meydana gelen kaza Uluslararası Nükleer Olay Ölçeği'ne (INES)¹³⁰ göre bugüne kadar meydana gelmiş en büyük nükleer kazadır. Çernobil Nükleer Santral Kazası, INES'e göre en yüksek sınıflandırma oranı olan 7 ile ölçeklendirilmiştir.

¹²⁹ U.S.N.R.C, "Information Notice No. 83-66, Supplement 1: Fatality at Argentine Critical Facility.", 1984.

¹³⁰ International Atomic Energy Agency, International Nuclear and Radiological Event Scale (INES), <https://www.iaea.org/topics/emergency-preparedness-and-response-epr/international-nuclear-radiological-event-scale-ines>, Erişim Tarihi (26.06.2017).

Tarihte sadece iki kez bu denli yüksek şiddeti olan nükleer kaza olmuştur. Bunlardan birisi Çernobil felaketi, diğeri ise 2011 yılında meydana gelen Fukushima Daiichi Nükleer Santral Kazası'dır.¹³¹

26 Nisan 1986 sabahı erken saatlerde gerçekleşen kaza, operatörlerin nükleer santralin güvenlik önlemlerini ihlal etmesi sonucu gerçekleşmiştir. Söz konusu personelin reaktörü çok düşük enerji seviyelerinde çalıştırması ve gerekli güvenlik önlemlerinin alınmaması sebebiyle meydana gelen kazada; gerekli prosedürün yerine getirilmemesi ve güvenlikten sorumlu personelle iletişime geçilmemesi büyük rol oynamıştır.

Çernobil Nükleer Enerji Santrali dört adet basınçlı su reaktöründen oluşmaktadır. Sovyet dizaynı Yüksek Güçlü Kanal Tipi Reaktörler (RBMK), Rusçada; *Reaktor Bolşoy Moşçnosti Kanalni*, kullanılan santral, elektrik enerjisi ve plütonyum üretmek maksadıyla kurulmuştur. Standart ticari dizaynlardan çok farklı bir yapıda inşa edilen santral, su soğutma sistemi ve nötron moderasyonu için karbon kullanılarak zenginleştirilmemiş uranyumdan yakıt elde etme amacıyla kurulmuştur.

Düşük güçte çalıştırıldıklarında fazlasıyla dengesiz olan reaktörler, zincirleme reaksiyonu tetikleyebilecek faktörler ile birlikte soğutma suyunun yitilmesi sonucunda bu faciaya sebebiyet vermiştir. 4 numaralı Çernobil Reaktörü'nde meydana gelen ani ısı artması sonucu meydana gelen kaza, reaktörün yıkımını getirmiştir.

Sıcak yakıt parçaları su ile temas ettiğinde reaksiyona girmiş ve su çekici oluşmasına sebebiyet vermiştir. Su çekici oluşması ile 1000 metrik ton ağırlığındaki reaktör çatısı havaya uçmuş ve 1660 adet basınç tüpünün de bağlantısını koparmıştır. Bu olay ikinci bir patlamaya neden olmuş ve reaktör çekirdeğinin havayla temas etmesi sonucu çıkan yangın on gün sürmüştür. Yangın esnasında büyük miktarda radyasyon atmosfere karışmıştır.¹³²

¹³¹ Richard Black, BBC, "Fukushima: As Bad As Chernobyl?", <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-13048916>, Erişim Tarihi (26.06.2017).

¹³² Nermin Kılıç, "Çevre ve Dış Politika İlişkisi: Çernobil Kazası ve Türk Dış Politikasına Yansımaları", *İGÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı 4, 2017, s. 155.

Dünyanın diğer bölgelerindeki nükleer tesislerde bulunanın aksine Çernobil Nükleer Santrali, güçlü kontrol mekanizmalarına ve korumaya sahip olmadığından yüksek miktarda radyasyon çevreye yayılmıştır.

Kazanın olduğu 4 Numaralı Çernobil Reaktörü beton bir yapıyla çevrilmiştir fakat söz konusu yapı her geçen gün etkinliğini yitirmekte ve zayıflamaktadır. Ukrayna ve sanayileşmiş sekiz devlet, mevcut yapının sağlamlaştırma çalışmalarının yapılması konusunda mutabakata varmıştır. Plan mevcut yapının üzerine dev boyutlarda bir beton lahit yapılarak radyasyon sızıntısının 100 yıl daha engellenmesi üzerine kurulmuştur.

Yetkililer 2 Numaralı Reaktör'ün, çıkan bir yangın sonucundan 1991 yılında kapatılmasına karar vermiş, ardından 1 ve 3 Numaralı Reaktörler de sırasıyla 1996 ve 2000 yıllarında kapatılmıştır.¹³³

Kaza ile birlikte etrafa yayılan radyoaktif maddelerin kent ortamlarında, tarım alanlarında, ormanlarda ve deniz ve göller üzerinde birikmeler yaptığı gözlemlenmiştir. Kazada 28 kişi ilk dört ay içinde radyasyon ve yanıklar nedeniyle ölmüştür. Diğer 19 kişi ise 2004 yılına kadar çeşitli nedenlerle hayatını kaybetmiştir.

¹³³ Nuclear Energy Institution, "Chernobyl Accident And Its Consequences", <https://www.nei.org/Master-Document-Folder/Backgrounders/Fact-Sheets/Chernobyl-Accident-And-Its-Consequences>, Erişim Tarihi (26.06.2017).

Resim.3 Çernobil Reaktörleri



1.3.5.8. Tokaimura Nükleer Kazası

Günümüze yakın bir zamanda, insan hatası sebebiyle olan bir diğer büyük çaplı kaza olan Tokaimura Nükleer Enerji Santrali Kazası, 30 Eylül 1999 tarihinde, JCO nükleer yakıt işleme tesisindeki işçilerin %18.8 oranında zenginleştirilmiş uranil-nitrat çözeltisini, uranyum-235 ile beraber çökeltme kabında karıştırması sonucu olmuştur. Aslında basit bir işlem olması gereken süreç¹³⁴, işçilerin hatası nedeniyle kendi kendini besleyen bir zincirleme reaksiyona sebep olmuştur. Kritiklik kazası olarak da bilinen reaksiyon birkaç saat sürmüştür.¹³⁵

Nitrik asit çözeltisinin uranyuma eklenmesi sonucu oluşan kritiklik seviyesi sebebiyle nötronlar ve gama ışınları çevreye yayılmış; bu durum en sonunda Hisashi Ouchi ve Masato Shinohara adlı işçilerin ölümüne sebep olmuştur. Reaksiyonu tam

¹³⁴ İzotopları zenginleştirilmiş uranyum heksaflorüdü yakıt olarak kullanılan uranyum diyokside çevirmek.

¹³⁵ Greenpeace, "Japonya'da Nükleer Kaza", <http://www.greenpeace.org/turkey/tr/news/japonya-da-nuekleer-kaza/>, Erişim Tarihi (25.06.2017).

anlamıyla durdurmak, uranyumun çoktan solüsyonun içine karışması yüzünden çok zor olmuştur. Bu karışım işçilerin yeni nükleer fisyon reaksiyonlarının oluşmasını engellemesini de zorlaştırmıştır. Kritiklik, ancak soğuk su ünitesinin çökeltme kabının etrafını sarıp adeta bir nötron deflektörü gibi davranması sonucu kontrol altına alınabilmiştir. İki işçinin ölümünün yanı sıra fabrika işçileri, itfaiyeciler, kazaya yardıma koşanlar ve bölgede yaşayan 207 sakin yüksek seviyede radyasyona maruz kalmıştır.

Engellenebilecek bir vaka olan söz konusu kaza, Japonların nükleer faaliyetlerini çarpıcı bir şekilde etkilemiştir. Kritikliğin kontrol dışı olarak artmasının sebebi, öncelikle kimyasal işlem güvenlik prosedürünün yanlış anlaşılması ve risk yönetimi mühendisleri ile kimya mühendisleri arasındaki iletişim problemleri sebebiyle olmuştur. Yaşanılan bütün kötü olaylara rağmen, Tokaimura Kritiklik Kazası, alınan dersler açısından Japon nükleer faaliyetlerinde pozitif bir etki bırakmıştır.¹³⁶

1.3.5.9. Fukushima Nükleer Enerji Santrali Kazası

11 Mart 2011 tarihinde meydana gelen deprem, Japonya'nın Tohoku Sahili'nde kurulu Fukushima Daichii Nükleer Enerji Santrali'ni vuran 15 metrelik bir tsunamiye sebep olmuştur.¹³⁷ Normalde 7 metreye kadar dalgalardan etkilenmeyecek koruma duvarlarına sahip santralin bu güçte bir etkiye maruz kalması sonucu güç kesintileri yaşanmış ve soğutma sistemleri etkilenmiştir. Fukushima Daichii TEPCO tarafından işletilen ve ilki 1971 kullanılmaya başlayan BWR tipi kaynar sulu reaktörlerdir, bu sebeple soğutma sistemi santralin işletiminde hayati önem taşımaktadır.

Soğutma sistemleri devre dışı kalan 1, 2 ve 3 Numaralı reaktörlerin çekirdeklerinin büyük bölümü ilk üç gün içinde erimiştir. Erime sebepli oluşan yüksek ısının meydana getirdiği hidrojen, 1 ve 3 Numaralı reaktörlerde patlamalara

¹³⁶ Ryan Dudzinski, The Tokaimura Criticality Accident of 1999, <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph241/dudzinski1/>, Erişim Tarihi (28.06.2017).

¹³⁷ Veda Duman, "Fukuşima Nükleer Santral Kazası", <https://www.fmo.org.tr/wp-content/belgeler/fukushimaraporu.pdf>, s.13.

sebepe olmuştur. Kazanın olduğu sırada aktif olmayan 4 Numaralı reaktör ise 3 Numaralı reaktörden geri tepen gaz sebebiyle hasar görmüştür. Kaza sonucu dört reaktörün hepsi kapatılmıştır. Santralde bulunan iki reaktör ise kazadan etkilenmemiştir.

Uluslararası Nükleer Olay Ölçütü'nde (INES) en yüksek birim olan, 7. Seviye ile değerlendirilen kaza ilk birkaç günde havaya salınan radyoaktivite ve iki ay boyunca deniz suyuna sızan nükleer atıklar sebebiyle bu derece yüksek önem arz etmektedir. 2011 yılının sonlarına doğru nükleer sızıntı dikkate alınmayacak seviyelere düşmüş olsa nükleer santralin kurulu bulunduğu bölgenin zemininde ne kadar radyoaktif materyal biriktiği net olarak bilinmemektedir.¹³⁸

Fukushima'da gerçekleşen kaza nitelik açısından şimdiye kadar gerçekleşmiş en karmaşık kazadır. '99'da yaşanan olay sonrası nükleer güvenlik konusunda büyük aşama kaydeden Japonların olaya anında müdahale etmesi ve gerekli önlemleri alması sonucu çok daha büyük çapta bir felakete neden olabilecek kaza, nispeten daha az zararla atlatılmıştır.¹³⁹

Fukushima Santrali'nde olan kazayı, şimdiye kadar olmuş diğer nükleer kazalardan ayıran en önemli özelliği ise tesisteki birden çok reaktörün etkilenmiş olmasıdır. Reaktörler birbirleriyle etkileşim içinde zarar görmüş ve bu da durumun kontrol altına alınmasını güçleştirmiştir. Kaza bu sebeple reaktörler bazında incelenmiş ve durumun bu çerçevede açıklanması amaçlanmıştır.

¹³⁸ World Nuclear Association, "The Situation At Fukushima", <http://www.world-nuclear.org/focus/fukushima/the-situation-at-fukushima.aspx>, Erişim Tarihi (28.06.2017).

¹³⁹ National Academy of Sciences , "Lessons Learned from the Fukushima Nuclear Accident for Improving Safety of U.S. Nuclear Plants", <https://www.nap.edu/resource/18294/fukushima-brief05-PDFfromNAP-LoRes.pdf>, Erişim Tarihi (29.06.2018).

Resim 4. 11 Mart 2011 Depremi ve Çevredeki Nükleer Santraller



Kaynak: Mark Holt-Richard J. Campbell, "Japan Earthquake Epicenter and Nuclear Plant Locations", *Fukushima Nuclear Disaster*, <https://fas.org/sgp/crs/nuke/R41694.pdf>, Erişim Tarihi (28.06.2017), s. 3.

1 Numaralı Reaktör; Deprem olduğu sırada elektrik üretimi yapan reaktör sorunsuz bir şekilde otomatik olarak kapanmış fakat tsunami sebebiyle acil durum

soğutucuları görevini yapamamış ve devre dışı kalmıştır. Yüksek sıcaklıktaki yakıtı soğutmakla görevli üniteler devre dışı kaldığı için reaktörün çekirdeğinde ısı yükselmiş ve zirkonyum yakıtla tepkimeye giren buhar çok yüksek oranlarda hidrojenin oluşmasına neden olmuştur. 12 saatin sonunda birincil koruma alanının kaldırabileceğinin iki katı yüksekliğe çıkan basınç sebebiyle zorunlu olarak atmosfere hidrojen salınımı (basıncı düşürmek amacıyla) için hazırlıklar yapılmıştır. 10 km'lik bir çapta tahliyeler gerçekleştirilmiş ve 24 saatin sonunda atmosfere salınım başlamıştır. 12 Martta salınımın başlamasından bir saat sonra, büyük bir hidrojen patlaması olmuş ve büyük hasara sebep olmuştur. Patlamaya sebep olan hidrojenin, birincil yalıtım alanından yüksek basınçlanma esnasında veya menfezler aracılığıyla sızdığı tahmin edilmektedir.¹⁴⁰

12 Martta, santral çalışanları reaktörün basınç kabına büyük bir itfaiye filosuyla deniz suyu basmaya başlamış ve 20 Martta reaktör dışı elektriği yeniden sağlayabilmişlerdir. Reaktör kabına temiz su aktarılması ise 29 Martta gerçekleşmiştir.

TEPCO'nun 30 Kasım 2011'de yaptığı açıklamaya göre 1 Numaralı Reaktör'deki tüm yakıtın eriyerek basınç kabının zeminine ulaştığı ve bu eriyik yakıtın da basınç kabını delerek birincil kontrol kabının zeminine ulaştığı beyan edilmiştir. Bu durumun yer altından sızıntılara sebep olma ihtimali yüksektir.¹⁴¹

2 Numaralı Reaktör; deprem olduğu esnada elektrik üretimi yaparken otomatik olarak durmuştur. İki adet jeneratöre sahip olan reaktörün dizel yakıtlı yedek jeneratörü tsunami sebebiyle su altında kalmıştır. Diğer hava soğutmalı jeneratör ise su seviyesinden yüksekte olduğu için çalışmaya devam etmiştir ancak elektrik sigortalarının su seviyesinin altında kalması ve büyük hasar alması sebebiyle sonradan durmuştur. Bunun ardından bölgeye getirilen taşınabilir jeneratör de çalışmaya başlatılmadan hemen önce 1 Numaralı Reaktör'de meydana gelen

¹⁴⁰ Fukushima On The Globe, "What Happened?", <http://fukushimaonthe globe.com/the-earthquake-and-the-nuclear-accident/whats-happened>, Erişim Tarihi (02.07.2017).

¹⁴¹ TEPCO, "Press Releases", <http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/11110413-e.html>, Erişim Tarihi (02.07.2017).

hidrojen patlaması sebebiyle çevreye saçılan molozlardan zarar görmüş ve çalışamaz hale gelmiştir.

Tsunamiden sonraki 70 saat boyunca aktif kalan 2 Numaralı reaktörün buharlı yedek soğutma sistemi akabinde 6 saat devre dışı kalınca reaktör çekirdeği büyük ölçüde erimiştir. 3 Numaralı reaktördeki hidrojen patlaması sebebiyle ertelenen deniz suyu ile soğutmaya 14 Martta ancak başlanmıştır. TEPCO'nun yaptığı açıklamaya göre, 26 Martta temiz suyun reaktöre verilmesinden önce soğutmanın yapılamadığı süreçte reaktörün çekirdeğinin %57'sinin eridiği belirtilmiştir. 30 Kasım tarihinde TEPCO erimiş reaktörü büyük oranda kontrol altına almayı başarmıştır.

3 Numaralı Reaktör de depremin olmasıyla otomatik olarak duran 1 ve 2 Numaralı reaktörler gibi tsunami sonrası elektrik enerjisinin yitirmiştir. 13 Mart itibariyle kazanın olmasından 36 saat sonra reaktöre yüksek basınçlı su aktarımının durması ve takip eden yedi saat boyunca soğutma suyundan yoksun kalması sonucu reaktör çekirdeğinde su seviyesinin düşmesi yakıtın zarar görmesine ve yüksek miktarda hidrojen üretimine sebebiyet vermiştir. 14 Martta, santral çalışanlarının gerekli valfleri açarak basıncı düşürmeye çalıştıkları esnada reaktörün üst kısmını yok eden bir patlama meydana gelmiştir. Patlamada 11 çalışan yaralanmış ve soğutmada kullanılan jeneratörler gibi birçok alet zarar görmüştür.

2010 yılından beri, diğer reaktörlerden farklı olarak plütonyum temelli bir yakıt olan MOX¹⁴² (karıştırılmış-oksit) kullanılan 3 Numaralı Reaktör'ün kaza ile birlikte doğaya verebileceği zarar endişeleri arttırmış olsa da Nükleer Enerji Enstitüsü'nün yaptığı açıklamaya göre 3 Numaralı Reaktör'de bulunan MOX yakıtının çevreye ciddi bir zarar vermeyeceği belirtilmiştir. 24 Martta meydana gelen bir başka kazada ise üç işçi yüksek seviyelerde radyasyona maruz kalmıştır. 25 Martta TEPCO tarafından yapılan bir açıklamada 2 Numaralı Reaktör'de olduğu gibi 3 Numaralı Reaktör'ün de çekirdeğinin büyük kısmının eridiği fakat kullanılmış yakıt havuzunun zarar görmediği ifade edilmiştir.

¹⁴² John Matson, "MOX Battle: Mixed Oxide Nuclear Fuel Raises Safety Questions", *Scientific American*, <https://www.scientificamerican.com/article/mox-fuel-nuclear/>, Erişim Tarihi (14.12.2017).

Depremden etkilenen diğer bir kısım olan 4 Numaralı Reaktör, olayın olduğu sırada bakım sebebiyle kullanıma kapalı olduğundan reaktör çekirdeğinin soğutulmasına ihtiyaç duyulmamıştır. Nükleer yakıtın tamamı kullanılmış yakıt havuzuna aktarılması sonucu havuzun ısısı oldukça yükselmiştir. 15 Martta meydana gelen patlamadan çok az etkilenen reaktörün çekirdeğinde yakıt olmaması sebebiyle hidrojen üretimi oluşmamıştır. Sonradan anlaşıldığı üzere 3 Numaralı Reaktör'den, aynı çıkış borusunun kullanılması sebebiyle, beklenenin aksine ters yönlü hareket eden hidrojen sebebiyle 4 Numaralı Reaktör de, diğerlerinden daha az miktarda olmakla beraber patlamadan etkilenmiştir.

Deprem olduğu sırada aktif olmayan 5 ve 6 Numaralı Reaktörler, ilk 4 üniteden ayrı olarak konumlandırılmıştır. Bu iki reaktöre ait beş acil durum jeneratöründen dördü tsunami etkisiyle kullanılamaz hale gelmiş olmasına rağmen çalışır durumdaki bir hava soğutmalı dizel jeneratör öncelikli olarak 6 Numaralı Reaktör'ün soğutulması amacıyla kullanılmış, daha sonra ise 5 Numaralı Reaktör'ün de soğutma işlemine yetebilmiştir. 20 Mart itibariyle kapatılan her iki reaktöre de hidrojen sıkışmasını önlemek amacıyla çatılarında delikler açılmıştır. Reaktörlerde veya kullanılmış yakıt havuzlarında başka bir hasar meydana gelmemiştir.

Daichii Santrali'nin 12 kilometre güneyinde yer alan Fukushima Daini Nükleer Santrali'nin 1, 2 ve 4 Numaralı Reaktörleri sorunsuz bir şekilde, soğutma sistemlerinde oluşan arızalara rağmen, kapatılabildiği. 14 Mart itibariyle TEPCO oluşan hasarları kontrol altına alabilmiş ve kontrollü kapatma işlemi tamamlanmıştır.¹⁴³

1.3.6. Nükleer Enerjinin Maliyeti

Düşük üretim ve yüksek yatırım maliyetleri olan nükleer enerjinin, yakıt fiyatlarındaki dalgalanmalardan etkilenmemesi, işletme ömrünün uzunluğu ve düzenleyici maliyetlerle analiz edilen yapısı göz önüne alınarak başlangıçtaki yatırım

¹⁴³ Marc Holt, Fukushima Nuclear Disaster, CRS Report For Congress, 2012.

maliyetlerinin finansmanı gerçekleştiğinde serbest piyasa koşullarıyla rekabet edebildiği gözlemlenmiştir.¹⁴⁴

Yatırım maliyetlerinin hesaplanması için gereken tüm planlama süreci, mühendislik, inşaat ve lisans faaliyetlerine dair giderlerin işletme sürecinde kendini amorti edebileceği şekilde detaylı olarak fizibilitesi yapılır. Söz konusu maliyetlerin diğer sabit giderlere (Yıllık işletme ve bakım maliyetleri.) eklenmesi sonucu ulaşılan miktarın, iskonto oranlarına dair tahminin ve yaşam boyu kapasite faktörünün¹⁴⁵ dikkate alınması ile hesaplanması gerekmektedir. Maliyetlerin amortismanında doğru sonuçlara ulaşılabilmesi için bu projeksiyonlar büyük önem taşımaktadır.

Üretim maliyet analizinde “tesis dönemi faizleri hariç yatırım maliyetleri”¹⁴⁶ (Overnight Capital Cost); mühendislik, satın alım ve inşaat olarak tanımlanan yalın maliyetlere; arsa, soğutma sistemi altyapısı, idari ve müştemilattaki binalar, şantiye çalışmaları, proje çalışmaları ve ruhsat maliyetlerinin eklenmesi ile ulaşılan maliyeti ifade eder.

Nükleer enerji üretiminde maliyetleri etkileyen bir faktör de üretimi planlanan santralin çeşididir. Örneğin; Gelişmiş Kaynar Su Reaktörü (ABWR) için tesis dönemi faizleri hariç yatırım maliyeti 3.000 \$/kW’ın biraz üzerinde seyrederken, Güney Kore’ye ait Gelişmiş Güç Reaktörü (APR)-1400 tipi reaktörleri için 1556 \$/kW seviyesinde oluşmaktadır. Reel yatırım maliyetlerinin, son yıllarda artış gösteren finansman, malzeme ve işçilik maliyetleri sebebiyle tesis dönemi faizleri hariç yatırım maliyetlerinin (OCC) üzerinde seyretmesine sebebiyet vermiştir.

Enerji üretiminde büyük önem taşıyan bir unsur da kapasite faktörüdür. Kapasite faktörü, üretilen elektriğin toplam kapasitenin hangi oranda kullanıldığına bağlı olarak maliyetini belirler. Birim maliyetlere doğrudan etki eden kapasite

¹⁴⁴ TAEK, “Nükleer Enerjinin Ekonomisi”, <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/166-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/441-bolum-07-nukleer-enerjinin-ekonomisi.html>, Erişim Tarihi (28.06.2017).

¹⁴⁵ Bir santralin gerçekleşen üretim miktarının, mümkün olan maksimum üretim miktarına oranıdır.

¹⁴⁶ World Nuclear Association, “Variation Of Capital Costs”, The New Economics of Nuclear Power, Mayıs 2018, <https://www.nrc.gov/docs/ML1000/ML100050089.pdf>, Erişim Tarihi (29.06.2017), s. 18.

faktörü, yatırım maliyetlerinin santralin ömrü boyunca yapacağı üretim ile amorti edileceği göz önünde bulundurulduğunda hayati öneme sahiptir.

Maliyet konusunda nükleer enerjinin tarihi, özellikle ABD'deki nükleer enerji santralleri filosunun durumu göz önüne alındığında, olumlu bir tablo sergilememektedir. İnşaat sürelerindeki gecikmeler ve maliyet analizlerinde belirlenen bütçelerin aşılması 70'li yıllarda kurulması planlanan birçok santral projesinin daha inşaat aşamasına ulaşmadan yarıda bırakılmasına sebebiyet vermiştir, birçoğunda ise inşaat başlamış ancak tamamlanamamıştır.

Nükleer enerji santralleri sermaye yoğun yapısı ile ekonomik olarak kurulmaları gerçekleştirilebilir olduğunda, kapasite faktörünün %85-%90 oranlarına ulaşabildiği bir performans sergilemek durumundadır. Ancak mevcut santral filosu geçmişte zayıf bir performans sergilemiştir. Örneklendirmek gerekirse 1985 yılında ABD'deki nükleer santrallerin kapasite faktörü sadece %58 oranında gerçekleşmiştir. Yapılan tüm geliştirme ve maliyet düşürme çabalarına rağmen ABD'deki nükleer enerji santrallerinin yaşam boyu kapasite faktörü %78'e yükseltilebilmiştir. Kapasite faktörü devletten devlete değişiklik göstermektedir. Finlandiya'da bu oran %91 iken İsviçre'de %86, Kanada'da ise %76 seviyelerinde seyretmektedir.¹⁴⁷

Kapasite faktörünü oluşturan koşullar bölgeler arasında farklılıklara sebep olsa da tam kapasiteye yaklaşma oranları arttırılmalı, bunun için sürekli gelişme politikaları benimsenmeli ve mecburi süreçler olan bakım-onarım işlemleri en hızlı şekilde tamamlanmalıdır. Santralin enerji üretmediği her gün kapasite faktörünü olumsuz etkilemektedir.

Nükleer santrallerin ekonomik ömürleri de birim maliyete etki eden ana faktörlerden biridir. OECD'nin 1997 raporunda belirtildiğine göre ortalama nükleer enerji santral ömrü olarak 40 yıl belirlenmiş, daha sonra yenilenen çalışmalar ile de bu sürenin geçerliliği korunmuştur ancak bu durum pratikte farklılıklar gösterebilmektedir. ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu (NRC) geçmişte nükleer enerji santrallerinin işletme ruhsatları için maksimum 40 yıllık izinler vermekteyken,

¹⁴⁷ Paul L. Joskow & John E. Parsons, "The Economic Future of Nuclear Power", 2009, s. 46.

1991 yılında getirilen yeni düzenlemeler ile prosedürleri yerine getiren santraller için ilave bir 20 yıllık süre uzatımı hakkı tanımıştır. ABD’de aktif olan 104 reaktörden bu hakkı 66 tanesi kullanmış ve ruhsatlarını yenilemiştir.¹⁴⁸ Çeşitli uygulamalar ve yenileme işlemleri ile birlikte nükleer enerji santrallerinin ömrü uzatılabilmektedir. Maliyet analizleri yapılırken, yenileme maliyetleri de dikkate alınarak santrallerin ekonomik ömürlerinin uzatılmasının birim maliyete yansımaları doğrultusunda seçilecek reaktör teknolojisi büyük önem kazanmaktadır. Yenileme işlemlerinin yerli firmalarla yapılması ile yeni istihdam alanları da oluşturarak ekonomiye katkı sağlanabilmekte ve söz konusu maliyetler düşürülebilmektedir.

Nükleer santral kurulumunun maliyet analizinde, iskonto oranlarını doğru tahmin edebilmek büyük önem taşır. İskonto oranını belirlerken faiz oranlarındaki muhtemel değişimleri iyi çözümlenmek gerekmektedir. Seviyelendirilmiş üretim maliyetlerinin hesaplanmasında reel iskonto oranının %5-%10 arasında değiştiği varsayılmaktadır. OECD’nin 2010 yılında yayımladığı raporda maliyet analizi hem %5 hem de %10 olarak kabul edilen iskonto oranlarına göre yapılmıştır. Belçika örneğinde nükleer enerji üretiminde maliyet %5 iskonto oranıyla 61,01 ABD Doları/MWh iken %10 iskonto oranı kullanıldığında bu rakam 109,14 ABD Doları/MWh’e yükselmektedir.¹⁴⁹

Nükleer enerji üretiminin maliyetinin hesaplanmasında diğer kalemlere göre tahmini daha kolay olan yakıt maliyetinin, toplam üretim maliyetinin ortalama %10-%15’lik bir kısmını oluşturduğu kabul edilmektedir. Uranyum fiyatlarına göre şekillenen yakıt maliyeti, Fukushima’da gerçekleşen kaza öncesi nükleer santral sayısındaki artış beklentisine istinaden yükselme eğilimindeyken, kaza sonrası birçok devletin nükleer enerjiyi terk etme kararı alması sonucu artış eğilimi negatif yönlü değişmiştir. Kaza öncesi, sınırlı kaynaklar sebebiyle yeniden işleme gibi yakıt maliyetlerini arttıran faktörlere yönelen nükleer üreticilerin yakın zamanda yakıt maliyetlerinde yeni bir artış trendinin beklenmemesiyle birlikte asıl kaygıları yakıt maliyetinden çok tedarikçi fabrikaların belli devletler tekelinde olmasına kaymıştır.

¹⁴⁸ Gürkan Kumbaroğlu, Nükleer Enerjiye Geçişte Türkiye Modeli, EDAM, İstanbul, 2011, s. 89.

¹⁴⁹ Gürkan Kumbaroğlu, a.g.e. s. 90.

Reaktör tiplerine özel yakıt çubukları üretilmesi ile ilgili olarak oluşan tedarikteki dışa bağımlılık gelecekte nükleer üretimi etkileyebilecek bir faktör olarak önem arz etmektedir.

Hesaplanması yakıt maliyeti kadar kolay olmayan fakat nükleer enerjinin maliyetini doğrudan etkileyen bir diğer faktör de kaza riskidir. Gerçekleşebilecek bir kaza sonrası oluşacak ekonomik külfet, Fukushima örneğinde de görülebileceği gibi sadece temizlik çalışmalarına ayrılan meblağ bile 300-350 milyar dolar civarındadır ve çok yüksektir. Bu sebeple sigorta şirketleri de nükleer santralleri sigortalamaktan kaçınmaktadır. Devlet desteği olmadan bir özel şirketin bu denli yüksek bir maliyete katlanması mümkün görünmemektedir. İlk yatırım maliyetleri, inşaat süresi, yakıt maliyetleri, faiz oranları gibi değişkenler nükleer enerjinin maliyetine etki edebilmektedir fakat gerçekleşebilecek bir nükleer kaza, büyük ölçekli olma gereği duymadan, hiç can kaybına sebebiyet vermese dahi santralin aylarca kapalı kalmasına neden olabilmektedir.¹⁵⁰

Bu faktörler çerçevesinde nükleer enerji üretiminin maliyet hesaplaması birbirinden bağımsız birçok parametre etkisinde gerçekleşmektedir. İşletme riski sadece sağlık açısından değil aynı zamanda ekonomik olarak da yüksektir. Söz konusu risklerin üretim faaliyetinde oluşturduğu gizli maliyet net olarak hesaplanamasa da dünyada gerçekleşen enerji üretiminde kullanılan diğer yöntemlere oranla yüksek fiyattan enerji üretimi sağlanmaktadır. Nükleer enerji teknolojisinde elde edilen gelişmeler ışığında üretilen her yeni tip reaktör ile maliyetin düşürüleceği öngörülmekle birlikte planlanan yapı ve gerçekleştirilen nihai üretim arasında büyük farklar oluşabilmektedir. Nükleer enerji teknolojisinde üretim ömrü ortalama 60 yıl¹⁵¹ olarak öngörülen 3. nesil nükleer reaktör teknolojisi yerine nükleer enerji konusunda AR-GE çalışmalarını sürdürmek koşuluyla 4. nesil nükleer reaktör teknolojisine yatırım yapılması geleceğe dair daha proaktif bir yaklaşım ve bakış açısı sağlamak için hayati önem taşımaktadır. İnşaat süresinin bitmesinin üstünden

¹⁵⁰ Özgür Gürbüz, “Nükleer Enerji Kaça Patlar?”, *İkibin50 Dergisi*, <http://www.ikibin50dersisi.org/43/nukleer-santral-kaca-patlar.html>, 8 Kasım 2012, Erişim Tarihi (29.07.2017).

¹⁵¹ World Nuclear Association, “US, EU and UK Design Certification”, Advanced Nuclear Power Reactors, <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/advanced-nuclear-power-reactors.aspx>, Erişim Tarihi (14.12.2017).

kısa bir süre geçmeden sahip olunan teknolojinin eskimesi durumuna düşmemek için nükleer enerji üretiminde dikkatli ve geleceği iyi analiz edebilmiş yatırımlara meyledilmesi gerekmektedir.

1.3.7. Nükleer Enerjinin Avantaj ve Dezavantajları

Geçtiğimiz yüzyılda çok hızlı bir şekilde gelişen nükleer teknoloji, gelişimindeki ivmeyi askeri niyetlere borçludur. Nükleer fisyon işleminin ortaya çıkardığı büyük enerji ilk olarak silah yapımı amaçlı kullanılsa da ilerleyen yıllarda enerji üretiminde faydaları sebebiyle dünya çapında tercih edilen bir teknoloji olmayı başarmıştır.

Nükleer enerji santrallerinin çalışmak için diğer geleneksel enerji üretim teknolojilerine oranla çok az bir miktarda yakıtı ihtiyaç duyması yine düşük miktarda atık vermesine sebep olmaktadır. Nükleer enerji üretiminde ortaya çıkan düşük miktarda yakıt artıkları tekrar kullanılabilir ve bu sebeple atık seviyesi daha da düşmektedir.

Nükleer enerji üretimi esnasında ortaya çıkan sera gazı salınımı geleneksel enerji reaktörlerine oranla çok düşük seviyelerde yer almaktadır. Küresel ısınmanın çok ciddi seviyelere ulaştığı günümüzde nükleer enerji teknolojisi bu özelliği ile tercih edilebilecek bir seçenek olarak öne çıkmaktadır.

Nükleer enerji üretiminde yakıt olarak kullanılan uranyumun fiyatı fosil kaynaklı yakıtlara oranla daha dengeli bir tablo çizmektedir.¹⁵² Dış etkenlerden çok etkilenmeyen uranyum fiyatlarının ayrıca nükleer enerji üretim maliyetindeki payı %10-%15 civarında seyretmekte ve bu durum da yakıt fiyatlarındaki dalgalanmaların nükleer enerji kullanılarak üretilen elektrik fiyatlarına olan etkisinin kısıtlı oranda kalmasına sebebiyet vermektedir.

Enerji sürdürülebilirliği açısından şebekeye senenin her günü dengeli bir şekilde elektrik aktarabilen bir kaynak olarak nükleer enerji santralleri, enerji arz

¹⁵² Tarjei Kristiansen, "Nuclear Power Generation", *International Association for Energy Economics*, <https://www.nrc.gov/docs/ML1000/ML100050089.pdf>, Erişim Tarihi (02.07.2017), s. 27.

güvenliği bakımından önemli bir koz olarak karşımıza çıkmaktadır. Enerji arz güvenliği sağlanmadan reel bir kalkınmadan söz edilemeyeceği için enerji ihtiyacını yerel kaynaklarla karşılanabilmesi büyük önem arz etmektedir. Fosil temelli enerji üretiminde hammaddeye bağımlı üretim gerçekleştirildiği ve hammaddenin dünyada homojen dağılmamasından ötürü, fiyat belirlenmesinde ve arz ihtiyacının karşılanmasında dışa bağımlılık engellenememektedir. Enerji piyasasında bu durum artık politik bir faktör olmuş ve devletlerarası ilişkileri etkiler hale gelmiştir. Güçlü bir dış politikanın oluşturulabilmesi adına diğer devletlerin sahip olduğu enerji kozu, nükleer enerji gibi alternatifler ile çözülebilecektir.

Nükleer enerji üretiminden elde edilebilecek bir yan fayda olarak proses ısısından da bahsetmek yerinde olacaktır.¹⁵³ Nükleer reaktörde çekirdek ısısının düşürülmesi amaçlı olarak yüksek debili akarsu veya deniz suyu kullanılmaktadır. Bu soğutma suyunun çevre bölgelerdeki yerleşimlerin ısıtılması ve sıcak su ihtiyacının karşılanması amaçlı olarak değerlendirilmesi dünyada örnekleri olan uygulamalardır. Ayrıca nükleer enerjinin bir diğer yan kullanım alanı da deniz suyunun arındırılması işlemidir. Deniz suyu ancak nükleer enerji üretiminde ortaya çıkan ısı seviyelerinde tuzdan arındırılıp içilebilir hale döndürülebilmektedir. Dünyamızda her geçen gün büyüyen bir problem olan temiz su ihtiyacı pekâlâ nükleer enerji üretimi esnasında elde edilebilir, devletin geleceği için büyük tehlike arz edebilecek olan temiz su ihtiyacı bu yöntem ile karşılanabilmektedir.

Yakıt bakımından, enerji üretim maliyetinin küçük bir payını kapsadığından yukarıda bahsetmiş ve nükleer yakıt piyasasındaki fiyatların daha dengeli olarak seyrettiğinden bahsetmiştik. Fakat nükleer enerji yakıtı olan uranyumun belli devletlerin tekelinde olduğundan da bahsetmek gerekmektedir. Nükleer enerji çubukları enerjinin üretileceği santralin çeşidine uyumlu olarak değişik boyutlarda ve o santrallere özel olarak belli devletlerin tekelinde üretilmektedir. Uluslararası nükleer enerji ajansları ve birçok bürokratik aşamaya sahip olan nükleer enerji üretimi bu otoritelerin kontrolleri çerçevesinde gerçekleştirilmekte olup, bu

¹⁵³ World Nuclear Association, "Nuclear Process Heat for Industry", <http://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclear-applications/industry/nuclear-process-heat-for-industry.aspx>, Erişim Tarihi (02.07.2017).

kuruluşlar tarafından denetlenmektedir. Ortaya çıkacak herhangi bir anlaşmazlık halinde nükleer enerji santralinde yakacak yakıt konusunda çeşitli ambargolara maruz kalmak işten bile değildir. Nükleer enerji üretiminde kapasite kullanımına direk etki edebilecek bu durum negatif bir algı yaratmakta ve bir dezavantaj olarak görülmektedir.

Nükleer enerji üretiminde şehir elektrik şebekesine dengeli ve yılın her anı belli ve dengeli bir şekilde dağıtım yapılmaktadır. Nükleer enerjiye alternatif olarak kullanılan rüzgâr ve güneş enerjisi üretiminde ise bu duruma rastlanmamaktadır. Yılın belli dönemleri üretimleri artan ve şebeke ihtiyacının tamamına yakını karşılayabilecek seviyelere çıkan bu yenilenebilir enerji kaynakları nükleer santralleri karşılarında dezavantajlı bir duruma sokmaktadır. Açmak gerekirse doğalgaz kullanarak enerji üreten bir tesisi bu gibi bir durumda kapatmak nükleer enerji santrallerine oranla çok daha kolaydır fakat sürekli üretim yapma ihtiyacı duyan nükleer enerji santralleri kolay kapatılabilen enerji santralleri değildir ve kapanması günler sürebilmektedir. Alternatifleri tarafından zor pozisyona sokulan nükleer enerji santralleri mevcut teknolojileriyle serbest piyasa koşullarına ayak uyduramamaktadırlar.

Sera gazı salınımında fosil kaynaklı yakıt kullanan santrallere oranla çok avantajlı olan nükleer enerji santralleri¹⁵⁴ bu avantajlarını herhangi bir kaza durumunda koruyamamaktadırlar. Kaza sonucu fosil temelli yakıt kullanan santrallerde meydana gelebilecek kazalar bölgesel sınırları aşmamakta fakat nükleer enerji santrallerinde meydana gelen kazaların etkileri dünya çapında olabilmektedir. Söz konusu santrallerin sigortalanması noktasında da bu etkiler sebebiyle özel sektörden herhangi bir şirketin bu maliyete katlanabilmesi pek mümkün görünmemektedir.

Nükleer atıkların saklanması ve defin işlemlerinin gerçekleştirilmesi de çok maliyetli ve çok uzun yıllarca kontrol edilmesi gereken bir faktördür. Yeniden kullanım işlemi için işlenen kullanılan yakıtların doğadaki yarılanma süreleri

¹⁵⁴ Pushker Kharecha-James Hansen, "Coal And Gas Are Far More Harmful Than Nuclear Power", <https://climate.nasa.gov/news/903/coal-and-gas-are-far-more-harmful-than-nuclear-power/>, Erişim Tarihi (03.07.2017).

250.000 yıl gibi bir süreye ulaşabilmekte ve bu durum çevreyle ilgili kaygı güden herkesi korkutmaktadır. Nükleer karşıtlarının en büyük kozu olan bu duruma nükleer enerji uzmanları yıllardır bir çözüm getirememişlerdir. Nükleer enerji ve çevre konusundaki en büyük dezavantajı bu durum oluşturmaktadır.

Nükleer enerji teknolojisinin ilk olarak silah üretimi amaçlı olarak geliştiğinden yukarıda bahsetmiştik, fakat nükleer teknolojinin kullanım alanları sadece silah üretim amaçlı ve enerji üretimi amaçlı olarak sınırlı değildir. Nükleer teknoloji tıp alanında da çok çeşitli branşlarda kullanılmaktadır.¹⁵⁵ Bu teknolojiye sahip olmak çağın gerektirdiği bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır. Nükleer bilim gelişmiş devletlerin tekelinde olan karmaşık bir araştırma sahasıdır. Muhasır medeniyetler seviyesine çıkmak isteyen devletler nükleer teknolojilerini geliştirmekle yükümlüdürler. Bu durum dış kaynaklı olarak karşılanmaması gereken milli bir dava olarak görüldüğünde nükleer teknoloji kullanımı gerekli bilinç çerçevesinde gelişecek ve hem enerji üretiminde hem de tıp gibi yan kullanım alanlarında gerekli duyulan gelişmenin gerçekleştiği bir bilim sahası olarak hak ettiği yere ulaşacaktır.

¹⁵⁵ Australian Nuclear Science and Technology Organisation, "Benefits Of Nuclear Science", <http://www.ansto.gov.au/NuclearFacts/BenefitsofNuclearScience/index.htm>, Erişim Tarihi (04.07.2017).

İKİNCİ BÖLÜM

AB'NİN ENERJİ POLİTİKASI VE NÜKLEER ENERJİ

2.1. Enerji Perspektifinden AB Tarihi

Avrupa Birliği'nin oluşumu temelde kısıtlı olan kıymetli yer altı kaynaklarının sahipliği üzerine yaşanan anlaşmazlıklar sonucu yaşanan savaşlara dayanmaktadır. Bu sorunun temelinde de Fransa'nın Alsaz-Loren Bölgesi yatmaktadır. Söz konusu bölge zengin kömür yatakları sebebiyle Fransa Ve Almanya arasında 1870'ten 1945 yılına kadar süren anlaşmazlıklara ve bu anlaşmazlıklar sonucunda da 75 yılda üç tane büyük ölçekli savaşa sebep olmuştur.¹⁵⁶

Sanayi Devrimi süresince sahip olduğu demir ve kömür yataklarıyla Avrupa'nın en stratejik bölgelerinden biri haline gelen Fransa'ya bağlı özerk Alsaz-Loren Bölgesi 1870 yılında gerçekleşen Franko-Alman Savaşı'nın da temel sebebi olarak görülmektedir. Alsaz-Loren o dönemde Avrupa'nın en büyük, dünyanın ise ikinci en büyük demir rezervine ev sahipliği yapmaktaydı.¹⁵⁷ Her ne kadar savaş sonrası imzalanan Frankfurt Anlaşması ile Alman egemenliğine girse de sahip olduğu büyük marjlı rezervler sebebiyle herhangi bir devletin kolayca vazgeçebileceği bir durumda bulunmamaktaydı. Nitekim Fransa'nın bölgeyi geri alma ihtirası sonucu önce cepheleşmenin akabinde ise 1. Dünya Savaşı'na neden olan bir olaylar dizisine girilmekteydi.

¹⁵⁶ Encyclopedia Britannica, Alsace-Lorraine, <https://www.britannica.com/place/Alsace-Lorraine>, Erişim Tarihi (09.08.2017).

¹⁵⁷ Tuncay Uslu, "Madenler Ve Savaşlar", *Madencilik Türkiye*, 1 Eylül 2012, <http://www.madencilik-turkiye.com/pdfler/mak-1379081782.pdf>, Erişim Tarihi (09.08.2017), s. 50.

1870 yılında çıkan Franko-Alman Savaşı sonrası bölgeye hâkim olan Alman Hükümeti 21 milyon tonu Alsaz-Loren Bölgesi'nden temin edilen toplamda 28 milyon ton demir üretimiyle Fransa'nın 22 milyon ton üretimine karşın büyük bir avantaj kazanmış ve bölgenin jeostratejik önemini gözler önüne sermiştir. 1.Dünya Savaşı sonrasında Fransız egemenliğine geçen bölgenin etkisiyle 43 milyon tona ulaşan Fransız demir üretimi kaybeden Alman tarafı için ise 7 milyon ton seviyesinde kalmıştır. Bu durum imzalanan Versay Anlaşması ile Alsaz-Loren bölgesinin bir süreliğine de olsa bağımsızlığını kazanmasına ve akabinde Fransa'ya bağlanmasına sebep olmuştur.¹⁵⁸ Kaybeden tarafın haklarının hiçe sayıldığı, bu özelliği ile Sevr Anlaşması ile benzer noktalar taşıyan ve savaş sebeplerini koruyan bir özellikle nihayete ermiştir.

Versay Anlaşması sonrasında da anlaşma koşullarından dezavantajlı duruma düşen taraflardan olan Almanya'nın kaynaklarının büyük ölçüde azalmasının ardından baş gösteren ekonomik sıkıntılar sebebiyle, 3. Reich Hükümeti'nin iktidara gelmesine ve totaliter bir rejime yönelmesine sebep olmuştur¹⁵⁹. 2.Dünya Savaşı'nın çıkmasına sebep olan bir olaylar zinciri sonucunda enerji ve hammadde kullanımı ihtiyacı, merkantilist politikaların halen kabul gördüğü 20.yüzyıl içerisinde aynı boyutta bir dünya savaşının daha yaşanmasındaki temel dayanak noktasını oluşturmuştur.

Kanlı geçen çetin savaşlar sonrasında Avrupa Devletleri, düşünürlerin ütopyası olan Avrupa Birliği'nin kurulmasını gerçekleştirmek ve ortak çıkarların korunması düşüncesi ile aralarındaki savaşların son bulması adına girişimlere başlamıştır. Bahsi geçen çabalar dönemin Fransız Dışişleri Bakanı Robert Schuman ve Eski Milletler Cemiyeti Genel Sekreteri Jean Monnet'in hazırladığı tasarı çerçevesinde hız kazanmıştır. Buradan hareketle 9 Mayıs 1950 tarihinde,¹⁶⁰ kömür ve çelik üretiminde alınacak kararları bağımsız ve uluslar üstü bir kuruma devretmeye davet eden tasarı ile Fransa-Almanya arasındaki çekişmeye son vermek ve Avrupa

¹⁵⁸ Tuncay Uslu, a.g.e, s. 52.

¹⁵⁹ Alan Axelrod-Jack A. Kingston, "Facts On File", *Encyclopedia of World War II*, 1. Cilt, Basım Tarihi: 1952.

¹⁶⁰ Arzu Yorlan, "Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası Ve Türkiye'ye Etkileri", *Bilge Strateji*, Cilt 1, Sayı 1, Güz 2009, s. 25.

içinde ortak demir ve çelik üretimini sağlayan bir üst kurul denetimi sağlanması amaçlanmıştır. Söz konusu tasarımın anlaşmaya dönüşmesi ile 2. Dünya Savaşı sonrası Avrupa Kömür-Çelik Topluluğu¹⁶¹ (AKÇT) kurulmuştur. AKÇT kuruluşu ile uzun süredir ihtilaf içinde olan ve sınırlı kaynakların paylaşımında sorun yaşayan Avrupa devletleri söz konusu anlaşmazlıkların savaştan başka yollarla da çözülebileceğini ortaya koymuştur.

Avrupa Birliği'nin kurulmasında büyük etki sahibi olan altı kurucu devlet tarafından kömür ve çeliğin yanında 1957'de işgücü, mal ve hizmetlerin de serbest dolaşımını içeren sektörlerin de ekonomik birliğini sağlamak amacıyla Roma Anlaşması imzalanmıştır. Bu anlaşma ile kurulan Avrupa Ekonomi Topluluğu'nun (AET) amacı ekonomik ülkelerin gerçekleşmesine müteakiben siyasi birliğin sağlanması amaçlanmaktadır. AET gibi varlığı Roma Anlaşması'na dayanan bir diğer önemli kurum ise Avrupa Atom Enerjisi Topluluğu'dur. (EURATOM) 1 Ocak 1958 itibariyle yürürlüğe giren anlaşma ile kurulan topluluğun kuruluş nedeni nükleer enerjinin barışçıl amaçlarla güvenli bir şekilde kullanılmasını sağlamak ve üye devletlerin araştırma çalışmalarının koordine edilmesidir. Yukarıda bahsi geçen üç topluluk (AKÇT, AET ve EURATOM) 1965 yılında imzalanan Füzyon Anlaşması (Birleşme Anlaşması) ile tek bir çatı altında toplanmıştır.¹⁶²

2.2. AB'nin Enerji Politikasının Temel İlkeleri

1973 yılında meydana gelen ilk petrol krizi öncesinde AB, gelişmiş çoğu ekonomi gibi enerji tüketiminde tutumlu davranmaktan uzak ve dışa bağımlı olmaktan kaygı duymayan bir enerji politikası gütmüştür. '73 Petrol Krizi, ekonomik büyüklüğün dış şoklardan korunmakta bir etkisi olmadığını hatta enerji talebi yüksek olduğu için bu tarz küresel dalgalanmalardan daha çok etkilenileceğini ortaya koymuştur. Enerji arz güvenliğini fikri bu tecrübe sonrası AB içerisinde önem kazanmış ve takip eden süreçlerde enerjiye ulaşımın güvene alınması hep ön planda tutulmuştur.

¹⁶¹ “Avrupa Topluluklarını Kuran Temel Antlaşmalar (AKÇT, AET, AAET)”, *Avrupa Toplulukları'na İlişkin Temel Belgeler*, cilt. 1, s. 6.

¹⁶² T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı, “Avrupa Birliğinin Tarihçesi”, <http://www.ab.gov.tr/105.html>, Erişim Tarihi (20.01.2018).

1980’li yıllardan itibaren ise çevre kirliliği, sanayileşmiş AB’nin kontrol altına alması gereken bir başka problem olarak başlıklara eklenmiştir. Mevcut enerji üretim sistemlerinin küresel çapta çevreye çok büyük zararlarının olduğu gözlemlenmiş ve çevreyi tehlikeye atmadan enerji sistemlerinin yeniden yapılandırılması 1980’li yılların sonlarına doğru temel enerji diyalektiğini oluşturmaya başlamıştır. Bu süreçte enerji piyasalarının serbestleşmesi fikri gündeme gelmiş ve üye devletler arasındaki bölünmüş enerji piyasalarının birleştirilmesinin gerekliliği idrak edilmiş ve devletlerin iç pazarları, artan rekabet ile birlikte birliğin tek iç pazarı haline dönüşmeye başlamıştır. Günümüzde halen bu süreç devam etmektedir.¹⁶³

AB zaman içerisinde gelişen ve detaylanan bir enerji politikası geliştirmiştir. Dünyada gerçekleşen ve AB’nin geleceğine etki eden olayların analizi sonucu 1995 yılında enerji arz güvenliği, genel rekabet gücü ve çevrenin korunması gibi başlıkları bünyesinde barındıran Beyaz Kitap¹⁶⁴ “Avrupa Birliği için Bir Enerji Politikası” başlığı ile yayımlanmıştır. Söz konusu başlıklar AB’nin enerji politikası için birer hedef olarak belirlenmiş ve ortak enerji politikası oluşturulurken, sosyo-ekonomik bütünlüğün sağlanması, istihdam yaratılması, yaşam kalitesinde artış ve Birlik üyeleri arasındaki bağın ve dayanışmanın artırılması konularına önem verilmiştir.

Avrupa Birliği kaydedilen gelişmelere rağmen yükselen enerji talebi, bozulmuş ve dengeden yoksun fiyatlandırma ve enerji arzında bozulmalar gibi sorunlar yaşanmaktadır. Ayrıca enerji sektörünün çevre üzerindeki kötü etkilerini düşürmek de AB’nin yüzleşmesi gereken problemlerin başında gelmektedir.

Avrupa Birliği’nde enerji konusunda tecrübe edilen söz konusu problemlerin üstesinden gelebilmek adına yeni bir enerji stratejisine ihtiyaç duymuştur. Avrupa

¹⁶³ Cüneyt Yenal Kesbiç-Hamza Şimşek, “Avrupa Birliği Ortak Enerji Politikası”, *Muğla Üniversitesi SBE Dergisi*, Güz 2001, Sayı 5, <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/217402>, Erişim Tarihi (21.01.2018), s. 8.

¹⁶⁴ European Commission, “Communication From The Commission-Energy For The Future: Renewable Sources Of Energy”, *White Paper for a Community Strategy and Action Plan*, 26.11.1997, s. 38.

Birliği'nin enerji stratejisi bu doğrultuda üç ana başlık çerçevesinde şekillenmektedir.¹⁶⁵

- Enerji arz güvenliği
- Sürdürülebilirlik
- Rekabetçilik

Birlik enerji politikaları planlanırken son tüketici hane halkı en önemli noktada konumlandırılmıştır. Tüketicilerin ucuz enerjiye ulaşımı, yüksek ve kesintisiz enerjiye ulaşımı AB'nin enerji konusunda temel hedefini oluşturmaktadır.

Enerji iç pazarında tam rekabet koşullarına yakınsak bir piyasa amaçlanmaktadır. Arz güvenliği sağlanırken bir yandan da enerji iç pazarının tamamlanması ve etkin talep yöntemleri ile ilgili sorunlar çözüme kavuşturulurken diğer yandan bu çalışmalar çevre konusundaki hassasiyetlerin gözetilerek gerçeleştirilmesi planlanmaktadır. Bu yaklaşımın bir sonucu olarak AB enerji politikasının genel çerçevesi; rekabetçi piyasa koşulları oluşturularak, enerji arz güvenliğinin sağlanması ve çevrenin korunması sabit koşul olacak şekilde toplam enerji talebinde yenilenebilir enerji üretiminin payını arttırmak ve nükleer enerji üretiminde güvenlik önlemlerini azami ölçüye çıkarmak olarak açıklanmaktadır.

2.2.1. Avrupa Birliği'nin Enerji Arz Güvenliği

AB'nin enerji politikasının temel dayanaklarından birini oluşturan enerji arz güvenliği Birlik için büyük önem arz etmektedir. Arz güvenliğinin sağlanabilmesi için elektrik depolama ve dağıtım alanlarda yapılacak yatırımlar desteklenmektedir. Arz güvenliği sağlanırken karbon emisyonlarındaki düşüş için planlanan oran, 2030 yılı itibariyle %40 seviyesindedir.¹⁶⁶

¹⁶⁵ European Union, "Energy", EU by Topic, https://europa.eu/european-union/topics/energy_en, Erişim Tarihi (21.01.2018).

¹⁶⁶ European Commission, "Energy Union: Secure, Sustainable, Competitive, Affordable Energy For Every European", Press-Release, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-4497_en.htm, Erişim Tarihi (09.09.2017).

Dünyanın en büyük ikinci ekonomisi olan AB, ekonomik büyüklüğüne ters orantılı olarak dünya enerji arzının %2'lik bir kısmını karşılamaktadır, buna karşın dünya enerji arzının %20'sini tüketmektedir.¹⁶⁷ Bu rakamlarla dünyanın en büyük enerji ithalatçısı olan AB enerji arz güvenliği konusunda dışa bağımlılığundan kurtulmalı ve iç pazarda serbest rekabet koşullarını sağlayarak ucuz, güvenli ve çevre dostu enerji arzını sağlamalıdır. Enerji ihtiyacının %55'ini ithal eden AB'de enerji arz güvenliğinden bahsetmek gerçekçi olmamaktadır. Petrol ihtiyacının %84'ünü ithal eden Birlik, yenilenebilir enerji kaynakları ile beslenen bir ulaşım sistemi üzerinde durarak petrole olan bağımlılığın azaltılması üzerine çalışmalarını sürdürmektedir.

AB'nin birincil enerji tüketiminin %25'ini doğalgaz, %40'ını petrol, %16'sını kömür, %12'sini ise nükleer kaynaklar ile karşılamaktadır.¹⁶⁸ 438 milyar Sm³'lük doğalgaz ihtiyacının sadece 147 milyar Sm³'lük kısmını iç kaynakların kullanımı ile sağlayan AB, 2012 itibariyle 140 milyar Sm³'lük kısmı Rusya'dan ithal etmiştir.¹⁶⁹ Bu rakam 2013 yılında 161,5 milyar Sm³ olarak kaydedilmiştir. AB'nin enerji tüketiminin dörtte birini karşılayan doğalgazda bu oranlarda dışa bağımlılık enerji arz güvenliği politikalarına uyumsuzluk yaratmaktadır.

Eurogas¹⁷⁰ verilerine göre AB'de tüketilen doğalgaz miktarı 2015 yılı itibariyle 438 milyar Sm³'e ulaşmıştır. 2014 yılındaki 409 milyar Sm³'lük tüketimin ardından 2015 yılında yaşanan artışla ilgili Eurogas tarafından yapılan açıklamada doğalgaz talebindeki artışın temel sebebi olarak mevsimin önceki yıla oranla (%7) daha soğuk geçmesi olarak belirtilmiştir. 2016 yılında da benzer bir artış sergileyen tüketim seviyeleri 2010 yılından bu yana en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu yükseliş normal şartlar altında düşüş trendinde olan tüketimin yeniden gayriihtiyari olarak azalacağını işaret etmektedir. (2010 yılından bu yana 100 Milyar Sm³ ve sadece 2014 yılında 50 milyar Sm³) Tüketim miktarlarındaki düşüşe sebep olarak ise hafif geçen

¹⁶⁷ H. Yavaş, *Hazar World 14*, Şubat 2014, https://www.academia.edu/7766563/Hazar_World_Sayı_14_Ocak_2014?auto=download, Erişim Tarihi (08.10.2017).

¹⁶⁸ Arzu Yorkan, "Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası Ve Türkiye'ye Etkileri", *Bilge Strateji*, Cilt 1, Sayı 1, Güz 2009, s. 27.

¹⁶⁹ Dursun Yıldız, "AB'nin Rusya'ya Enerji Bağımlılığı Azalır mı?", *Topraksuenerji Çalışma Grubu*, Ağustos 2013.

¹⁷⁰ Eurogas, <https://eurogas.org/about-eurogas/our-structure/>, Erişim Tarihi (26.12.2017).

mevsimler, zayıf ya da negatif yönlü büyüme ve kömür ve yenilenebilir enerji ile ikame gösterilmektedir.¹⁷¹

2014 yılında AB 285 milyar Sm³ gaz ithalatı gerçekleştirmiştir. Bunun 250 milyar Sm³'ü doğalgaz boru hatları ile 35 milyar Sm³'ü ise LNG olarak sıvı halde nakledilmiştir.

Bünyesinde çeşitli enerji kalemleri bulunduran AB, Avusturya'da hidroelektrik santralleri, Polonya'da kömür madenleri, Fransa'nın nükleer enerji santralleri, kuzey denizinde petrol platformları ve Hollanda'nın doğalgaz üretim sahalarına sahiptir.

2.2.2. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik, tanım olarak “daimi olma isteği” anlamı taşır. Sürdürülebilir kalkınma ise refah seviyesini yükseltmek ve ekonomik büyüme hedeflerine ulaşma sürecinde, çevreye saygılı bir şekilde insanların yaşam kalitesini koruyarak gelişme durumunu ifade eder.¹⁷²

Yükselen popülasyon ve gelişen ekonomiler sebebiyle enerji ihtiyacı her geçen gün artmaktadır. Söz konusu talebi karşılamakta petrol, kömür ve doğalgaz gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanımı azımsanamayacak seviyededir. Bu kaynaklara dair stokların büyük bir hızla tüketilmesi yeni enerji kaynaklarına yönelmeyi zorunlu kılmakla beraber çevreye verdikleri zarar ciddi bir problem teşkil etmektedir.

Avrupa Birliği'nde çevreyi koruma kültürü, çevre bilincinin yıllar içinde gelişmesi ve nihayetinde yönetimlere ciddi baskılar oluşturmaları sonucunda büyük kamuoyu desteği kazanmaları sebebiyle büyük önem arz etmektedir. Bu bilincin oluşmasında ise çevre konusunda bilinçli ve geleceği gören vatandaşların

¹⁷¹ Luka Franza, “Developments in Gas Supplies To Europe”, CIEP, <http://www.clingendaelenergy.com/files.cfm?event=files.download&ui=42588E2C-5254-00CF-FD03C86C2995C917>, Erişim Tarihi (26.12.2017).

¹⁷² Federal Office for Spatial Development (ARE), “Brundtland Report-1987”, <https://www.are.admin.ch/are/en/home/sustainable-development/international-cooperation/2030agenda/un-milestones-in-sustainable-development/1987--brundtland-report.html>, Erişim Tarihi (21.02.2018).

örgütlenmesi ve baskılarını arttırması, doğal kaynakların kontrolsüz kullanımının sonucunda tükenme noktasına gelmesi, orman yangınlarındaki artış skalası, sel ve kuraklıkların baş göstermesi, domestik kullanımdan kaynaklanan karbondioksit emisyonundaki artış, kentlerdeki hava kirliliği ve gürültü kirliliği sebebiyle yaşam kalitesindeki düşüş, yılda iki milyar tona yaklaşan çevresel atığın oluşumu ve bu rakamın yılda ortalama %10 artış göstererek sorunu başa çıkılmaz bir boyuta taşınması büyük rol oynamıştır.¹⁷³

2.2.2.1. Enerji Birliği ve Sürdürülebilirlik Hedefleri

Avrupa Komisyonu, Avrupa Enerji Birliği'nin oluşturulabilmesi için gerekli düzenlemeleri devreye sokmuştur. Yapılan çalışmalar sonucunda güvenli, ekonomik ve çevre dostu enerjiye ulaşım hane halkı ve ticari işletmeler için uygun maliyetli kılmak hedeflenmektedir.¹⁷⁴

Avrupa Birliği sınırları içerisinde enerjinin özgürce dolaşımında olması amaçlanmaktadır. Yeni teknolojiler, etkin enerji önlemleri ve yenilenmiş bir altyapı evlerde kullanılan elektriğe dair faturalarda maliyetin düşmesini sağlayacak ve yeni iş sahaları ve uzmanlık alanları açarak ekonomik büyümeye yardımcı olarak ihracatta da artışa sebep olacaktır.

Planlanan gelişmeler hayata geçirildikçe Avrupa Birliği sürdürülebilir, düşük karbon salınımı sağlayan çevre dostu bir ekonomiye dönüşecektir. Bu doğrultuda yenilenebilir enerji üretiminde ve küresel ısınmaya karşı verilen mücadelede dünyada öncü bir konumda olması amaçlanmaktadır.

Enerji Birliği'nin oluşturulmasındaki bir diğer amaç da Avrupa'nın küresel enerji konularında tek bir sese sahip olmasıdır ayrıca hâlihazırda süregelen 2030 Enerji ve İklim Hedefleri ile Enerji Güvenliği Stratejileri de dâhil olmak üzere Avrupa Birliği enerji politikalarıyla uyumlu olacak şekilde yapılandırılmıştır.

¹⁷³ Bülent Duru, "Ortak Bir Çevre Politikası Gereği", Avrupa Birliği Çevre Politikası, <http://acikarsiv.ankara.edu.tr/browse/817/Microsoft%20Word%20-%201151.pdf?show>, Erişim Tarihi (21.01.2018), s. 1.

¹⁷⁴ European Commission, "Energy Union And Climate Change", https://ec.europa.eu/commission/priorities/energy-union-and-climate_en, Erişim Tarihi (21.01.2018).

Avrupa Birliği enerji alanında planlamalarını yaparken kendisine 2020, 2030 ve 2050 projeksiyonlarını içeren hedefler belirlemiştir. Bunlardan ilki olan 2020 hedefleri aşağıda sıralanmıştır.¹⁷⁵

- Sera gazı salınımını 1990 yılına kıyasla %20 dūřürmek,
- Enerji girdisinin %20'sini yenilenebilir kaynaklardan elde etmek,
- Enerji verimliliğinde %20'lik bir artış sağlamak.

2020 yılı için belirlenen bu hedeflerden sera gazı salınımı 2012 itibariyle %18'lik bir dūřüş göstermiş ve hedeflenen oranlara büyük ölçüde ulaşılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları 2005 verileri olan %8,5'luk seviyelerden 2012 itibariyle %14,1'e yükselmiştir. Hedefin tutturulması halen imkânlar dâhilinde bulunmaktadır. Enerji verimliliğinin 2020 yılı itibariyle %18-%19 civarında gerçekleşmesi beklenmektedir. %20'lik hedefin altında kalan bu başlığın üye devletlerin konuyla ilgili kanunları yürürlüğe koymakta yaşadıkları problemleri aşılabilirlerse halen gerçekleşmesi ihtimali bulunmaktadır.

2030 yılı hedefleri ile ilgili olarak:

- Sera gazı salınımını 1990 verilerine oranla %40 oranında dūřüş sağlanması,
- Avrupa Birliği enerji talebinin %27'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması,
- Enerji verimliliğinin %27-%30 seviyelerine yükseltilmesi,
- Avrupa Birliği sınırları içinde üretilen elektrik enerjisinin %15'lik kısmının diğer Birlik devletlerine aktarılması için gerekli altyapının sağlanması

başlıkları altında toplanmıştır. 2030 hedefleri içerisinde 2020 için belirlenenler dışında Avrupa Birliği sınırları içinde üretilen elektriğin yine üye devletlere etkin bir şekilde dağıtılabilmesi üzerine bir başlık açılmıştır. Buradan Avrupa Birliği'nin enerji dağıtımındaki verimliliğin sağlanabilmesi için gerekli olan altyapıya verdiği önem açık olarak gözlemlenebilmektedir.

¹⁷⁵ European Union, "EU by Topic: Energy", https://europa.eu/european-union/topics/energy_en, Erişim Tarihi (21.01.2018).

2050 yılı için planlanan sera gazı salınımı seviyesi ise 1990 yılına oranla %80 ile %95 seviyesinde düşürülmesi çerçevesinde oluşturulmuştur.¹⁷⁶

2.2.3. Rekabetçilik

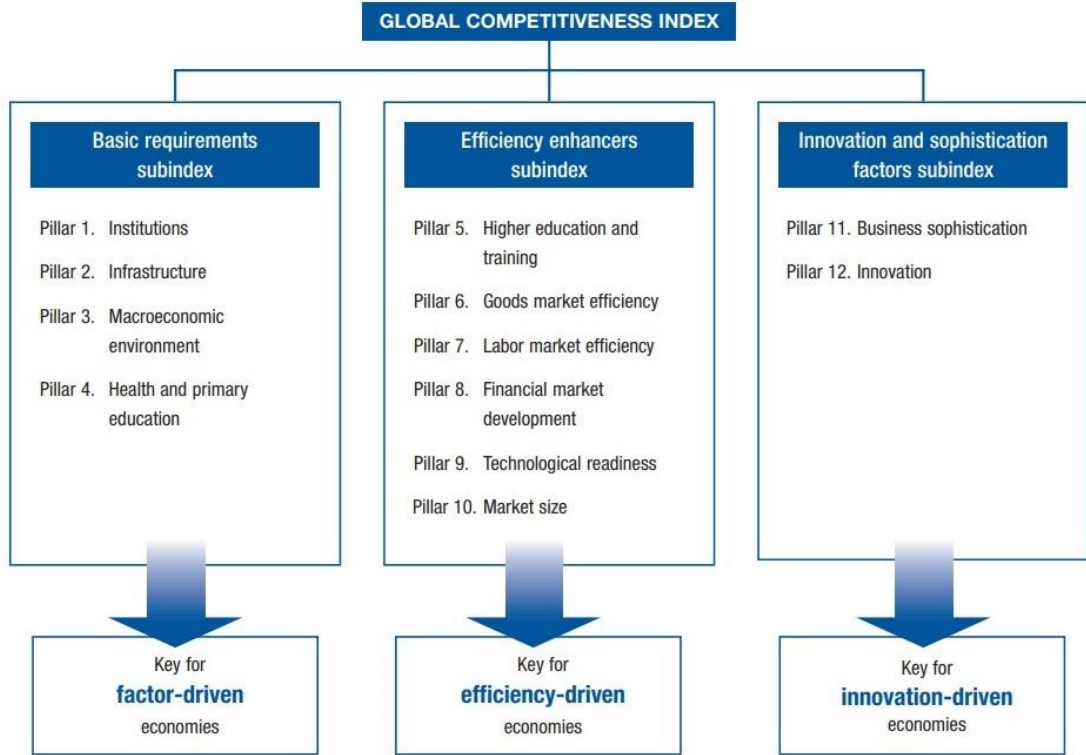
Rekabetçilik, bir ekonomideki üretkenlik seviyesini belirleyen bir dizi kurumlar, politikalar ve faktörler topluluğu olarak nitelendirilir. Rekabetçilik kavramı bir devletin ekonomik faktörlerini kullanarak ulaşabileceği refah seviyesini işaret etmektedir. 1979 yılında Klaus Schwab¹⁷⁷ tarafından ilk olarak ortaya koyulmuş fikir 2005 yılında Dünya Ekonomik Forum'u ile ortaklaşa olarak Xavier Sala-i-Martin¹⁷⁸ tarafından hazırlanan “Küresel Rekabetçilik Endeksi” (GCI)¹⁷⁹ ile şu anki görünümüne (2007’de yapılan küçük değişiklikler ile birlikte) ulaşmıştır.

¹⁷⁶ European Commission, 2050 Energy Strategy, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/2050-energy-strategy>, Erişim Tarihi (21.01.2018).

¹⁷⁷ World Economic Forum, Klaus Scwab, <https://www.weforum.org/about/klaus-schwab>, Erişim Tarihi (28.01.2018).

¹⁷⁸ Xavier Sala-i-Martin, <http://salaimartin.com/about-xsm/curriculum.html>, Erişim Tarihi (28.01.2018).

¹⁷⁹ The World Bank, Global Competitiveness Index, https://tdata360.worldbank.org/indicators/gci?country=BRA&indicator=631&viz=line_chart&years=2007,2017, Erişim Tarihi (28.01.2018).

Tablo 2 Uluslararası Rekabetçilik Endeksi

GCI üretkenlik için önem arz eden 114 farklı göstereyi kombine eden bir endekstir.¹⁸⁰ Bu göstergeler 12 adet sütun altında gruplanmıştır. Bu sütunlar ise kurumlar, altyapı, makroekonomik ortam, sağlık ve temel eğitim, yükseköğretim ve araştırmalar, beyaz ve kahverengi eşya piyasalarının etkinliği, emek piyasası etkinliği, finansal piyasalardaki gelişim, teknolojik rekabete hazır olma durumu, piyasa kapasitesi, iş sahalarındaki çeşitlilik ve inovasyon olarak nitelendirilmiştir. Bahsedilen sütunlar sırasıyla üç alt başlıkta toplanmıştır. Kalkınmanın üç ana maddesi olarak tanımlanan bu maddeler; temel yetkinlikler, etkinlik arttıran faktörler, inovasyon ve çeşitlilik faktörleri olarak nitelendirilmiştir. Bahsedilen bu alt başlıkların her birinin genel rekabetçilik endeksi hesaplanırken toplam puanlamaya farklı katsayılarla etkisi olmaktadır. Bu katsayı hesabı ise puanlaması yapılan söz konusu ekonominin gelişmişlik seviyesine göre değişmektedir. Bu değerlemede kişi

¹⁸⁰ World Economic Forum, The Global Competitiveness Report 2017-2018, syf. 11.

başı gayrisafi milli hasıla ve hammadde ihracatı oranı gibi değerlendirme yöntemlerine göre yapılan hesaplar Uluslararası Para Fonu (IMF)¹⁸¹ gibi kurumlardan elde edilen istatistiki veriler temel alınarak hazırlanmaktadır. IMF dışında UNESCO¹⁸² ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO)¹⁸³ kurumlardan da veri desteği alınmaktadır.

Tablo 3. Küresel Rekabetçilik Endeksi İlk 10

İSVİÇRE*	1
ABD	2
SİNGAPUR	3
HOLLANDA*	4
ALMANYA*	5
HONG KONG	6
İSVEÇ*	7
BİRLEŞİK KRALLIK*	8
JAPONYA	9
FİNLANDİYA*	10

Kaynak: World Economic Forum, “What Exactly Is Economic Competitiveness?”, <https://www.weforum.org/agenda/2017/09/what-is-economic-competitiveness>, Erişim Tarihi (28.01.2018).

Yaşanan ekonomik krizin üzerinden 10 yıl geçmesine rağmen Avrupa Ekonomileri nihayet tedbirli bir toparlanma sürecinin içerisine girildiğinin işaretlerini vermektedir. 2017 itibarıyla Euro Bölgesi'nin %1,9 oranında (2016 yılına

¹⁸¹ International Monetary Fund, <http://www.imf.org/external/index.htm>, Erişim Tarihi (28.01.2018).

¹⁸² Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü.

¹⁸³ World Health Organisation, <http://www.who.int/en/>, Erişim Tarihi (28.01.2018).

ait %1,8 olarak gerçekleşen rakamlara kıyasla) büyüme sergilemektedir. Gelişmekte olan Avrupa piyasaları ise %3,5'lük bir büyüme oranı yakalamıştır (2016 yılında elde edilen %3,0'lük rakamlara karşılık).¹⁸⁴ Buna rağmen ekonomik etkinlikteki toparlanmanın halen kırılgan olduğu gözlemlenmektedir ve sürdürülebilir etkinin devamlılığına kesin gözüyle bakılmamalıdır. Avrupalı işgücü piyasasında kısmen baskı halen sürmektedir. Yüksek seviyelerde seyreden genç işsizliği büyük bir sorun teşkil etmektedir ayrıca bazı birlik devletlerinde orta-vasıflı işçiliğe olan talebin düştüğü gözlemlenmiştir. Daha önce yaşanan krizlerin ardından gelen toparlanma safhalarında yatırım oranlarının daha yüksek olduğu, yaşanan son krizden sonra para arzının arttırılmasının verdiği ekonomik derinliğe rağmen yatırım seviyelerinin istenen düzeyde olmadığı gözlemlenmektedir. Özellikle dijital, enerji ve ulaşım altyapısı konularında kısmi eksiklikler varlığını sürdürmektedir.

2017 yılı GCI performanslarına bakıldığında 28 üye devleti kapsayan AB bölgesi, Balkanlar, İzlanda, Norveç, İsviçre ve Türkiye'nin rekabetçilik oranı 2016 yılına oranla daha dengeli bir seyir takip etmektedir. AB Bölgesi devletlerinden rekabetçilik alanında başı çeken devletler yine ilk 10 sırada kendilerine yer bulmuştur. İsviçre (1), Hollanda (4), Almanya (5), İsveç (7), Birleşik Krallık (8) ve Finlandiya (10) rekabetçilik alanında AB Bölgesi'nin en etkin devletleri olmuştur. AB'nin güneydoğu bölümünde yer alan ekonomiler kuzeybatı ile olan farkı kapatmaktadır ve bu iki blok arasında yer alan Estonya, İzlanda ve Çek Cumhuriyeti önceki pozisyonlarını korumaya devam etmişlerdir.

Daha geniş bir zaman penceresi açıldığında son on yıl içerisinde birçok AB devleti inovasyon alanındaki bakış açısını geliştirmiştir. Bilim kuruluşlarının kalitesi, şirketlerin AR-GE alanında yaptıkları harcamalar ve inovasyon kapasitesi arttırılmıştır. Son on yılda toplanan verilere göre makroekonomik ortamın eskisine nazaran daha iyi bir konumda olduğu ve yatırım yapmak isteyen sermayenin girişimlere başlamasına piyasanın daha müsait bir hale geldiği gözlemlenmektedir. Bu durum inovasyon alanında gerekli gelişmelerin sağlanabilmesi için Birlik adına kaçırılmaması gereken bir fırsatı gözler önüne sermektedir. Ancak yine son on yıllık

¹⁸⁴ World Economic Forum, The Global Competitiveness Report 2017-2018, s. 21.

döneme bakılarak yapılacak bir analizde eğitim sisteminin birincil kalitesini belirleyen ilköğretim eğitimi ve matematik-fen alanındaki eğitimde kaygı verici seviyelerde bir düşüşün olduğu gözlemlenmiştir. Politika üretme konusunda beklenen şeffaflık ve güvenilirlik algısında AB üyesi birçok devlette geçmişe oranla daha düşük rakamlarla karşılaşmaktadır.

Rekabetçilik alanında AB devletlerinin pozisyonlarını gözlemleyeme odaklanıldığında birinci sırada olan İsviçre'nin her alt başlıkta eşit dengede güçlü bir yapı sergilediği rahatça gözlemlenebilmektedir. Toplum sağlığı, ilköğretim ve sağlam makroekonomik ortamın varlığı gibi ekonomik performansı doğrudan etkileyen temel öğelerin ileri seviyelerde gelişmiş olması ekonomik esnekliği de beraberinde getirmektedir. Bu durumun sağlanabilmesindeki bir diğer önemli faktör de dünya çapında en etkin ortama sahip emek piyasasının İsviçre olmasıdır. Yeni teknolojilere açıklık açısından toplumsal düzey çok yüksektir ve “teknolojik hazırlık”¹⁸⁵ konusunda vatandaşların ve işkollarının seviyesi dünya çapında ikinci sırada yer almaktadır. İsviçre daha önceki yıl da ilk sırada yer aldığı işkolları çeşitliliği ve inovasyon ile ilgili puanlarını yükseltmiştir.

GCI'de genel sıralamada dördüncü olan Hollanda ise bulunduğu konuma sahip olduğu güçlü eğitim sistemi ile bireysel ve işkolları alanındaki teknolojik hazırlık sayesinde yerleşmiştir. İnovasyon konusunda sahip olduğu güçlü ekosistem ile dünya çapında altıncı sırada yer alırken bu durum “4. Endüstriyel Devrim”¹⁸⁶ öncesi devletin elini çok güçlü kılmaktadır.

Endekse göre küresel sıralamada beşinci sırayı elde eden Almanya geçen seneki konumunu korumuştur ve geçen yıl aldığı skoru bir miktar yukarı taşımayı başarmıştır. İnovasyon ve iş kollarını çeşitliliği dünya çapında beşinci sıradadır ve bu durum teknolojik hazırlıkta sekizinci sırayı alması ile perçinlenmektedir. Yüksek kaliteli altyapı ağı ile dünya genelinde onuncu sırada yer alan Almanya rekabetçilik konusunda küresel bir aktör olmayı sürdürmektedir.

¹⁸⁵ Keith Breen, World Economic Forum, “What Is 'Networked Readiness' And Why Does It Matter?” 06.07.2016, <https://www.weforum.org/agenda/2016/07/what-is-networked-readiness-and-why-does-it-matter/>, Erişim Tarihi (28.01.2018).

¹⁸⁶ Ali Selek, Endüstri 4.0 Platformu, “Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk” <http://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>, Erişim Tarihi (28.01.2018).

GCI endeksinde AB Aday devletlerinden Türkiye ise 2017 yılında iki basamak yükselerek 53.sırayı almıştır. 2012 yılında tarihinin en yüksek seviyesi olan 43.sıraya yükselen Türkiye için bu durum rekabetçilik konusunda gerilediği izlenimi yaratmış olsa da mobil geniş bant abone sayısında 2015 itibariyle %51'e ve 2016'da %67'ye çıkan oranlar devletin yeni nesil teknolojiler konusunda güçlü atılımlar yaptığını göstermektedir. Türkiye kurumsal yapısında gelişmeler sağlamalı ve işgücü piyasalarındaki önemli zorlukları ortadan kaldırmaya devam etmelidir. Ayrıca finansal piyasalardaki dengeliliği ve etkinliği güçlendirmesi gerekmektedir. Dünya Ekonomik Forum verilerine göre 2017 itibariyle Türk ekonomisinin %2,9 büyüyeceği öngörülmüştür. Yılın ilk yarısında başlayan ve tüm yıl devam eden liradaki değer kaybı ihracatın yükselmesine yardımcı olmuş ve hükümet yerli talebin artması için parasal ve mali politikalar uygulamıştır.

2.3. Avrupa Birliği'nin Enerji Politikaları ve İthalatı

AB, günlük 1 milyon € maliyetle, tükettiği enerji miktarının %54'üne denk gelen enerjiyi ithal etmektedir. Söz konusu ithalat AB'nin tüm ithalatının da %20'sine denk gelmektedir. İthalat kalemlerinden petrolün %90'ı, doğalgazın %69'u, kömür ve katı yakıtların %42'si, uranyum ve diğer nükleer yakıtların ise %40'ı dış kaynaklardan temin edilmektedir.¹⁸⁷

Enerji arzı güvenliği, Enerji Birliği stratejisinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Enerji kaynakları, AB'nin ithalatı gerçekleştirdiği devletlerden kaynaklanan aksaklıklar, hava olayları, endüstriyel riskler ve terörizm kaynaklı tehlikelere açıktır. Söz konusu tehlikeleri bertaraf etmek amacıyla AB üye devletleri dayanışma ve bölgesel işbirliği içinde, gerektiğinde enerji ithalatının gerçekleştirildiği devletlere karşı tek vücut olarak tepki göstermektedir.

¹⁸⁷ Eurostat, "Development Of The Production Of Primary Energy (By Fuel Type), EU-28, 2005-2015", http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_production_and_imports, Erişim Tarihi (18.02.2018).

2.3.1. Enerji İhtiyacının Karşılandığı Devletler

AB, dünya çapında çeşitli devletlerden enerji temin etmektedir. Buradaki amaç mümkün olan en iyi fiyata en iyi anlaşmayı yapmak gayesiyle enerji kaynaklarını çeşitlendirerek enerji arzında bir kesintiye uğramadan ihtiyaçlarını karşılamaktır.

2.3.1.1. Norveç

Norveç, Suudi Arabistan ve Rusya'dan sonra dünyanın en büyük üçüncü petrol ve doğalgaz ihracatçısı konumundadır. 2012 yılı itibariyle AB'nin tüm doğalgaz ithalatının %31'i ve ham petrol ihtiyacının %11'i Norveç menşeli olarak karşılanmıştır. Norveç ayrıca çok büyük miktarlarda hidro-elektrik üretmekte ve eğer yeni aktarım şebekeleri kurulur ise AB'nin enerji ihtiyacının karşılanmasında daha da önemli bir rol oynayacaktır.

Avrupa Ekonomik Alanı'nın (EEA)¹⁸⁸ da bir üyesi olarak Norveç AB'nin iç enerji piyasasının bir parçasıdır ve AB'nin seragazı salınımını düşürme ülküsünde eksiksiz bir işbirliği göstermektedir. Avrupa Komisyonu'nun Enerjiden Sorumlu Komisyoneri ve Norveç Petrol ve Enerji Bakanı, AB-Norveç Enerji Diyalogu'nu¹⁸⁹ geliştirmek amacıyla her yıl biraraya gelerek araştırma ve teknoloji alanında gelişmeleri de içeren iki tarafın enerji politikalarını ve diğer enerji üreten devletler ile diyalogun geliştirilmesi konularında fikir alışverişi yapmaktadırlar.

2.3.1.2. Rusya

Rusya, AB'nin en büyük enerji kaynaklarından birisidir. AB'nin Rusya menşeli gaz ithalatı geçen yıla oranla %8.1¹⁹⁰ artarak 193.9 bcm olarak gerçekleşmiştir.

¹⁸⁸ European Economic Area, <http://www.efta.int/eea>, Erişim Tarihi (18.02.2018).

¹⁸⁹ Norwegian Government Official Site, EU-Norway Energy Dialogue, <https://www.regjeringen.no/en/topics/energy/eu-and-energy/norway-eu-cooperation-on-energy/id714280/>, Erişim Tarihi (18.02.2018).

¹⁹⁰ Henry Foy, "Russia's Gas Exports To Europe Rise To Record High", <https://www.ft.com/content/7b86f4be-f08e-11e7-b220-857e26d1aca4>, Erişim Tarihi (18.02.2018).

Bir takım AB üyesi devletler halen Rusya'dan temin edilecek enerjiye (özellikle doğalgaz) ağır bir şekilde bağımlı durumdadır. Rusya'dan ithal edilen doğalgaz genelde Belarus ve Ukrayna gibi transit geçiş devletleri üzerinden AB'ye ulaşmaktadır.

2009 yılında AB ve Rusya “Erken Uyarı Sistemi”¹⁹¹ kurmuşlardır. Bu araç gaz, petrol ve elektrik aktarımında yaşanabilecek kesintileri engellemek ve hızlı iletişimin sağlanması amacıyla faaliyete geçirilmiştir.

2.3.1.3. Orta Asya ve Kafkas Devletleri

AB'nin enerji ihtiyacını gidermekte çeşitli kaynaklar arayarak enerji arzını güvenliğe alma çabası, Orta Asya ve Kafkaslardaki petrol ve doğalgaz kaynakları açısından zengin devletler ile iletişimin geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Potansiyel yüksek bu devletlerdeki enerji piyasalarının geliştirilmesi için katkı sağlamak amacıyla AB birçok konuda bu devletlere destek sağlamaktadır. Bu güne kadar Azerbaycan, Kazakistan, Türkmenistan ve Özbekistan gibi devletler ile “İyi Niyet Sözleşmeleri” (MoUs) imzalayan AB, bu devletler ile enerji alışverişi konusunda işbirliğini geliştirmeyi amaçlamaktadır.

AB ayrıca Doğu Avrupa, Orta Asya ve Kafkaslardan 11 devletin katılımıyla INOGATE¹⁹² programını faaliyete geçirmiştir. Program üyelere fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak ve enerji ithalatını düşürmek, enerji arz güvenliğini arttırmak ve iklim değişikliği ile savaşmak konusunda yardım sağlamayı amaçlamaktadır.

2.3.1.4. OPEC Devletleri

12 devletten oluşan Petrol İhraç Eden Devletler Örgütü (OPEC)¹⁹³ AB'nin ham petrol ihtiyacının %40'ını karşılamaktadır. Bu devletlerden Suudi Arabistan, Libya ve Nijerya 2012 yılı verilerine göre devlet başına %8'lik bir oranla AB'nin

¹⁹¹ Memorandum on a Mechanism for Preventing and Overcoming Emergency Situations in the Energy Sector Within the Framework of the EU-Russia Energy Dialogue.

¹⁹² INOGATE, <http://www.inogate.org/>, Erişim Tarihi (18.02.2018).

¹⁹³ Organisation of Petroleum Exporting Countries, http://www.opec.org/opec_web/en/, Erişim Tarihi (18.02.2018).

ham petrol ihtiyacının önemli bir kısmını karşılamaktadır.¹⁹⁴ AB, OPEC ile yıllık olarak bakanlık seviyesinde görüşmeler yapmaktadır. Görüşmelerin içeriği daha dengeli petrol fiyatlarının desteklenmesi ve şeffaf piyasa uygulamaları gibi çeşitli konulardan oluşmaktadır.

2.3.2. Elektrik Arzının Güvenliği

18 Aralık 2017 tarihinde yürürlüğe giren acil durum ve yeniden düzenleme (ER) için yönetmelik ile acil durumlar, elektrik kesintileri ve restorasyon alanları için şebeke kodlarını¹⁹⁵ düzenleyen kurallar belirlenmiştir.

Elektrik sektöründe risklere karşı hazırlıklı olmak için düzenlemeler içeren öneriler, Kasım 2016'da "Tüm Avrupalılar İçin Temiz Enerji"¹⁹⁶ başlığı altında gündeme getirilmiştir. Ancak şu an için devletler elektrik kesintileri ve acil durumlar için ulusal seviyede kriz yönetimi uygulamaktadır. Daha bütünleşik bir enerji piyasasının oluşturulmasını amaçlayan bu yeni sistemde AB üye devletlerinin daha koordine ve yakın bir temas içinde olmaları gerekmektedir. Tüm devletler, nerede daha acil bir durum varsa elektrik akışında önceliğin oraya verilmesi konusunda mutabakata varmıştır. Avrupa Konseyi ve Avrupa Parlamentosu tarafından görüşmeler gerçekleştirilmektedir. 4 Aralık 2017 tarihi itibarıyla elektrik konusunda "Genel Yaklaşım"¹⁹⁷ Avrupa Konseyi tarafından kabul edilmiştir.

"Elektrik Koordinasyon Grubu"¹⁹⁸ bilgi alışverişi ve elektrik politikaları hakkında koordinasyonun devletlerarası seviyede gerçekleştirilebilmesi amacıyla kurulmuştur. Grup ayrıca konuyla ilgili tecrübeleri, en iyi uygulama yöntemlerini ve

¹⁹⁴ European Commission, Energy, Supplier Countries, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/imports-and-secure-supplies/supplier-countries>, Erişim Tarihi (18.02.2018).

¹⁹⁵ European Commission, "Electric Network Codes and Guidelines", <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/wholesale-market/electricity-network-codes>, Erişim Tarihi (20.02.2018).

¹⁹⁶ European Commission, "Clean Energy for All Europeans", <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>, Erişim Tarihi (20.02.2018).

¹⁹⁷ Council of the European Union, "Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on risk-preparedness in the electricity sector and repealing Directive 2005/89/EC", 22 Kasım 2017, Brüksel.

¹⁹⁸ European Commission, Register of Commission Expert Groups, Electricity Coordination Group (E02735), <http://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupDetail&groupID=2735>, Erişim Tarihi (20.02.2018).

özellikle sınırlar ötesi şebeke sağlamlığı gibi elektrik arzının güvenliği hakkında uzman bilgisini sağlamaktadır.

Grup üyeleri, özellikle enerji bakanlıkları olmak üzere, ulusal hükümet temsilciği, enerji ile ilgili sorumlulukları olan bakanlıklar, ulusal enerji düzenleme kurumları, “Enerji Düzenleyicileri Birliği Ajansı” (ACER)¹⁹⁹ ve Avrupa Elektrik İletim Sistemi İşleticileri Birliği (ENTSO-E)²⁰⁰ temsilcilikleri yapmaktadır.

2.3.3. Gaz ve Petrol Temin Rotaları

Enerji temin rotalarını çeşitlendirebilmek tüm Avrupalılar için güvenli ve satın alınabilir enerjiye ulaşmakta önemli bir rol oynamaktadır. Bu ancak doğalgaz ve diğer enerji kaynaklarında tek satıcılı veya monopol enerji piyasalarına alternatif oluşturabilecek rotalar keşfetmek ve inşa edebilmekten geçmektedir.

Orta ve Güney Doğu Avrupa’da bir çok devlet doğalgaz ihtiyacının çoğunun karşılanmasında tek bir üreticiye muhtaç durumdadır. Bu devletlerin gaz taleplerinin karşılanmasında çeşitliliğin sağlanabilmesi için Güney Gaz Koridoru²⁰¹ projesiyle Hazar Bölgesi, Merkez Asya, Orta Doğu ve Doğu Akdeniz Havzası’ndan altyapı genişletilerek AB’ne gaz aktarımı yapılması amaçlanmaktadır.

Başlangıçta, yaklaşık olarak 10 Milyar Metreküp gazın 2019-2020 arası açılması planlanan hat üzerinden AB’ne taşınması planlanmaktadır. Hazar Bölgesi, Orta Doğu ve Doğu Akdeniz Bölgesi’nin barındırdığı potansiyel sebebiyle gelecekte 80 ila 100 Milyar Metreküp gazın söz konusu rota üzerinden aktarımının gerçekleştirileceği öngörülmektedir.

¹⁹⁹ ACER, Agency for the Cooperation of Energy Regulators, <https://www.acer.europa.eu/en/Pages/default.aspx>, Erişim Tarihi (22.02.2018).

²⁰⁰ TEİAŞ, “Avrupa Elektrik İletim Sistemi İşletmecileri Ağı”, <https://www.teias.gov.tr/tr/kurumsal/uyelikler/uluslararası-kuruluslar/entso-e>, Erişim Tarihi (22.02.2018).

²⁰¹ Trans Adriatic Pipeline, Southern Gas Corridor, <https://www.tap-ag.com/the-pipeline/the-big-picture/southern-gas-corridor>, Erişim Tarihi (23.02.2018).

AB'nin Güney Gaz Koridoru'nu genişletmek için faaliyetleri ayrıca:

- “Gerekli altyapı çalışmalarını “Ortak Yarar Projeleri”²⁰² altında tutarak izin süreçlerini modernleşirmesi, imtiyazlı düzenleme muameleleri elde etmesi ve AB'nin “Avrupa Tesislerini Birleşirme Projesi”nden²⁰³ kaynak sağlayabilmesi amaçlanmaktadır.
- Azerbaycan, Irak ve Türkmenistan gibi gaz arzedan devletler ile işbirliğini geliştirmek,
- Azerbaycan, Gürcistan ve Türkiye gibi transit devletlerle yakın işbirliği geliştirmek,
- Hazar Denizi üzerinden gaz aktarımı için bir boru hattı kurulması için Azerbaycan ve Türkmenistan ile görüşmelere başlanması” başlıkları altında toplanmaktadır.

AB, güney bölgesindeki devletlerin gaz temin ettiği satıcıları ve gaz aktarım rotalarını çeşitlendirmek amacıyla Akdeniz boyunca ilerleyen bir gaz bağlantı altyapısını oluşturmak istemektedir. Şimdiye kadar Kuzey Afrika ve Doğu Akdeniz'deki ortakları ile politik seviyede aktif bir diyalog yürütmektedir.

Doğu Akdeniz'deki yeni keşfedilen kaynaklar ve Cezayir'in geleneksel ve yeni nesil gaz kaynaklarının barındırdığı yüksek potansiyel dikkate alındığında ortaklaşa gerçekleştirilebilecek altyapı projeleri ile Akdeniz'de kurulacak bir boruhattı AB gaz ihtiyacının karşılanmasında kilit bir rol oynama potansiyeli taşımaktadır.

Avrupa'ya LNG terminalleri aracılığıyla taşınan Sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG), kaynakların çeşitlendirilmesine katkıda bulunan ve enerji arz güvenliğini arttıran bir doğalgaz türüdür. Kuzey Amerika, Avustralya, Katar ve Doğu Afrika'dan üreticiler LNG piyasasını büyötmek istemektedirler. Bu büyüme sonucunda AB'ne daha çok LNG ithalatı gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Mevcut bulunan yeniden

²⁰² European Commission, Projects of Common Interest, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/infrastructure/projects-common-interest>, Erişim Tarihi (23.02.2018).

²⁰³ European Commission, Connecting European Facilities, <https://ec.europa.eu/energy/en/funding-and-contracts>, Erişim Tarihi (23.02.2018).

gaza dönüştürme ünitelerinin çoğunun Atlantik kıyısından doğu bölgesine kadar uzanması sebebiyle Doğu Avrupa’da kurulacak birkaç yeni yeniden gazaya dönüştürme ünitesinin ihtiyacı karşılayacağı tahmin edilmektedir. Yeni tesislerin Baltık ve Güney-Doğu Avrupa’da kurulması gerekmektedir. Bu bölgelerde kurulacak tesisler Ortak Yarar Projeleri kapsamında yer alacaktır ve “Trans-Avrupa Enerji Altyapısı Hakkında Düzenlemeler”²⁰⁴ başlığına tabi olacaktır.

2.3.4. AB’nin Petrol Stokları

Petrol AB’nin enerji portföyünün neredeyse %40’ını oluşturmaktadır. Alternatif enerji kaynaklarına geçiş süreci iyi ilerlemektedir fakat AB devletleri halen ithal edilecek ham petrol ve petrol ürünlerine bağımlı durumdadır. Bu sebeple acil durum rezervleri petrol arzının herhangi bir sebeple kesintiye uğraması durumunda hayati önem taşımaktadır.

Acil durum rezervleri diğer birçok konuda olduğu gibi yönetmeliklere bağlı olarak değerlendirilmektedir. “AB’nin Petrol Rezervleri Yönetmeliği”²⁰⁵ gereğince:

- AB devletleri ham petrol ve petrol ürünleri stoklarını 90 günlük net ithalat ya da 61 günlük tüketim miktarlarından hangisi daha yüksekse o seviyede tutmak zorundadır.²⁰⁶
- Kriz dönemlerinde ihtiyaç duyulan bölgelerde hızlıca kullanıma sokulabilmeleri amacıyla stoklar hazır halde bulundurulmalıdır.
- AB devletleri her ayın sonunda Avrupa Komisyonu’na stok durumlarını gösteren istatistikî özetler göndermek zorundadır. Özetlerin net ithalat ya da tüketim miktarlarından hangisini temsil ettiği de beyan edilmelidir.

²⁰⁴ European Commission, Eur-Lex, “REGULATION (EU) No 347/2013 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 April 2013”, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32013R0347>, Erişim Tarihi (24.02.2018).

²⁰⁵ European Commission, Eur-Lex, “COUNCIL DIRECTIVE 2009/119/EC of 14 September 2009 imposing an obligation on Member States to maintain minimum stocks of crude oil and/or petroleum products”, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0119&from=EN>, Erişim Tarihi (24.02.2018).

²⁰⁶ European Commission, Eur-Lex, Article 4, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0119&from=EN>, Erişim Tarihi (24.02.2018).

- Enerji arzının tehlikeye girdiği kriz dönemlerinde Avrupa Komisyonu, AB devletleri arasında danışmanlık görevi yapmakla sorumludur. Danışmanlık aşamasından önce stoklar çok acil durumlar dışında kullanılmayacaktır.
- Petrol Koordinasyon Grubu²⁰⁷ Avrupa Konseyi ve üye devletler arasında koordinasyonu sağlamakla görevli bir tavsiye kurumu olarak kurulmuştur.

Acil durum petrol stoklarına dair ayrıntılı kayıtlar 1 Ocak 2013 tarihinden bu yana tutulmaktadır ve Eurostat resmi internet sitesi üzerinden vatandaşların ulaşımına açık olarak yayınlanmaktadır.

2.3.5. Gaz Arzı Güvenliği

AB’de tüketilen tüm enerji miktarının dörtte biri doğalgazdır ve birçok AB devleti tükettikleri doğalgazın neredeyse tamamını ithal etmektedirler. Ayrıca bazı üye devletler doğalgaz ihtiyaçlarını karşılaması için tek bir satıcıya bel bağlamaktadır ve tek bir doğalgaz aktarım rotasını kullanmaktadır. Bu durum altyapıda yaşanabilecek sorunlar veya politik açmazlar sebebiyle enerji arzı güvenliğini tehlikeye sokmaktadır. Örneğin 2009 yılında Ukrayna ve Rusya arasında yaşanan sorun bazı AB devletlerine doğalgaz aktarımının kesintiye uğramasına sebep olmuştur.

Doğalgaz aktarımında yaşanabilecek potansiyel kesintilerin önüne geçmek amacıyla AB mevzuatında ortak standartlar belirlenmiştir. Ev tüketimi ve benzeri hassas tüketicilerin ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için gerekli olan miktarlar hesaplanmış ve ciddi tehditlerin belirlenebilmesi için göstergeler tanımlanmıştır. 2017’de “Gaz Arzının Güvenliği Hakkında Düzenleme”²⁰⁸ kamuoyunun bilgisine sunulmuştur. Düzenleme gereği:

²⁰⁷ European Commission, Register of Commission Expert Groups, <http://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupDetail&groupID=1032> Erişim Tarihi (24.02.2018).

²⁰⁸ European Commission, Eur-Lex, “REGULATION (EU) 2017/1938 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 October 2017”, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32017R1938&from=EN> Erişim Tarihi (25.02.2018).

- Avrupa Gaz İletim Sistemi Operatörleri Ağı'ndan (ENTSOG)²⁰⁹ AB'ye gelen enerji arzının kesintiye uğramasına sebep olabilecek büyük çaplı riskleri gösteren bir benzetim hazırlaması,
- AB devletlerinin bölgesel gruplar halinde ortak arz riskleri hakkında birlikte hareket ederek önleyici hazırlıklar yapmaları,
- Ciddi gaz krizlerinde dahi AB devletlerinin birbirlerine yardım ederek zarar görmeye açık olan tüketicilerin gaz ihtiyaçlarının garantiye alınması,
- Şeffaflığı arttırmak amacıyla gaz dağıtımı yapan şirketlerin gaz arzı güvenliğinin sağlanabilmesi için yapacakları gaz alım kontratları (devlet ihtiyacının %28'inin üzerindeki miktarlar için.) hakkında ulusal otoriteleri resmi olarak bilgilendirmesi,
- Tüm AB devletlerinin çıkarlarını gözeterek, kurulacak gaz boru hatlarının çift yönlü akıma sahip olup olmayacağı hakkında doğru kararların alınacağını garanti etmesi.

2.4. AB'de Nükleer Enerji

AB'de üretilen elektrik miktarının neredeyse %30'u nükleer santraller aracılığıyla karşılanmaktadır. 14 AB devletinde toplam 130 adet nükleer santral bulunmaktadır. Birlik üyesi her devlet nükleer güç ile ilgili kararlarını kendi başlarına almakla yükümlüdür.²¹⁰

AB sınırları içerisinde atom enerjisinin barışçıl amaçlarla kullanımı 1957 Euratom Anlaşması ile düzenlenmiştir. Euratom Anlaşması, Avrupa Birliği Atom Enerjisi Topluluğu'nun kurulması ile sonuçlanmıştır. EURATOM, AB'den farklı bir varlığa sahip olmakla birlikte AB kurumları tarafından yönetilmektedir.

²⁰⁹ European Network for Transmission System Operators for Gas, <https://www.entsog.eu/>, Erişim Tarihi (26.02.2018).

²¹⁰ European Commission, Nuclear Energy Overview, <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/nuclear-energy>, Erişim Tarihi (30.01.2018)

2.4.1. Nükleer Güvenlik

Avrupa Komisyonu nükleer aktiviteler ile ilgili üç farklı yaklaşım geliştirmiştir:

- Nükleer güvenlik, nükleer tesisatın güvenli çalıştırılması ile sağlanır; bu durum radyasyondan korunma ve radyoaktif atık idaresi ile tamamlanmaktadır.
- Nükleer koruma önlemleri, nükleer materyallerin sadece önceden belirlenmiş kullanım alanlarında değerlendirildiğinden emin olmak için vardır.
- Nükleer güvenlik, nükleer materyaller ve kurulumların kasıtlı ve kötücül hareketlere karşı fiziksel olarak korunması ile ilgilidir.

AB’de nükleer enerji üretiminin güvenliğinde birincil sorumluluk her devlette bağımsız olarak nükleer santral operasyonlarını yöneten ulusal düzenleyicilerdedir. AB’nin tamamında geçerli bir nükleer güvenlik politikası oluşturulması önem arz etmektedir çünkü olabilecek bir kaza tüm AB çapında hatta ötesindeki devletlerde bile kötü sonuçlara sebep olma ihtimali barındırmaktadır.

Nükleer Güvenlik, Fukushima Nükleer Kazası’ndan çıkarılan dersler ve 2011 ve 2012 yılında Batı Avrupa Nükleer Düzenleme Birliği (WENRA)²¹¹ ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı²¹² tarafından yapılan stres testlerinin sonuçları baz alınarak AB Nükleer Güvenlik Sözleşmesi²¹³ adıyla revize edilmiştir.

Sözleşme, AB üye devletlerine kurulu nükleer santrallerinin tüm yaşam döngüsü boyunca güvenliğe en yüksek önem derecesini vermesini mecbur kılmıştır. Nükleer santrallerin kurulumunun öncesinden başlayan güvenlik değerlendirmeleri çok sıkı kurallara bağlanmıştır. Daha önceden kurulmuş ve çalışır durumda olan

²¹¹ Western Europe Nuclear Regulations Association, <http://www.wenra.org/about-us/>, Erişim Tarihi (31.01.2018).

²¹² International Atomic Energy Agency, <https://www.iaea.org/>, Erişim Tarihi (31.01.2018).

²¹³ Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety, <http://www.bmub.bund.de/en/topics/nuclear-safety-radiological-protection/nuclear-safety/legal-provisions-technical-rules/eu-adopts-amended-directive-on-nuclear-safety/>, Erişim Tarihi (31.01.2018).

nükleer santraller için de birçok yeni düzenleme getirilmiştir. Bu düzenlemelerden bahsetmek gerekirse:

- Ulusal nükleer kontrol mercilerine, yerel hükümetlerin etkisinden bağımsızlaştırılarak özel yasal düzenlemeler ile gerekli personelin ve bütçenin ayrılması,
- Tüm AB devletlerini kapsayacak bir şekilde her devletin nükleer otoritelerinin değerlendirmelerinin paylaşılacağı bir sistem kurulması ve her altı yılda bir tüm üyelerin katılımı ile güvenlik konusunda ortak başlıklar belirlenerek bunların diğer devletler ve kamuoyu ile paylaşılması,
- Tüm nükleer santrallerin güvenlik değerlendirilmesine tabi tutulması ve her on yılda bu yeniden değerlendirme işleminin tekrarlanması,
- Normal kullanım ve olası kaza dönemlerinde nükleer santral işletmecilerinin gerekli bilgileri kamuoyuyla şeffaf bir şekilde paylaşması olarak sıralanmaktadır.²¹⁴

Avrupa Komisyonu 2015 yılında tüm AB devletlerini kapsayan ve Nükleer Güvenlik Sözleşmesi'nin ne derece uygulanabildiğini değerlendiren bir rapor yayımlamıştır. Bir sonraki rapor ise 2020 yılında kamuoyunun bilgisine sunulacaktır.

2.4.1.1. Radyoaktif Atıklar ve Kullanılmış Yakıtlar Hakkında

Radyoaktif Atık ve Kullanılmış Yakıt Yönetmeliği²¹⁵ altında toplanan kurallar bütünü AB'nin üye devletlerinden nükleer atıkları güvenli bir şekilde depolamak ve yeniden kullanılabilir durumda olan yakıtın ne şekilde korunup kullanılacağını düzenlemektedir. Nükleer atık genel olarak nükleer enerji kullanılarak elektrik üretilmesi sonucu oluşan atıkları işaret eder fakat elektrik üretimi dışında sağlık sektörü, araştırma amaçlı çalışmalar, sanayi ve tarımsal faaliyetler sonucunda da nükleer atıklar ortaya çıkmaktadır. Tüm AB devletlerinde

²¹⁴ European Commission, "Nuclear Safety", <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/nuclear-energy/nuclear-safety>, Erişim Tarihi (05.02.2018).

²¹⁵ EU Law and Publications, Eur-lex, "32011L0070,"Radioactive Waste and Spent Fuel Directive", <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32011L0070&qid=1397211079180>, Erişim Tarihi (11.02.2018).

nükleer atık oluşturulmaktadır ayrıca 21 üye devlet tarafından kullanılmış yakıt meydana getirilmekte ve kendi bölgelerinde muhafaza edilmektedir.

Sahip olduğu radyoaktif özellikler ve barındırdığı potansiyel tehlike sebebiyle sürecin tüm safhalarında nükleer atıkların güvenli bir şekilde yönetilmesi büyük önem taşımaktadır. Radyoaktif özellikleri sebebiyle insanlardan ve çevreden izole edilmesi mutlak şarttır.

Nükleer atıkların “çok düşük seviyeli” ve “düşük seviyeli” olanları her devletin kendi bölgesinde AB sınırları içinde korunmaktadır. “Orta seviyeli” ve “yüksek seviyeli” atıklar için ise Finlandiya, Fransa ve İsveç derin coğrafi saklama alanları oluşturulmak üzere seçilmiştir.²¹⁶ Söz konusu devletlerin bu depolama alanlarını 2020-2030 arasında faaliyete geçireceği planlanmaktadır.

Radyoaktif Atık ve Kullanılmış Yakıt Yönetmeliği gereğince AB üye devletlerinin belirli sorumlulukları vardır, bunlardan bahsetmek gerekirse:

- AB üye devletleri ulusal bir politikaya sahip olmalıdır (radyoaktif atık ve kullanılmış yakıt için.)²¹⁷
- Birlik devletleri kendi sınırları içerisinde atık yönetimi ve kullanılmış yakıtın ortadan kaldırılması ile ilgili programlar hazırlamalıdır,
- Üye devletler atık yönetimi ile ilgili gerekli finansal mekanizmaları oluşturup yeterli bütçeyi ayırmalı ayrıca finansal yapı haricinde yetkin, bağımsız, kapsamlı ve güçlü bir düzenleyici yapı oluşturmalıdır.
- Radyoaktif atıkların bertaraf edilmesi ve kullanılmış yakıt ile ilgili bilgilerin kamuoyu ile paylaşılmasına dayanan, çevreye duyarlı, toplumsal görüşlere önem verilen bir sistem kurulmalıdır.

²¹⁶ Markku Lehtonen, “Finland, France And Sweden: Models For Successful Radioactive Waste Management Policy?”, <https://www.umwelt.niedersachsen.de/live/search.php?q=Markku+Lehtonen&searchSort=date>, Erişim Tarihi (12.02.2018).

²¹⁷ Ministry of the Environment (Sweden), “Sweden’s Third National Report Under The Joint Convention On The Safety Of Spent Fuel Management And On The Safety Of Radioactive Waste Management”, <https://www.government.se/49b75f/contentassets/5f1c578eec934ac6ae2fac0a3b57fa88/swedens-third-national-report-under-the-joint-convention-on-the-safety-of-spent-fuel-management-and-on-the-safety-of-radioactive-waste-management-ds-200873>, Erişim Tarihi (12.02.2018).

- AB devletleri, öz değerlendirmelerini yaparak uluslararası emsallerini devletlerine davet etmelidir ve yerel sistemlerini yetkili otoritelerin denetimine açmalıdır. Ulusal programların söz konusu kontrol rutinleri en az her on yılda bir tekrarlanmalıdır. (Ağustos 2023 itibariyle.)
- Radyoaktif atıkların bertaraf edilmesi için AB dışındaki devletlere gönderilmesine sıkı bir kontrol mekanizmasına bağlı olarak izin verilmelidir.²¹⁸

2.4.1.2. Radyasyondan Korunma

Günlük hayatta tüm insanlar iyonlaştırıcı radyasyonun çeşitli varyasyonlarına maruz kalmaktadır. Örnek olarak; doğal radyasyon kaynakları, tıbbi uygulamalar, endüstriyel çalışmalar, nükleer tesisat kaynaklı atıklar, nükleer silah denemeleri sebebiyle oluşan serpintiler ve nükleer kazaların etkileri sayılabilmektedir. İyonlaştırıcı radyasyonun yüksek seviyelerine maruz kalmak insan sağlığına ciddi zararlar verebilmektedir. EURATOM Cemiyeti vatandaşlarını yüksek seviyeli radyasyona karşı korumak için çeşitli çalışmalar yürütmektedir.

EURATOM Cemiyeti, nükleer temelli alanlarda çalışan işçileri, toplumun bireylerini ve hastaları iyonlaştırıcı radyasyondan korumak için bir dizi güvenlik önlemleri oluşturmuştur ve Fukushima Nükleer Kazası sonrası bu önlemleri daha güçlü hale getirilmiştir. Cemiyetin belirlediği temel güvenlik önlemlerinden bahsetmek gerekirse:

- Nükleer endüstride çalışan veya diğer sektörlerde istihdam edilip iyonize radyasyona maruz kalan işçiler, medikal personel, kapalı alanda radona maruz kalan işçiler ve doğal yollardan oluşan radyoaktif materyale (NORM)²¹⁹ maruz kalan işçilerin korunması,
- Vatandaşların korunması, örneğin; binalarda oluşabilecek radondan korunma,

²¹⁸ European Commission, "Radioactive Waste And Spent Fuel", <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/nuclear-energy/radioactive-waste-and-spent-fuel> Erişim Tarihi (07.02.2018).

²¹⁹ World Nuclear Association, "Naturally-Occurring Radioactive Materials", <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/radiation-and-health/naturally-occurring-radioactive-materials-norm.aspx>, Erişim Tarihi (11.02.2018).

- Hastaların korunması, örneğin; radyo-tetkik aşaması ve ışın tedavisi süresince meydana gelebilecek kazalardan korunma,
- Fukushima Nükleer Kazası'ndan çıkarılan dersler sonucunda acil durumlara hazır olma ve tepki verme süresinin düşürülmesi olarak sıralanmaktadır.

Temel Güvenlik Önlemleri Yönetmeliği²²⁰ toplum sağlığı ve radyasyondan korunma alanında bilimsel kariyere sahip olan bir grup uzman²²¹ danışmanlığında geliştirilmiştir. Yönetmeliğin son versiyonu 6 Şubat 2014 tarihinde yürürlüğe girmiş olup AB üye devletlerinin 6 Şubat 2018 tarihine kadar uyum sürecini tamamlanması beklenmektedir.

2.4.1.3. Acil Durumlara Hazırlıklı Olma ve Hızlı Tepki Verebilme

Meydana gelebilecek bir nükleer kaza olayında bilginin hızlı ve kesin bir şekilde paylaşılabilmesi durumu insanların güvenliğini sağlama konusunda büyük bir fark yaratmaktadır. Euroatom Anlaşması gereği Avrupa Komisyonu bilginin hızlı bir şekilde paylaşılmasından sorumludur. Komisyon bu görevi şu şekilde ifa etmektedir:

- Radyolojik veya nükleer bir aciliyet durumunda erken uyarı ve bilgi paylaşımının kolaylaştırılması amacıyla Avrupa Komisyonu Acil Radyolojik Bilgi Değişim Sistemi (ECURIE)²²² kurulmuştur. Tüm AB devletlerine ek olarak; İsviçre, Norveç, Karadağ ve Makedonya söz konusu sisteme dâhil olmuştur. Üye devletler meydana gelebilecek bir nükleer olay sonrasında vatandaşlarını korumak istemektedir. Bu sebeple nükleer tehlikenin vuku bulduğu üye devletin olayın ayrıntıları ve boyutu hakkında zaman kaybetmeden Avrupa Komisyonu'nu bilgilendirmesi zorunludur. Avrupa Komisyonu ise bu bilgiyi hızlı bir şekilde tüm diğer üyelere aktarmakla sorumludur.

²²⁰ Basic Safety Standarts Directive, "COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM of 5 December 2013"

²²¹ European Commission, Energy, A Group of Experts, <https://ec.europa.eu/energy/node/1183>, Erişim Tarihi (09.02.2018).

²²² European Commission, Joint Research Centre, Institute for Transuranium Elements, European Community Urgent Radiological Information Exchange (ECURIE), <https://rem.jrc.ec.europa.eu/RemWeb/activities/Ecurie.aspx>, Erişim Tarihi (11.02.2018)

- 38 Avrupa devletinde faaliyet gösteren Avrupa Radyolojik Bilgi Değişimi Platformu (EURDEP)²²³ ise radyolojik gözlem konusunda devletler arasında bilgi değişiminin sağlandığı bir programdır. Tüm AB devletlerine ek olarak; İzlanda, Rusya, İsviçre, Türkiye, Makedonya, Ukrayna, Azerbaycan, Sırbistan ve Belarus'un katılımı ile oluşturulan program en az günde bir defa olmak üzere bilgi paylaşımını gerekli kılmaktadır. Acil durumlarda en az her saat başı bilgi paylaşımı gerçekleştirilmektedir. Halkın bilgisine ise EURDEP²²⁴ internet sitesinden ulaşılabilmektedir.

2.4.1.4. Doğadaki Radyasyon Seviyelerinin Gözlenmesi

AB üye devletlerinde doğada mevcut olan radyasyonun gözlemlenmesine dair toplanan bilgiler Avrupa Komisyonu'na iletilir. Buradaki amaç çeşitli devletlerden gelen bilgilerin değerlendirilerek AB üye devletlerinde halkın maruz kaldığı radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesidir.

Ortak Araştırma Merkezi (JRC-ITU)²²⁵ ile koordine bir şekilde, toplanan bilgilerin değerlendirilmesi sonucunda Avrupa Komisyonu "AB'de Çevresel Radyoaktivite"²²⁶ adıyla gözlemlerin yer aldığı raporları yayımlar. Ek olarak, Çevresel Radyoaktivite Gözlemi (REM) projesi ile radyoaktivite üzerine toplanan bilgilerin değişimi mümkün kılınmıştır. 2000 yılında yayımlanan Tavsiye 2000/473/Euratom²²⁷ bildirgesi ile Avrupa Komisyonu tüm AB devletlerindeki çevresel radyasyon seviyelerinin gözlemlenmesi ile tüm AB nüfusunun bir bütün olarak ele alınması gerektiğini deklare etmiştir.

²²³ European Commission, Joint Research Centre, Institute for Transuranium Elements, European Radiological Data Exchange Platform (EURDEP), <https://rem.jrc.ec.europa.eu/RemWeb/activities/Eurdep.aspx>, Erişim Tarihi (11.02.2018).

²²⁴ EURDEP Nükleer Tehlike Haritası, <http://eurdepweb.jrc.ec.europa.eu/EurdepMap/Default.aspx>, Erişim Tarihi (11.02.2018).

²²⁵ JRC, <https://ec.europa.eu/jrc/en/about/jrc-in-brief>, Erişim Tarihi (11.02.2018).

²²⁶ Reports on Environmental Radioactivity in EU, <https://rem.jrc.ec.europa.eu/RemWeb/Reports.aspx>, Erişim Tarihi (11.02.2018).

²²⁷ European Commission, "Eur-lex, 2000/473/Euratom: Commission recommendation of 8 June 2000", EU Law and Publications, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1413891394713&uri=CELEX:32000H0473>, Erişim Tarihi (11.02.2018).

Avrupa Komisyonu, üye devletlerin doğrudan radyoaktif atık üreten ve dolaylı olarak radyoaktif materyal kullanan tesisler üzerinde yaptıkları düzenlemeleri izleme ve kontrol etme hakkına sahiptir. Komisyon incelemeye alacağı tesis ya da kurumu kendisi seçer ve daha sonra ortaya çıkan bulgular ile tesisler hakkındaki görüşlerini gerekli organları aracılığıyla kamuoyuna açıklar.²²⁸

Radyoaktif atıkların doğaya salınması konusunda ise nükleer faaliyet gösterilen bölgelerde (özellikle nükleer santraller ve nükleer işleme merkezlerinde.) hava yoluyla çevreyi kirletebilecek ve/veya sıvı halde olan nükleer atıkların doğaya bırakılması ancak işletmeyi üstlenen kuruluşların sözleşmelerinin koşulları ile sınırlandırılmış olup belirlenen kısıtlamalara istinaden mümkün olmaktadır. Ayrıca söz konusu bertaraf işlemleri dikkatle ölçülmektedir ve elde edilen sonuçlar Avrupa Komisyonu'na iletilmektedir. Elde ettiği veriler ışığında Komisyon AB devletlerindeki vatandaşların maruz kaldığı radyasyon seviyelerini ölçmekte ve devletlerarası radyasyon değerlendirmeleri yapmaktadır.

Avrupa Komisyonu tarafından yayımlanan Tavsiye 2004/2/Euratom²²⁹ bildirisinde AB üye devletlerinde gerçekleşen bertaraf işlemlerini nasıl raporlamaları gerektiğine dair tavsiyeler verilmektedir. Üye devletler tarafından temin edilen bilgiler Avrupa Komisyonu'na ait olan Radyoaktif Bertaraf Veritabanı (RADD)²³⁰ bünyesinde derlenmektedir. Kullanışlı bir zaman çizelgesi oluşturabilmek adına 1995-2004 yılları arasında kalan tarihi bilgiler de sisteme yüklenmiştir.

2.4.1.5. Medikal Faaliyetlerden Gelen Radyasyon

Teşhis koyma ve tedavi süreçlerinde radyasyonun kullanımı yüzyılı aşan bir süreden beri devam eden bir uygulamadır. Örnek olarak tıbbi görüntüleme metotlarından röntgende ve kanser tedavisinde radyoloji alanında kullanılmaktadır.

²²⁸ European Commission, "European Commission, Verifications Of Radiation Monitoring In EU Countries", <https://ec.europa.eu/energy/node/1221>, Erişim Tarihi (11.02.2018).

²²⁹ Official Journal of the European Union, Commission Recommendation of 18 December 2003, Yayımlanma Tarihi (06.01.2004).

²³⁰ European Commission Radioactive Discharges Database, <http://europa.eu/radd/>, Erişim Tarihi (11.02.2018).

Ancak radyasyona maruz kalmak hem hastaları hem de tıbbi personelin hayatını riske atabilmektedir. İyonize edici radyasyona tedavi süreci boyunca aşırı derecede maruz kalmamak için tüm süreç standardize edilmiş güvenlik önlemleriyle donatılmıştır.

Euratom Anlaşması'na göre tıbbi personel ve hastaların korunmasındaki sorumluluk Avrupa Komisyonu'na verilmiştir. Komisyon bu yükümlülüğü Temel Güvenlik Önlemleri Yönetmeliği'ni sürekli güncelleyerek yerine getirmektedir. Yönetmelikte, diğer kullanım alanlarından öte özellikle tıbbi uygulamalarda iyonize edici radyasyonun kullanılabilmesi çok sıkı güvenlik önlemlerinin alınmış olmasına bağlıdır.

Avrupa Komisyonu ayrıca bağlayıcı olmayan tavsiyeleri içeren bir dizi yayım da yapmaktadır. Bu yayımların ilgilendiği temel konu tıbbi personel ve hastaların radyasyondan korunması ve radyoizotop içeren nükleer ilaçların temini üzerine odaklanmaktadır.²³¹

2.4.1.6. EURATOM İçme Suyu Yönetmeliği

İçme suyundaki radyasyonu ve içme suyunun farklı şekillerde tüketiminden kaynaklanan radyasyon miktarını kontrol etmek için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yönetmelik ile, şebeke suyu ve günlük kullanıma yönelik şişe veya kutularda muhafaza edilen suları kapsamaktadır. Doğal maden suları ve küçük özel kaynaklar yönetmeliğin konusu dışında kalmaktadır. Yönetmelik, yapay radyoaktif çekirdeklerle ilgili olduğu kadar, doğal radyoaktif çekirdeklerle de ilgilidir. İzleme için gerekli genel ilkeleri, açık ve net bir şekilde ifade etmekte ve teknik detayları da (numunelerin frekansları, analiz metotları) kapsamaktadır.

Yönetmelik; radon, trityum ve diğer birçok radyoaktif çekirdekleri kapsayan “belirteç miktarı” için değerleri ortaya koymaktadır. Değerlerin belirleyici bir işlevi vardır, sınırları belirlememektedirler. Bir değer aşılması durumu daha yakından

²³¹ European Commission, EU Law and Publications, Eur-lex, “*Medical Applications of Ionizing Radiation and Security of Supply of Radioisotopes for Nuclear Medicine*”, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?jsessionid=jyPhTg8Qv3B4wy0yMhNGyhmVfv7jDdgQBMT9tsHRX87HwfrGdvwv!-1305426208?uri=CELEX:52010DC0423>, Erişim Tarihi (11.02.2018).

incelemeden bir sağlık sorunu olarak sayılmamaktadır. Titiz bir araştırma (haklı gerekçelerle ise) iyileştirici faaliyetleri beraberinde getirebilmektedir. Böyle bir olayda, toplum bilgilendirilmek zorundadır.

2.4.1.7. Radyoaktif Atıklar ve Kullanılmış Yakıtların Taşınması Hakkında

Radyoaktif maddeler AB sınırları içerisinde hergün taşınmaktadır ve taşımacılığı yapılan tüm tehlikeli maddeler içinde %1’lik bir paya sahiptir. Büyük oranda düşük seviyelerde radyasyon içeren maddeler söz konusu taşımacılık faaliyetlerinin konusu olsa da ışın yayan yüksek radyasyon seviyeli nükleer yakıtlar da kargonun içeriğini oluşturabilmektedir.

AB nükleer atıkların ve kullanılmış yakıtların taşınmasına dair bir yönetmelik yayımlayarak konu ile ilgili gerekli kuralları²³² belirlemiştir.

Yönetmelik gereği:

- Taşıma işlemi yapacak uygulayıcıların kargonun rotası hakkında ulusal otoriteleri bilgilendirmesi gerekmektedir.
- AB devletleri kullanılmış nükleer yakıtı yeniden işlenmesi için birbirleri arasında aktarmasına ve işlenmiş materyalin geri gönderilebilmesine izin vermektedir.
- AB devletlerine yönetmeliğin getirdiği kurallara uymayan kargoları geldiği devlete geri gönderme hakkı tanımıştır.
- Güvenli bir şekilde saklayacak kaynakları olmayan Afrika, Karayipler, Pasifik Devletleri, Antartika gibi herhangi bir devlete nükleer atıkları göndermeyi yasaklamıştır.²³³

²³² European Commission, “Council Directive 2006/117/Euratom Of 20 November 2006 On The Supervision And Control Of Shipments Of Radioactive Waste And Spent Fuel”, EU Law and Publications, Eur-lex, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32006L0117>, Erişim Tarihi (12.02.2018).

²³³ Official Journal of the European Union, “COUNCIL DIRECTIVE 2006/117/EURATOM of 20 November 2006”, s. 21-30.

Radyoaktif materyallerin taşınması konusunda Avrupa Komisyonu'na yeni yönetmelikler hazırlamasında yardımcı olmak amacıyla AB Daimi Çalışma Grubu (SWG) adıyla ulusal uzmanlardan oluşan bir grup kurmuştur. Radyoaktif materyallerin taşınması hususunda bilgi paylaşımı ve istişare sonucunda görüşlerini Avrupa Komisyonu'na sunmaktadır.

Daimi Çalışma Grubu'nun en son sunduğu raporda radyoaktif atıkların güvenli bir şekilde taşınmasına istinaden altı temel alanda tavsiyeler yer almaktadır:

- Radyoaktif materyallerin taşınması hakkındaki düzenlemeler ve güvenlik önlemleri uluslararası gözleme ve düzenlemelere açık olmalıdır.
- Radyoaktif materyallerin taşınmasında kargonun güvenliğe alınması hususunda en son teknolojik yöntemler kullanılmalıdır.
- Radyoaktif materyallerin kaçakçılığının önüne geçmek için acil durumlara hazırlık ve hızlı tepki verme konusunda mevcut olan gelişmeler daha da ileriye taşınmalıdır.
- Yeni AB üyesi olan devletlere yapısal destek vererek yerel kanunlarının AB seviyesine çıkarılması hususunda destek olunması gerekmektedir.
- Medya ve kamuoyuna bilgi sağlayarak şeffaflık desteklenmelidir.
- Güvenli kargoların reddedilme oranını düşürmeli ve rekabetçiliğin önü açılmalıdır.²³⁴

2.4.1.8. Mühürlenmiş Yüksek Radyoaktif Kaynaklar ve Kimsesiz Kaynaklar

Yüksek radyoaktif kaynaklar (HASS)²³⁵ sağlık sektörü, araştırmalar ve endüstriyel çalışmalarda kullanılmaktadır. Söz konusu radyoaktif materyal, çevreden izole edilmiş olarak küçük metal koruyucular içerisinde muhafaza edilmektedir ve doğru şekilde mühürlenip bertaraf edildiğinde çevre ve insan sağlığına karşı herhangi bir tehlike arz etmemektedir. Ancak kaynaklar bazen kaybolabilir, kaderine terk

²³⁴ European Commission Directorate-General For Energy And Transport, Record of the 49th meeting of the Standing Working Group on Safe Transport of Radioactive Material (SWG).

²³⁵ International Atomic Energy Agency, Nuclear Fuel Cycle & Waste Technology, Waste Technology Section, <https://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/Technical-Areas/WTS/sealedsources-sealedsources.html>, Erişim Tarihi (16.02.2018).

edilebilir ve hatta çalınabilir. Radyoaktif kaynaklar bazen onu doğru şekilde muhafaza edebilecek lisansa ve bilgiye sahip olmayan kişilerin eline düşebilmektedir. Bazen de hurda metalin geri dönüşümünün yapıldığı tesislerde bu tarz yüksek radyoaktivite ihtiva eden kaynaklara rastlanabilmektedir ve bu radyoaktiviteye maruz kalınan kazalara sebep olabilmektedir. İşte bu şekilde kaderine terkedilmiş radyoaktif materyallere kimsesiz kaynaklar denilmektedir.

EURATOM Cemiyeti, tarafından işçilerin ve vatandaşların yüksek radyoaktif kaynakların yanlış kullanımından dolayı yayılabilecek ışımaya maruz kalmalarını önlemek amacıyla bir dizi özel düzenlemeler içeren kurallar yürürlüğe koyulmuştur.²³⁶ Kurallar ayrıca radyoaktif kaynakların kontrol altında tutulması hususunu içeren konuları da içermektedir ve Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın "radyoaktif kaynakların yönetim kuralları ve alakalı rehberlik"²³⁷ adı altında düzenlediği koşullarla bağlantılıdır.

2.4.1.9. Yeni Nükleer Santral Kurulumlarının Diğer AB Üyelerine Etkileri

Bir AB devletinin hükümeti, yeni bir nükleer santral kurulumuna izin vermeden önce gaz ve sıvı olarak santralden yayılabilecek radyasyon barındıran maddelerin diğer AB devletlerinin nüfusu üzerinde yaratabileceği potansiyel tehlikeleri iyice değerlendirmekle yükümlüdür. Nükleer kurulum planlayan AB devleti Avrupa Komisyonu'na kapsamlı ve detaylı bir rapor sunmak durumundadır. Hazırlayacağı dosyada normal çalışma zamanlarında öngörülen, izinli radyasyonel maddelerin detaylı bilgisi yer almakla birlikte bir kaza durumunda oluşabilecek potansiyel radyoaktif sızıntılar ve etkiler ile ilgili bilgi sunmak zorundadır.

²³⁶ Official Journal of the European Union, "COUNCIL DIRECTIVE 2003/122/EURATOM of 22 December 2003", syf. 57.

²³⁷ International Atomic Energy Agency , Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources, <https://www.iaea.org/topics/codes-of-conduct>, Erişim Tarihi (16.02.2018).

Avrupa Komisyonu Tavsiye 2010/635/Euratom²³⁸ başlığı altında, yeni bir nükleer kurulum planlayan AB devletlerinin, projenin ihtiva ettiği sağlık üzerindeki potansiyel kötü etkilerinden nasıl kaçınabilecekleri hakkında bilgi veren bir yayım yapmıştır. Komisyon kendini adanmış bir grup uzman ile birlikte ihtiyaç duyulan bilgiyi sağlamaktadır. Buradaki amaç diğer AB devletlerinde oluşabilecek sağlıksal problemlerin önlenmesidir.

Değerlendirmenin sonuçları “Komisyonun Fikri”²³⁹ adı altında özetlenerek kurulumu planlayan AB devletine gönderilmekte ve AB Resmi Gazetesi’nde yayımlanmaktadır. Söz konusu görüşleri içeren yayımlar ayrıca kamuoyunun bilgisine sunulmaktadır.

2.4.2. AB’de Nükleer Enerji ve Ayrışmalar

AB, kuruluşu itibariyle nükleer enerji ve nükleer silah teknolojilerinin kullanımını düzenleyen EURATOM Anlaşması ile eşlenik olarak yapılandırılmıştır. Birlik içerisinde nükleer silahlanmayı engellemek amacıyla ve nükleer enerji kaynaklarının adil paylaşılması ile nükleer teknolojiye erişimin güçlendirilmesi amacıyla çalışmalar bu çerçevede altında sürdürülmektedir. Ancak nükleere karşı AB devleti devletlerin tutumları birbirinden çok farklı olabilmektedir.

Örneğin, uzun yıllardır sürdürdükleri enerji arzı güvenliği politikası sonucu Fransa elektrik ihtiyacının %75’ini nükleer kaynaklardan elde ederken Almanya devletindeki tüm nükleer tesislerin kapanması kararı almıştır. AB’nin en güçlü iki üyesi arasında bile söz konusu nükleer enerji olduğunda görüş farklılıkları bulunabilmektedir. Nükleer kaynaklar, enerji arzı güvenliğinden bahsedildiğinde dışa bağımlılığı azaltmaktaki avantajından ötürü büyük önem arz etmektedir. Fransa bunun en güzel örneğini teşkil etmektedir. Her yıl 3 milyar €’luk²⁴⁰ enerji ihracatı gerçekleştiren Fransa dünyada elektrik ihraç eden devletler arasında birinci sırada yer

²³⁸ Official Journal of the European Union, “COMMISSION RECOMMENDATION of 11 October 2010 on the application of Article 37 of the Euratom Treaty”, syf. 36.

²³⁹ European Commission, Energy, Commission Opinions, <https://ec.europa.eu/energy/node/1823>, Erişim Tarihi (16.02.2018).

²⁴⁰ World Nuclear Association, “Nuclear Power in France”, Ocak 2018, <http://www.worldnuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>, Erişim Tarihi (08.03.2018).

almaktadır. Bunun sebebi nükleer enerji üretiminin yapısal özelliğinden kaynaklanan düşük elektrik üretim maliyetleridir. Yukarıda sayılan avantajların haricinde nükleer yakıt ve nükleer teknoloji de büyük çaplı bir ihracat kalemi oluşturmaktadır. Fransa'nın elektrik ihtiyacının %17'si ise geri dönüştürülmüş nükleer yakıt ile karşılanmaktadır.

Söz konusu enerjinin hasat edildiği nükleer santrallerden olan Belleville Nükleer Santrali'nin varlığının bölge ekonomisine katkısının büyük olduğu, yeni iş imkânları sağladığı ve birçok şirketi bölgeye çektiği vurgulanmaktadır. Bölgede 30 yıldır faaliyet gösteren santralin cari dengeye de katkı sağladığını belirten Fransız Elektrik Şirketi EDF'nin Belleville Nükleer Güç Santrali İletişim Direktörü Trierry Taponard 2,5 milyon tüketicinin elektriğinin bu santralde karşılandığını belirtmiştir.²⁴¹

Belleville Belediye Başkanı Patrick Bagot ise santralin kurulması ile birlikte bölge nüfusunun 10 kat artarak 3.500'e yükseldiğini ve halk tarafından herhangi bir tepkinin gelmediğini hatta ekonomik getirileri sebebiyle nükleer enerji santralinden memnun olduklarını beyan etmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere, Fransa cephesi nükleer teknolojinin nimetlerinden en faydalı biçimde yararlanmayı başaramaktadır. Fransız Sanayi Bakanı Arnaud Montebourg'un yaptığı *"Fransa'nın enerji ihtiyacının %50'si her zaman nükleer enerji ile karşılanacaktır."*²⁴² açıklaması da Fransızların nükleer sevgisini anlamının başka bir yolunu oluşturmaktadır.

Diğer yandan Fukushima Nükleer Kazası sonrası halen aktif beş adet nükleer reaktörü bulunan İsviçre ise devletteki nükleer santrallerin devreden çıkartılmasını tartışmak amacıyla kabineyi toplamış ve 2019-2034 yılları arasında tamamının

²⁴¹ Cem Şimşek, "Belleville Nükleer Santrali Cari Dengeye Katkı Sağladı", Enerji Enstitüsü, 15/01/2018, <http://enerjienstitusu.com/2018/01/15/belleville-nukleer-santrali-cari-dengeye-katki-sagladi/>, Erişim Tarihi (12.03.2018).

²⁴² Cem Şimşek, "Fransa'nın Elektrik İhtiyacının En Az Yarısı Daima Nükleer Enerjiyle Karşılanacak", Enerji Enstitüsü, <http://enerjienstitusu.com/2013/12/10/fransanın-elektrik-ihtiyacinin-en-az-yarisi-daima-nukleer-enerjiyle-karsilanacak/>, Erişim Tarihi (12.03.2018).

kapatılması kararını almıştır. Söz konusu görüşmede nükleer kaynakların ne şekilde ikame edileceği de görüşülmüştür.²⁴³

İtalya örneğine bakıldığında ise yakın tarihinde yapılan referandumlar ile sürekli nükleer enerjiden uzak kaldığı gözlemlenmiştir. Toplumsal açıdan büyük korku yaratan nükleer felaketlerle yakın zamanlarda gerçekleşen referandumların sonuçları nükleer enerjinin İtalya’da kullanılmasını engellenmiştir. Bu durum İtalya’yı belki muhtemel nükleer tehlikelerden korumuştur ancak bütçe açığında enerji kalemine de büyük bir pay verilmesine sebebiyet vermiştir. Nükleer enerjinin gerekli ciddiyetle ele alındığında ekonomiye olan pozitif etkilerinin göz ardı edilemeyecek kadar önemli olduğunu Fransa-İtalya karşılaştırmasında gözlemleyebilmek çok zor değildir.

Nükleer enerjinin büyük önem arz ettiğini savunun devletlerin başında Fransa gelmektedir. Devlete sağlanan ekonomik girdi o denli yüksektir ki halk arasında çevreci algı gelişmiş olmasına rağmen nükleer enerjiden vazgeçilmesi söz konusu değildir. Nitekim Birleşik Krallık nükleer güvenlik testlerinden terör saldırılarının çıkartılmasını talep ettiğinde bunu ilk destekleyen Çek Cumhuriyeti ile birlikte Fransa olmuştur.²⁴⁴

Fukushima sonrası nükleer enerjiden çıkışta en beklenmedik hamle Almanya’dan gelmiştir. En eski ve işleyen iki nükleer santralin derhal kapatılması kararı alınmış ve diğer mevcut nükleer santrallerin ömürlerinin uzatılmamasına karar verilmiştir.²⁴⁵ Japonya’daki kazadan sonra Alman Şansölyesi Angela Merkel Almanya sınırları içerisinde aktif olarak çalıştırılan 17 nükleer santralin ömrünün 12 yıl daha uzatılmasına onay verdiği kararından vazgeçmek zorunda kalmıştır ve devletteki tüm nükleer santrallerin 3 ay boyunca kapatılarak güvenlik testlerinin

²⁴³ Leigh Phillips, “Europe Divided Over Nuclear Power After Fukushima Disaster”, *The Guardian*, <https://www.theguardian.com/environment/2011/may/25/europe-divided-nuclear-power-fukushima>, Erişim Tarihi (09.03.2018).

²⁴⁴ Leigh Phillips, a.g.k.

²⁴⁵ H.Pidd-S.Goldenberg, “Germany Suspends Power Station Extension Plans As Nuclear Jitters Spread”, *The Guardian*, <https://www.theguardian.com/environment/2011/mar/14/germany-japan-nuclear-industry>, Erişim Tarihi (10.03.2018).

yapılmasını emretmiştir. Merkel ayrıca yenilenebilir enerjiye geçiş sürecinde nükleer santrallerin açık kalacağını ve diğer nükleer enerji üreten devletlerden enerji ithalatına mecbur kalınmaması gerektiğini çünkü diğer devletlerdeki güvenlik standartlarının Almanya'dan daha düşük olabileceğini beyan etmiştir.

Japonya'da meydana gelen Fukushima Nükleer Kazası sonrası Alman kamuoyunda nükleer santrallere karşı olan korkular artmıştır. Alman haber kanalı N-TV'nin yaptığı anket sonucunda Almanların %88'inin nükleer enerji santrallerinin derhal kapanması gerektiğini düşündüğü sonucu ortaya çıkmıştır.

Nükleer enerji konusunda hassas olan bir diğer devlet ise Avusturya'dır. Nükleer konusunda çok sert bir tutum sergileyen Avusturya, İngiltere'de kurulması planlanan iki reaktör için sübvansede edilecek devlet desteğine karşı çıkarak konuyu Avrupa Adalet Divanı'na taşımıştır. Toplamda 24,5 Milyar Pound maliyetli projenin 17 Milyar Pound'u devlet desteği ile karşılanması planlanmaktadır. Avusturya'nın vetosu projenin rafa kaldırılması ihtimalini güçlendirmektedir.²⁴⁶ Avusturya'nın İtalya dışındaki tüm komşuları nükleer enerji üretmektedir. Bunlardan en yüksek hacme sahip olan Almanya'nın nükleer enerjiyi terk edeceğinden yukarıda bahsetmiştik. Bununla birlikte Macaristan, Slovakya ve Çek Cumhuriyeti nükleer enerji kapasitelerini arttırmayı planlamaktadır. Avusturya bu devletlerdeki nükleer projelerin sübvansede edilmesi konusunda her türlü girişimi engelleyeceğini açık bir şekilde beyan etmektedir.

Avusturya tüm enerji ihtiyacının %34'lük bir kısmını yenilenebilir enerji kaynaklarından elde etmektedir. 2030 yılı itibariyle yenilenebilir enerjinin toplam arzadaki payının %50 olması hedeflenmektedir. AB'nin 2020 yılı %20 hedeflerini çoktan tutturmuş olan devlette 2030 hedeflerinin de tutturulacağı düşünülmektedir.

Avusturya, devlette 1970'lerde inşa edilen tek nükleer santralini de 1978 yılında gerçekleştirilen referandumdan "Hayır" çıkması sonucunda hiçbir zaman

²⁴⁶ Agence France-Presse in Vienna, "Austria Files Legal Complaint Against UK's Hinkley Point C Nuclear Plant", *The Guardian*, <https://www.theguardian.com/world/2015/jul/06/austria-files-legal-complaint-against-uk-hinkley-point-c-nuclear-plant>, Erişim Tarihi (12.03.2018).

faaliyete sokmamıştır. Devletteki nükleer karşıtlığı o denli yoğundur ki referandumdan kısa süre sonra nükleer enerjiyi yasaklayan bir kanun çıkartılmıştır. Öyle ki 2015 yılının ocak ayında alınan karar ile diğer devletlerdeki nükleer santrallerde üretilen enerjinin devlete ithaline de yasak getirilmiştir.²⁴⁷

Nükleer enerji AB’de farklı görüşlere ve hatta cephelerin oluşmasına sebebiyet vermiştir. Nükleer enerjiye yapılmış olan yatırımların yenilenebilir enerjiye yapılmış olması durumunda yenilenebilir enerji teknolojisinin çok daha gelişmiş olacağını savunan düşünce yapısında olanlar ile yenilenebilir enerjinin henüz enerji ihtiyacının tamamını karşılamak için yetersiz olduğunu savunanları karşı karşıya getirmiştir. Nükleer enerjinin henüz gözden çıkartılmaması gerektiğini savunan nükleer enerji taraftarları alternatifinin gaz ve kömür olduğunu, bu kaynakların da küresel ısınma ve mevsim değişikliğine sebep olduğunu savunmaktadırlar. Nükleer enerji taraftarlarının önem verdiği bir diğer nokta ise füzyon reaktörlerinin barındırdığı potansiyeldir. Eğer çalışmalar başarılı olursa füzyon reaktörler tamamen temiz ve tüm dünyanın ihtiyacını karşılayabilecek kadar çok enerji temin edilebileceğini savunmaktadırlar.²⁴⁸

2.4.3. Ufuk 2020 Programı ve Nükleer Füzyon

Nükleer füzyon gelecek nesillerin sürekli artan enerji ihtiyacını karşılayabilecek ve sera gazı salınımının düşürülmesine yardımcı olabilecek sürdürülebilir, bol ve güvenli enerji üretmek için kaynak olma amacı günde yeni ve deneysel bir teknolojidir. Füzyon araştırmaları için en büyük meydan okuma 2050 yılına kadar füzyonun manyetik olarak hapsedilmesi yöntemi ile elektrik üretilebilmesi olarak belirtilmektedir.

²⁴⁷ Cem Şimşek, “Avusturya, AB’de Nükleer Enerjiye Karşı Mücadele Ediyor.”, Enerji Enstitüsü, (08.07.2015), <http://enerjiinstitutusu.com/2015/07/08/avusturya-abde-nukleer-enerjiye-karsi-mucadele-ediyor/>, Erişim Tarihi (12.03.2018)

²⁴⁸ Debating Europe, “Arguments For And Against Nuclear Power” <http://www.debatingeurope.eu/focus/infobox-arguments-for-and-against-nuclear/#.WqaiYz-WSUI>, Erişim Tarihi (12.03.2018).

AB'nin füzyon araştırmaları programının başarısı için kritik olan ise Fransa'nın güneyinde kurulumu halen süren ITER²⁴⁹ isimli füzyon deneme tesisinin kabul edilebilir bir zaman çizelgesi içinde tamamlanabilmesidir. 2020 yılı itibariyle ITER'in ilk "yanan füzyon plazması"nı reaktör seviyesinde gerçekleştirmesi beklenmektedir. Bunun gerçekleşmesinin ardından DEMO²⁵⁰ isimli görsel örnekleme füzyon enerji santralinin inşasına başlanması olacaktır. DEMO'nun 2050 itibariyle kayda değer miktarlarda enerji üretmesi beklenmektedir.

Bu gibi önemli meydan okumaların başarıya kavuşturulabilmesi amacıyla Avrupa Komisyonu tüm Avrupa devletleri ve İsviçre'deki füzyon laboratuvarlarının katılımıyla bir konsorsiyum oluşturmuştur. Ufuk 2020 Programı²⁵¹ çerçevesinde AB, geniş çaplı bir uygulama alanı içerisinde birleşik füzyon programına destek vermektedir. Temel füzyon araştırmalarının yanında endüstriyel kullanım ile bütünleşmiş bir politika benimsenmiştir. Program çerçevesinde araştırma aşamasından endüstriyel kullanıma uzanan koordine bir strateji geliştirilmiştir.²⁵²

Programın beklenen getirilerinden bahsetmek gerekirse:

- ITER'in başarısına katkı sağlamak,
- DEMO'nun kurulumunda aşama kaydetmek ve nihayetinde füzyon enerji santralinin kurulması,
- Teknoloji transferi ve ardıl uygulamalar sayesinde Avrupa endüstrisinin olanaklarını arttırmak olarak özetlenmektedir.

Günümüz itibariyle en gelişmiş nükleer füzyon reaktörü yapılandırması Tokamak olarak adlandırılmaktadır. Tokamak, ruşça kökenli bir kelime olup torus şekilli manyetik füzyon çemberinin tanımını oluşturmaktadır. Bilim adamları Tokamak'ta gaz üreterek füzyon reaktörlerinden on kat daha fazla ısı elde etmeyi başarmışlardır. Dünya füzyon enerjisi rekorunu elinde bulunduran Birleşik Avrupa

²⁴⁹ ITER, <https://www.iter.org/proj/inafewlines>, Erişim Tarihi (20.03.2018).

²⁵⁰ Fusion For Energy, , "Demonstration Power Plant", Understanding Fusion, <http://fusionforenergy.europa.eu/understandingfusion/demo.aspx>, Erişim Tarihi (12.03.2018).

²⁵¹ Avrupa Birliği Bakanlığı Resmi Sitesi, "Ufuk 2020", <https://www.ab.gov.tr/49614.html>, Erişim Tarihi (12.03.2018).

²⁵² European Commission, "Nuclear Fusion", Horizon 2020, <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/nuclear-fusion>, Erişim Tarihi (12.03.2018).

Torus'u JET'te gerçekleştirilen söz konusu üretim birkaç saniye boyunca sürse de bilim adamları megawattlarca güç üretmeye hâsıl olmuşlardır. JET'in de dahil olduğu yirmiden fazla füzyon laboratuvarında yapılan AR-GE çalışmalarında 2000'den fazla bilim adamı ve mühendis çalışmaktadır.²⁵³

Füzyon enerjisi tüm dünyanın enerji ihtiyacını sürdürülebilir bir şekilde karşılama potansiyeli barındırmaktadır. Latince "Yol" manasına gelen ITER füzyon deneylerinin yapıldığı uluslararası işbirliği ile kurulmuş bir tesistir. Dünyanın gelmiş geçmiş en büyük enerji projesi olan ITER, füzyon enerjisinin dünyanın artan enerji ihtiyacının karşılanmasında tercih edilebilir bir alternatif olduğunu kanıtlama gayesi gütmektedir.

2.4.3.1. Bir Avrupa Ortak Girişimi-JET:

Avrupa Birleşik Torusu füzyon enerjisinin barındırdığı güvenli, temiz ve teorik olarak sınırsız enerji potansiyelini araştırmak amacıyla kurulmuştur. Dünyadaki en büyük tokamak olan JET aynı zamanda çalışır durumdaki tek füzyon reaktörü ünvanını da taşımaktadır. Avrupa Füzyon Enerjisini Geliştirme Konsorsiyumu (EUROfusion) tarafından katkıda bulunan laboratuvarların etkili ve odaklanmış bir şekilde çalışabilmesi amacıyla gerekli ortam sağlanmaktadır.

JET tesislerindeki çalışmalar Avrupa Komisyonu ve Culham Füzyon Enerjisi Merkezi arasında yapılmış olan aynı katkı ilkesi esaslarına dayanan bir anlaşma çerçevesinde yürütülmektedir.

2.4.3.2. JET'in Varisi ITER:

Füzyon reaktörünün kurulmasında izlenecek yol haritası iki ana cihazdan geçmektedir. Reaktör ölçülerinde plazmanın hapsedilebilmesinin deneyleri uluslararası deney ITER ile test edilmektedir. ITER'de plazmaya verilenin on katı kadar bir enerji üretilmesi planlanmaktadır. Ancak ITER bir araştırma cihazı olduğundan şebekeye elektrik sağlaması söz konusu değildir. Ticari kullanımın yolu

²⁵³ Fusion for Energy, "Understanding Fusion," <http://fusionforenergy.europa.eu/understandingfusion/>, Erişim Tarihi (13.03.2018).

bir sonraki aşamada yapılması planlanan DEMO isimli ticari füzyon reaktörü ile açılacaktır.²⁵⁴

JET an itibariyle ITER'e en yakın cihaz olarak görülmektedir. Eşsiz donanımları sayesinde bir füzyon enerji reaktörünün nasıl çalıştığı hakkında derin bilgiler vererek ITER'in geliştirilmesindeki yol haritasının belirlenmesinde büyük katkı sağlamıştır. ITER'de uygulanan tasarımlar ve deneylerden elde edilen sonuçların tamamı JET'te yapılan öncül çalışmalar sayesinde gerçekleştirilmiştir.

26 AB üye devletine ek olarak Ukrayna ve İsviçre'den 30'dan fazla araştırma kuruluşu ile üniversitenin katılımıyla EUROfusion Konsorsiyumu Anlaşması imzalanmıştır. Ek olarak 150'den fazla diğer kuruluşun araştırmaya katkıları Konsorsiyum üyeleri aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. İspanya'da yapılanmış olan "Fusion For Energy" ile ortaklaşa olarak EUROfusion Fransa'daki Uluslararası ITER Organizasyonu'na katkı sağlamaktadır. EUROfusion, EURATOM adına araştırmaya maddi destek vererek gerekli ilişkileri sürdürmektedir.

"Füzyon Enerjisinin Anlaşılmasına Giden Yol Haritası"²⁵⁵ çerçevesinde EUROfusion araştırma çalışmalarına fon sağlamaktadır. 2050 yılına kadar füzyondan elektrik üretilmesi planlanmakta ve söz konusu direktif çerçevesinde gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. 2012 yılında Avrupa Füzyon Programı²⁵⁶ tarafından üstlenilen çalışmaların gerçekleştirildiği Avrupa Füzyon Geliştirme Anlaşması²⁵⁷ (EFDA) EUROfusion çatısı altında toplanmıştır.

Yaklaşık 30 yıl kadar önce bir grup gelişmiş devlet yeni, daha temiz ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı geliştirmek amacıyla mutabakata varmıştır. 1985 yılının kasım ayında Cenova Süper Kuvvet Zirvesi'nde Sovyetler Birliği Genel Sekreteri Gorbachev tarafından ABD Başkanı Reagan'a ortaklaşa geliştirilecek

²⁵⁴ JET, "Europe's Largest Fusion Device – Funded And Used In Partnership", <https://www.euro-fusion.org/jet/>, Erişim Tarihi (15.03.2018).

²⁵⁵ EUROfusion, "The Road To Fusion Electricity-Realising Fusion Electricity", <https://www.euro-fusion.org/eurofusion/the-road-to-fusion-electricity/>, Erişim Tarihi (20.03.2018).

²⁵⁶ B.J.Green, "The European Fusion Research and Development Programme and the ITER Project", *Journal of Physics: Conference Series*, vol:44, (2006), <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/44/1/001>, Erişim Tarihi (21.03.2018), s. 1–9.

²⁵⁷ Eurofusion, "Background – From EFDA to EUROfusion", <https://www.euro-fusion.org/newsletter/background-from-efda-to-eurofusion/>, Erişim Tarihi (21.03.2018).

uluslararası bir projede barışçıl amaçlarla kullanılmak üzere füzyon enerjisi teknolojisinin geliştirilmesi teklif edilmiştir. Bununla birlikte ITER projesi kabul edilerek harekete geçirilmiştir.

Bir yıl sonra anlaşmanın ayrıntıları belirlenmiş ve EURATOM aracılığıyla AB, Japonya, Sovyetler Birliği ve ABD'nin ortaklaşa çalışması ile geniş çaplı uluslararası bir füzyon tesisi için tasarımlar geliştirilmeye başlanmıştır. Konsept tasarım çalışmalarına 1988 tarihinde başlanmış olup ileri derecede detaylandırılmış mühendislik tasarım aşaması bu süreci takip etmiştir. Nihayetinde 2001 yılında tüm üyelerin onayı ile birlikte ITER projesinin inşasına başlanılmıştır.

Çin Halk Cumhuriyeti ve Güney Kore projeye 2003 yılında dâhil olmuştur, 2005 yılında ise Hindistan onları takip etmiştir. ITER için kurulumun nerede yapılacağı uzun süre tartışılmıştır ve AB'nin önerdiği Güney Fransa'daki Aix-en-Provence Bölgesi ortaklaşa karar ile kabul edilmiştir.

İlerleyen safhalarda görüşülen konular ise inşa, kullanım ve devreden çıkarma aşamaları hakkında gerçekleştirilirken bir yandan da finans ve personel konuları da ITER Organizasyonu'nun görüştüğü konular arasında yer almaktadır.

Fransız Cumhurbaşkanı Jacques Chirac ve Avrupa Komisyonu Başkanı M. Jose Manuel Durao Barroso tarafından ev sahipliği yapılan seremoni ile ITER Anlaşması Elysee Sarayı'nda 21 Kasım 2006 yılında yedi üye devletin başbakanlarının katılımı ile imzalanmıştır.²⁵⁸ ITER Anlaşması ile 24 Ekim 2007 tarihinde kurulum, işletim ve devreden çıkarma işlemlerinin uluslar üstü bir varlığa devredilerek resmîyet kazanması sağlanmıştır.

Çalışma alanının belirlenmesinden hemen sonra ilk ekipler 2005'in sonlarına doğru Saint Paul-lez-Durance'a hareket etmişlerdir. O andan 2010 yılında inşaatın başlamasına kadar geçen sürede çalışan sayısı 500'e yükselmiştir. Bu ana kadar

²⁵⁸ Ministry of Foreign Affairs of Japan, "Agreement on the Establishment of the ITER International Fusion Energy Organization for the Joint Implementation of the ITER Project", <https://www.mofa.go.jp/policy/treaty/submit/session166/agree-2-1.pdf>, Erişim Tarihi (20.02.2018).

nükleer lisanslama süreci başlatılmış, nükleer santral kurulum alanı ile ilgili çalışmalar tamamlanmış, her üye devletin yerel üretim ajansları kurulmuştur.²⁵⁹

Günümüz itibariyle AB, Çin, Hindistan, Japonya, Güney Kore, Rusya ve ABD'nin katılımıyla ITER'de, 2000'den fazla personel dünyanın en gelişmiş manyetik füzyon reaktörü ITER Tokamak'ının geliştirilmesi için çalışmaktadır.

²⁵⁹ ITER Official Page, "The ITER Story", <https://www.iter.org/proj/iterhistory>, Erişim Tarihi (26.03.2018).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

TÜRKİYE’NİN ENERJİ POLİTİKASI VE NÜKLEER ENERJİ

3.1.Türkiye’nin Enerji Profili ve Stratejisi

Türkiye, OECD devletleri arasında son 15 yıllık dönemde enerji talep artışının en yüksek olarak yaşandığı devlet konumunda bulunmaktadır.²⁶⁰ Bu durum başta petrol ve doğalgaz olmak üzere enerji ithalatına olan bağımlılığın artması sonucunu doğurmuştur. Türkiye’nin enerji talebinin yaklaşık %26’lık bir bölümü yerli kaynaklar ile karşılanabilmektedir.

Enerji Bakanlığı tarafından ortaya koyulan enerji stratejisinin temel unsurları 4 başlık altında toplanmıştır:

- Enerji talebinde yaşanan artış ve enerji ithalatına olan bağımlılık göz önüne alınarak, enerji güvenliği ve ilgili çalışmaların öncelikli olarak değerlendirilmesi,
- Sürdürülebilirlik çerçevesinde sera gazı salınımı gibi çevre ile ilgili problemlerin enerji temin sürecindeki her aşamada öncelikli olarak dikkate alınması,
- Gerekli reformların gerçekleştirilerek serbest piyasa koşulları çerçevesinde şeffaf ve rekabetçi bir enerji piyasasının kurularak üretkenliğin ve verimliliğin artırılması,
- Enerji teknolojileri hakkında gerçekleştirilen AR-GE çalışmalarına ağırlık verilmesidir.²⁶¹

Söz konusu unsurlar dikkate alınarak petrol ve doğalgazın tedarik sürecinde alım yapılan satıcıların ve (enerji boru hattı gibi) enerji aktarım rotalarının çeşitlendirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca yerli ve yenilenebilir enerji

²⁶⁰ World Energy Council, “Türkiye Enerji Piyasasının Görünümü”, <https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2017/10/turkiye-enerji-piyasasinin-gorunumu.pdf>, Erişim Tarihi (30.03.2018).

²⁶¹ Dışişleri Bakanlığı Resmi Sayfası, “Türkiye’nin Enerji Profili Ve Stratejisi”, http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa, Erişim Tarihi (01.04.2018).

kaynaklarından elde edilecek enerjinin piyasadaki payının artırılması amaçlanmaktadır. Enerji arz güvenliğinin sağlanabilmesi amacıyla yapılan bu çalışmalar AB ile senkronize bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

Enerji Bakanlığı bu çalışmaların yanında nükleer enerjinin de enerji buketine eklenmesi için gerekli çalışmaları yapmaktadır. Bu konuya yazının ilerleyen bölümlerinde ayrıntılı olarak değinilecektir.

Uluslararası arenada gelişmiş devletler incelendiğinde enerji konusunda uzun süreli ve başarılı politikalar geliştirdikleri gözlemlenmektedir. Enerji üretim faaliyetlerinin temel unsurlarının başında gelmektedir. Rakiplerine oranla enerji maliyetlerini düşürebilen devletler büyük avantaj elde etmektedirler.

Üretim maliyetlerinin düşürülmesi ve devletin rekabetçiliği konusunda yaptığı katkıların dışında enerji, aynı zamanda devletlerarası politik bir silah olarak da kullanılabilir. Son yıllarda bu durumun en belirgin hali Rusya cephesinde gözlemlenebilmektedir. Kendi çıkarlarıyla ters düştüğüne inandığı Doğu Avrupa devletlerine enerji konusunda yaptırımlar uygulamaktadır.²⁶²

Türkiye, jeolojik olarak enerji açısından zengin kaynaklara sahip olan Orta Asya, Kafkaslar, Karadeniz ve Ortadoğu'yu birleştiren bir konumda yer almaktadır. Dünyada var olan doğalgazın %71,8'inin, petrolün ise %72,2'sinin çıkartıldığı bir coğrafyada yer almasına rağmen enerji arzında dışa bağımlı bir görüntü sergilemektedir.²⁶³ Türkiye'nin enerji buketinde %40'lık bir oranla önemli bir yer tutan petrol büyük bir maliyet kalemi oluşturmaktadır. Petrol üretiminde sınırlı üretim kabiliyetine sahip Türkiye ihtiyacının büyük bir bölümünü ithalat ile karşılamaktadır. Petrol ithalatı yapılan devletlerin başlıcaları ise Suudi Arabistan, Irak ve İran'dan oluşmaktadır. Petrolden sonra en önemli enerji ithalatı kalemini ise doğalgaz oluşturmaktadır. Çevreye zararı petrole oranla daha düşük olan doğalgazın kullanımı artmakla birlikte petrol halen büyük önem arz etmektedir.

²⁶² Reuters, "Gazprom Sees Political Risk To Ukraine Gas Payments", <https://www.reuters.com/article/gazprom-ukraine/update-2-gazprom-sees-political-risk-to-ukraine-gas-payments-idUSLC31093620090912?pageNumber=1&virtualBrandChannel=0>, Erişim Tarihi (01.04.2018).

²⁶³ Sina Kısacık, , Enerji Nakil Hatları Çerçevesinde Türkiye-Azerbaycan İlişkileri, *Bilge Strateji*, 2009.

3.1.1. Milli Maden ve Enerji Stratejisi

Türkiye'nin tam ortasında yer aldığı bu önemli enerji koridorunda önceki bölümde bahsedildiği gibi hareketli bir dönem yaşanırken Enerji ve Milli Kaynaklar Bakanı Berat Albayrak tarafından 6 Nisan 2017'de "Milli Enerji ve Maden Politikası" çerçevesinde yürürlüğe giren yeni stratejilerin tanıtımı yapılmıştır. Bakan tarafından yapılan açıklamalar çerçevesinde yeni enerji politikalarının güçlü ekonomi ve ulusal güvenlik temelleri üzerinde şekillendirileceği ifade edilmektedir.

Yapılan tanıtım toplantısında yeni stratejinin üç temel ayağı olduğundan bahsedilmiştir. Bunlar arz güvenliği, yerlileştirme ve öngörülebilir piyasa olarak adlandırılmaktadır.²⁶⁴

Grafik 3. Milli Enerji ve Maden Politikası



²⁶⁴ Mehmet Kara, "İşte Türkiye'nin Yeni Enerji Stratejisi", *Dünya Gazetesi*, <https://www.dunya.com/sectorler/enerji/iste-turkiyenin-yeni-enerji-stratejisi-haberi-357149>, Erişim Tarihi (04.04.2018).

3.1.2. Arz Güvenliği

Milli Enerji ve Maden Politikası'nın üç temel ayağından birini oluşturan arz güvenliği kendi içinde beş başlık çerçevesinde ele alınmaktadır. Bu başlıklar; devlet ve kaynak çeşitlendirmesi, doğalgaz ve petrol depolama kapasitesinin artırılması için gerekli tesisler, doğalgaz temin kapasitesi, iletim ve dağıtım altyapısı ve enerji verimliliği olarak isimlendirilmektedir. Birçok başlık AB'nin enerji politikaları ile de örtüşmektedir.

Arz güvenliği konusunda çeşitli riskler barındıran mevcut durum doğalgaz ve petrolde %90 oranında dışa bağımlılığı doğurmuştur. Bu durum, bir de ithalatın yapıldığı kaynakların çeşitliliğinin az olması ile birleştğinde enerji temininde çeşitli riskler doğurmaktadır. Türkiye enerji talebini karşıladığı kaynakları çeşitlendirme politikasını gerçekleştirmek adına doğalgaz temin rotalarını çeşitlendirmek zorundadır. Hâlihazırda doğalgaz talebinin karşılanması adına Rusya'dan Mavi Akım ve Batı Hattı, Azerbaycan-BTE, Cezayir, Nijerya, Katar, İran ve ABD'den çeşitli miktarlarda doğalgaz alımı yapılmaktadır. Petrolde ise devletin ihtiyacının büyük bölümü Kerkük-Yumurtalık Boru Hattı²⁶⁵ aracılığıyla Irak, İran ve BTC ile Azerbaycan'dan temin edilmektedir.

Türkiye'nin enerji arzı güvenliğini arttırabilmek amacıyla başlattığı yatırım ve planlama aşamasında olan çeşitli projeler bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi kabul edilen TANAP'tır.²⁶⁶ Azerbaycan doğalgazını Avrupa'ya taşıyacak bu önemli projede Türkiye önemli bir rol oynamaktadır. 2018'in ortalarına doğru faaliyete geçmesi planlanan projeye ek olarak Rusya ve Türkiye'nin Türk Akımı Doğalgaz Boru Hattı Projesi²⁶⁷ de sürdürülmektedir. Türk Akımı Rusya'dan doğalgazın ithal edildiği Batı Hattı'na alternatif olarak devreye sokulacaktır.

²⁶⁵ Arzu Yorcan, "Kerkük-Yumurtalık Ham Petrol Boru Hattı ve Geleceği", BİLGESAM, (14.03.2008), <http://www.bilgesam.org/incele/1940/-kerkuk-yumurtalik-ham-petrol-boru-hatti-ve-gelecegi/#.WscakGdlLcs>, Erişim Tarihi (06.04.2018).

²⁶⁶ Nuray Erdoğan, "Tanap Projesinin Türkiye Ve Azerbaycan Enerji Politikalarındaki Yeri Ve Önemi" *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt-Sayı: 10(3), Yıl: Temmuz 2017, syf. 14.

²⁶⁷ Türkan Budak, "Türkiye'nin Enerji Politikasında Tanap ve Türk Akımı", *BİLGESAM Analiz/Enerji*, No:1364, 27 Mart 2017, s. 4.

Rusya dışında yıllardır en büyük petrol ithalatının yapıldığı Irak'tan ise Irak Kürt Bölgesel Yönetimi (IKBY) ile yapılan görüşmeler doğrultusunda Kuzey Irak Doğalgaz Hattı Projesi hayata geçirilmeye çalışılmaktadır. Ancak IKBY'nin referandum yapması gibi son dönemdeki gelişmeler sebebiyle Irak doğalgazı günümüz itibariyle askıya alınmış bir plan olarak karşımıza çıkmaktadır.²⁶⁸

Enerji kaynaklarını çeşitlendirme konusunda değineceğimiz son konu ise Doğu Akdeniz Doğalgaz Boru Hattı projesidir. Söz konusu hat ile Türkiye arz güvenliğini arttırmak amacıyla temin rotalarını çeşitlendirmek istemektedir.²⁶⁹ Ancak Akdeniz'deki petrol ve doğalgaz kaynaklarının paylaşılmasındaki uluslararası hukuk kuralları ve komşu devletlerin hak talepleri bu hattın geleceği hakkında soru işaretleri oluşmasına sebebiyet vermektedir.

3.1.3. Yerlileştirme

Enerjide yerli üretimin artırılması enerji ihtiyacının %70'ini dış kaynaklardan temin etmekte olan Türkiye gibi bir devletin çıkarları ile örtüşmektedir. Nüfus artışının hızlı bir şekilde gerçekleştiği Türkiye'nin söz konusu dışa bağımlılığı düşürmek adına yerli enerji üretim stratejileri geliştirmesi kaçınılmazdır.

Dışa bağımlılığın oluşturduğu riskler ekonomik ve siyasi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu risklerden kaçınmak adına geliştirilecek yerli enerji politikaları devletin siyasi gücünü arttırdığı gibi ekonomik olarak dış borçlanma yükünü de azaltacak potansiyel barındırmaktadır. Son yıllarda enerji konusunda Türkiye'de bilinçlenme artmıştır ve yerlileştirme politikaları aracılığıyla enerji yatırımları teşvik edilmektedir.

²⁶⁸ Guntay Şimşek, "Kuzey Irak'ın Enerjisini Unuttuk Mu?", *Habertürk*, 24 Ocak 2018, <http://www.haberturk.com/yazarlar/guntay-simsek-1019/1808790-kuzey-irakin-enerjisini-unuttuk-mu>, Erişim Tarihi (09.04.2018).

²⁶⁹ Erdal Tanas Karagöl, "Türkiye'nin Milli Enerji ve Maden Politikası", *2017'de Türkiye*, Setav Yayınları, Sayı:203, Haziran 2017, s. 12.

Doğal kaynaklar konusunda yenilenebilir enerji potansiyeli çok yüksek olan Türkiye'nin 2016 verilerine göre kurulu gücü 35 GW olarak hesaplanmıştır.²⁷⁰ Yerleşme stratejisi doğrultusunda 2023 yılı itibariyle yenilenebilir enerjinin pastadaki payının %30 olması planlanmaktadır.

Türkiye'nin konumu sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının yüksek potansiyelinden yukarıda bahsetmiştik. Söz konusu yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi potansiyeli ise diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının da önüne geçmektedir. Türkiye, Mart 2017 itibariyle toplamda yaklaşık olarak 1.000 MW kurulu güneş enerjisi kapasitesine sahiptir.²⁷¹

Güneş enerjisinin, toplam yerli enerji arzındaki payının artırılması amacıyla Konya-Karapınar bölgesinde Türkiye'de şimdiye kadarki en büyük kapasiteli güneş enerjisi santralinin ihalesi tamamlanmıştır. 1.000 MW kapasiteye sahip olacak olan santralin 600.000 hanenin elektrik ihtiyacını karşılayacağı tahmin edilmektedir.²⁷²

3.1.4. Öngörülebilir Piyasa

Öngörülebilir enerji piyasalarının oluşturulması kavramı Milli Enerji ve Maden Politikası'nın üçüncü eksenini tanımlamaktadır. Bu çerçevede doğalgaz ve elektrik piyasalarının geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu gelişimin başlangıcı enerji tedarik altyapısının iyileştirilmesi ile gerçekleştirilecektir. Sektörde faaliyet gösteren kurumlar da günümüz ihtiyaçları doğrultusunda yeniden yapılandırılmaktadır. Ayrıca etkin bir maden piyasasının oluşturulması öngörülebilir piyasa koşullarının sağlanmasında büyük önem arz etmektedir ve Enerji Bakanlığı'nca öncelikli olarak değerlendirilmektedir.

Son yıllarda endüstriyel gelişme hızı artan ve ekonomik büyüme yaşayan Türkiye'de enerji talebi gittikçe artmaktadır. Bunlara ek olarak nüfus artış hızı

²⁷⁰ Erdal Tanas Karagöl-İsmail Kavaz, "Dünyada Ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji", *Setav Yayınları*, Sayı: 197, Nisan 2017, s. 11.

²⁷¹ TEİAŞ, Kurulu Güç, "Yerli Enerji Kaynaklarına Ait Kurulu Gücün Türkiye Toplam Kurulu Gücü İçindeki Payının Yıllar İtibariyle Gelişimi (2000-2016)", <https://www.teias.gov.tr/i-kurulu-guc>, Erişim Tarihi (15.04.2018).

²⁷² "Karapınar YEKA ihalesi sonuçlandı", *Dünya Gazetesi*, <https://www.dunya.com/sectorler/enerji/karapinar-yeka-ihalesi-sonuclandi-haberi-354530>, Erişim Tarihi (15.04.2018).

yüksek olan Türkiye’de etkin bir enerji piyasasının oluşturulması, enerji stratejisinin belirlenmesinde önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Son 15 yılda özellikle ağırlıklı olarak enerji piyasası oluşturma amacı Milli Enerji ve Maden Politikası’nın öngörülebilir enerji piyasaları yaklaşımı ile yeni bir boyut kazanmıştır.

2000’li yıllar ile birlikte enerji piyasası oluşturulması kavramının önem kazanması ile birlikte ivme kazanan çalışmalar sektörde düzenleyici ve aktör olarak yer alan kamu kurum ve kuruluşlarının da değişim ve dönüşüme tabi olmasına sebep olmuştur. Örneğin, sektörde monopol aktör olarak 1970’li yıllardan bu yana yer alan Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) 1993 yılında yeniden düzenlemeye sokularak, Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ) ve Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş. (TEAŞ) olarak iki farklı kuruma ayrılmıştır. 2001 yılında ise TEAŞ’ın yapılandırılmasında değişikliğe gidilerek üretim faaliyetlerinin Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) bünyesine aktarılmasına, iletim ile ilgili görevlerin Türkiye Elektrik İletim A.Ş.’ne devredilmesine ve ticari faaliyetlerin Türkiye Elektrik ve Ticaret Taahhüt A.Ş. (TETAŞ) bünyesinde toplanmasına kanaat getirilmiştir. Yine 2001 yılında Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu (EPDK) kurularak Türkiye’nin elektrik piyasasına resmiyet kazandırılmıştır.²⁷³

3.2. Türkiye’de Kullanılan Enerji Kaynakları ve İthalatı

Kömür rezervlerinin kullanımı açısından vasat bir portre çizen, yenilenebilir enerji kurulumlarına çok müsait ve yoğun toryum rezervlerine sahip Türkiye’nin bu büyük potansiyelinin farkına varması son yıllarda gerçekleşmiştir.

Bu doğrultuda değerlendirilebilecek tüm rezervlerini kullanıma açan ve gerekli teşvikleri yürürlüğe koyan Türk Devleti, cari açıkta enerji kalemine ayrılan payı düşürmek gayesindedir.

²⁷³ Enerji Piyasaları İşletme A.Ş., “2016 - 2020 Stratejik Planı”, s. 17.

3.2.1. Kömür

Türkiye dünyada bulunan toplam linyit kömürü rezervinin yaklaşık olarak %3,2'sine sahiptir. Linyit, taşkömürüne oranla düşük kalorili olduğu için daha çok termik santrallerde kullanımı tercih edilmektedir. Devlet linyit rezervlerinin %46'sı Afşin-Elbistan bölgesinde yoğunlaşmış olup taşkömürü rezervinin ise önemli bir kısmı Zonguldak Havza'sından çıkartılmaktadır. Bölgedeki toplam rezerv 1,30 milyar ton olmak üzere görünür rezerv 506 milyon ton civarındadır.

Türkiye'nin 2015 rakamlarına göre toplam birincil enerji tüketimi 126,9 milyon ton eşdeğer petrol (MTEP) olmakla birlikte kömürün bu toplamdaki payı %27,3 gibi büyük bir orana denk gelmektedir. 2016 yılsonu değerleri gözlemlendiğinde kömüre dayalı santral kurulu gücü 17.316 MW olarak hesaplanmıştır. Bu değer toplam kurulu gücün %22,1'ine karşılık gelmektedir. Türkiye'nin kömüre dayalı birincil enerji üretiminin %12,1'i (9.437 MW) yerli kömürden, %10'luk kısmı (7.879 MW) ise ithal kömürden oluşmaktadır.²⁷⁴

Türkiye, elektrik üretiminde kömürü tamamına yakını ithal kaynaklı olarak elde edilen doğalgaza karşı yerli bir elektrik kaynağı olarak görmektedir. Bu çerçevede ETKB, 2023 itibariyle tüm linyit ve taşkömürü rezervlerinin enerji üretimine katılarak kullanıma dâhil edilmesini öngörmektedir. Termik santraller aracılığıyla elektrik üretiminin gerçekleştirileceği kömür rezervinin özel sektöre çeşitli teşvikler sağlanarak enerji piyasasında doğalgaz üzerinde oluşan baskıyı azaltması planlanmaktadır.

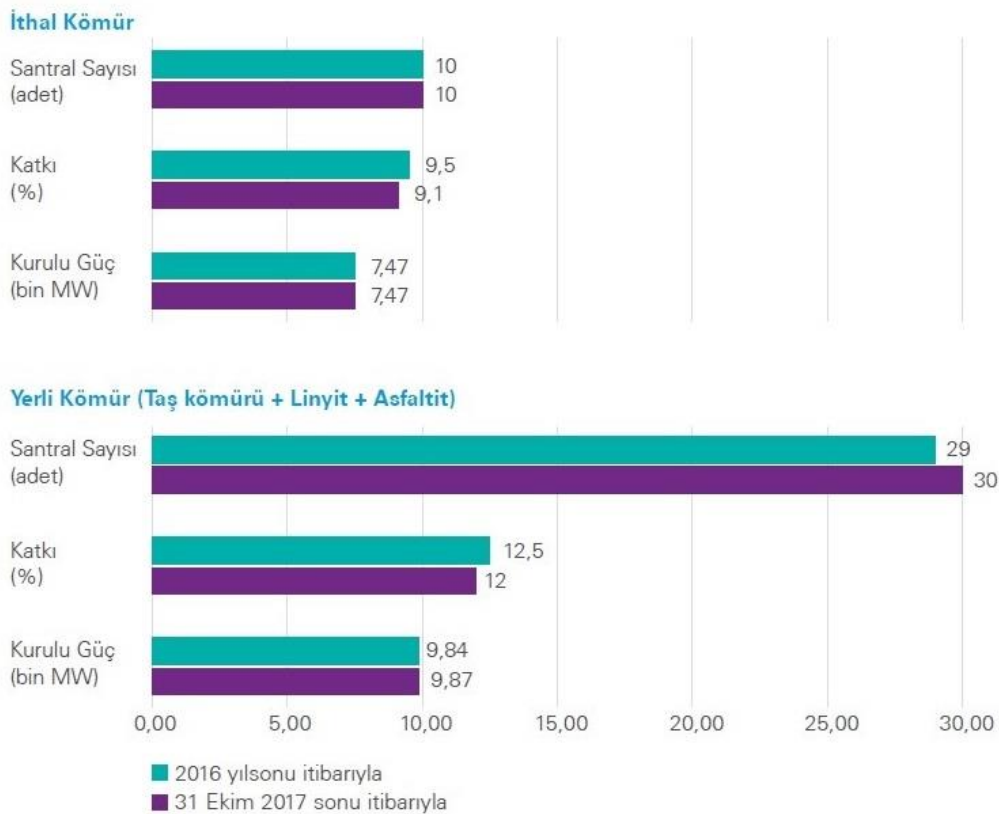
ETKB cephesinden yapılan açıklamalar doğrultusunda yeni bulunan kömür kaynakları ile birlikte 17 milyar tonun üzerinde gün yüzüne çıkartılmayı bekleyen rezervin devlet ekonomisine kazandırılması amaçlanmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken unsurlardan en önemlisi yabancı sermaye ve yabancı bankalar aracılığıyla kömür yatırımlarına yönelik sağlanacak finansmanın çeşitli mevzuat sorunları sebebiyle dış kaynaklarca çekincelere sebebiyet vereceğidir. Gerekli

²⁷⁴ ETKB, "Kömür", <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, Erişim Tarihi (14.05.2018).

yatırımların her ne kadar çevreci teknolojiler ile yapılması planlansa dahi finansmanın yabancı menşeli olarak temin edilemeyeceği öngörülmektedir.

Kömür yatırımlarında dış finansman problemlerinin yanında AB'ye enerji satılması hususunda rekabet edebilir bir kömür üretim yöntemi geliştirilmelidir. Ayrıca çevresel hususlarda son derece hassas olan AB'nin ağırlıklı enerji portföyünü yenilenebilir enerji çerçevesinde yapılandırdığını kabul edersek ilerleyen dönemlerde kömür menşeli elektriğe ambargo koyabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.²⁷⁵

Grafik 4. Kurulu Güç İçinde Kömür Enerjisinin Değişimi (2016-2017)



²⁷⁵ Mehmet Kara, “Yerli Kömür: Teşviklesek De Mi Yaksak? Yoksa Geleceğe Mi Saklasak?”, 01 Haziran 2018, <https://www.dunya.com/ekonomi/yerli-komur-tesviklesek-de-mi-yaksak-yoksa-gelecege-mi-saklasak-haberi-318544>, Erişim Tarihi (05.06.2018).

Kaynak: KMPG, “Dünyada ve Türkiye’de Eğilimler”, *Sektörel Bakış: Enerji 2018*, <https://home.kpmg.com/tr/tr/home/gorusler/2018/02/sectorel-bakis-2018-enerji.html> Erişim Tarihi (16.05.2018), s. 12.

Aralık 2017’de gerçekleştirilen “Yerli Kömür ve Eylem Planı Çalıştayı’nda” konuşma yapan Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanı Berat Albayrak, temiz ve çevreci enerji temini amacıyla santral dönüşümlerini tamamlamaları için termik santral işletmecilerine 2019’a kadar süre verildiğini açıklamıştır.

Daha önceki tecrübeler ile sabit olan görüş her santralin dönüşümü için farklı plan izleneceği yönünde oluşmaktadır. Yeniköy Kemerköy Termik Santrali için dönüşüm işlemleri başlatılmıştır. İşletmeci Limak Holding Yönetim Kurulu Başkanı Nihat Özdemir dönüşüm için harcanacak 260 milyon TL’nin sağlanacak verim artışı ile birlikte 1-2 yıl içerisinde finanse edileceğini öngörmektedir. Yaşanacak değişim ile toplum sağlığı açısından da önemli adımlar atılacağına dikkat çeken Özdemir halkı termik santraller ile ilgili bilgilendirmek amacıyla çeşitli çalışmalar da yapılacağını beyan etmiştir.²⁷⁶

Türkiye’nin yıllık olarak yaklaşık olarak 35-40 milyon tonluk kömür ithalatı bulunmaktadır. Bu rakamların aşağıya çekilmesi amacıyla yerli kömür üretiminin artırılması amacıyla hükümet çeşitli teşvik politikaları hazırlamaktadır. Yıllık olarak 700 bin ton kömür üretim hacmi bulunan Muzaffer Polat Grup, Amasya-Suluova ve Balıkesir-Kapsut’taki madenlerden yılda yaklaşık olarak 200-250 bin ton yerli kömür çıkartmaktadır. Amasya’da 250 bin ton kömür üretim kapasiteli yeni bir kömür ocağını faaliyete geçiren şirket yeni kömür yatakları aramak için sondaj çalışmalarına devam ederken çeşitli AR-GE projelerini de hayata geçirmektedir.

2018 yılında üretim miktarlarını arttıracaklarını beyan eden M. Polat Grup Yönetim Kurulu Başkanı Muzaffer Polat son bir yılda 1,4 milyar ton kapasiteli yeni kömür rezervinin keşfedildiğini beyan etmiştir. 350 milyar dolara yaklaşan bir milli

²⁷⁶ Özlem Doğaner, “Enerjide Dönüşüm ve İletişim Dönemi”, *Sabah Gazetesi*, 03 Aralık 2017, <https://www.sabah.com.tr/yazarlar/ozlemdoganer/2017/12/03/enerjide-donusum-ve-iletisim-donemi> Erişim Tarihi (17.05.2018).

kaynak söz konusu olduğunu söyleyen Polat yerli kaynaklardan yararlanmanın hayati önem taşıdığını öngörmektedir.²⁷⁷

Termik santral işletmeciliğinde pozitif yaklaşımda olan Polat Grup gibi şirketler mevcutken çevreye verdiği zararlar sürekli gündemde yer alan Afşin-Elbistan'da kurulu, A Termik Santrali gibi kuruluşlar da mevcuttur. Mart 2017 tarihinden beri elektrik üretimi gerçekleştirilmeyen santralin ilk ünitesi 33, diğeri ise 29 yaşındadır ve Türkiye'nin en eski termik santrali unvanına sahiptir. Yıllardır baca gazı arıtma tesis olmadığı için insanlara ve doğaya karşı birçok zarara sebep olan termik santralin kapsamlı bir revizyon ya da yeniden inşa edilmesi gerektiği öngörülmektedir.²⁷⁸ Bu iki örnekten de anlaşılacağı üzere enerji üretiminde üreticinin yaklaşımı sadece üretilen elektriğin maliyetini değil aynı zamanda karbon salınımı, çevre ve insan sağlığını da doğrudan etkilemektedir.

Son yıllarda ETKB bünyesinde gerçekleştirilen yerli enerji stratejisi çerçevesinde 8 bin MW elektrik üretim kapasitesine sahip olacağı öngörülen kömür sahalarının 30 yıllığına özel sektöre devredilerek ekonomiye kazandırılması planlanmaktadır. 2018 yılında 100 milyon tonluk üretim yapılması hedeflenmektedir. Yerli kömürün piyasadaki payı arttıkça cari açığındaki ithal enerjiye bağlı payın azalması öngörülmektedir. 2017 yılında ithal kömürün Türkiye'ye maliyetinin 3 milyar dolar civarında gerçekleştiği göz önüne alındığında yerli üretimin önemi bir kez daha anlaşılmaktadır. Ayrıca doğalgaz aracılığıyla elektrik üretimine oranla yaklaşık 18 kat daha fazla istihdam sağlayan kömür temelli elektrik üretiminin tercih edilebilirliği artmaktadır.

İstanbul Ticaret Odası Doğal ve İşlenmiş Katı Yakıt Meslek Komitesi Başkan Yardımcısı ve Meclis Üyesi Hüseyin Akaçeşme yaptığı açıklamada son yıllarda yoğun bir şekilde değerlendirmeye alınan yerli ve milli enerji politikaları çerçevesinde doğalgaz bağımlılığının %60 seviyelerine çekildiğini, planlanan çalışmalar doğrultusunda bu oranın %30 seviyelerine çekilmesinin öngörüldüğünü

²⁷⁷ CNNTürk, "2018 Yılı Türkiye İçin Maden Çağı Olacak" 04 Aralık 2017, <https://www.cnnturk.com/ekonomi/sirketler/2018-yili-turkiye-icin-maden-cagi-olacak>, Erişim Tarihi (17.05.2018).

²⁷⁸ "Özel Sektörde İlk Adım Atıldı, A Termik'ten Ses Soluk Yok", *Elbistan'ın Sesi*, 07 Aralık 2017, <http://www.elbistaninsesi.com/guncel/ozel-sektorde-ilk-adim-atildi-a-termikten-ses-soluk-yok-h50474.html>, Erişim Tarihi (17.05.2018).

ifade etmiştir.²⁷⁹ Kömür üretimi karbon salınımı sebebiyle doğaya karşı büyük tehlike arz etmekle birlikte doğru ve iyi niyetli çalışmalar ile ekonomik olarak cari açık üzerinde azaltıcı etkiler gösterebilmektedir. Bu noktada cari açığın enerji ayağında negatif yönlü bir etki gerçekleştirmek isteyen Türk Hükümeti çevresel sorunları da minimize etmek zorundadır. Ancak Çevresel Etki Değerlendirmeleri'nin (ÇED) teşvik olarak muafiyete maruz bırakılması aksini işaret etmektedir. Çevre mevzuatı hakkında gerekli gelişimin gösterilememesi ve mevcut standartların suiistimali durumları ile karşılaşıldığı bildirilmiştir.

CEE Bankwatch Network 2013 verilerine göre planlanan termik santral kurulumlarının ÇED hususunda yetersiz kaldığı gözlemlenmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı verilerine göre 1999'dan 2015'başlarına kadar ÇED raporları onaylanan 40'tan fazla kömür yakıtlı elektrik santrali ve bağlı tesisleri adına başvuru yapılan ÇED raporlarından reddedilen olmamıştır. Bu noktada 300 MWt altında işlem yapan kurulumların da ÇED Raporu sunumundan tamamen muaf olduklarını anımsatmak gerekmektedir. Ayrıca ilk kurulumu muafiyet koşullarına uygun olmakla birlikte daha sonra güç ilavesi ile limit üstüne çıkan santrallerin de söz konusu raporlama faaliyetinden bağımsız olduğu unutulmamalıdır. ÇED ile ilgili mevzuat AB uyum süreci sebebiyle değiştirilmiş ancak yapılan değişikliklerin amaca hizmet etmediği gözlemlenmektedir. Yapılan değişiklikler ile santralin kapatılmasına istinaden yapılacak söküm işlemlerinin de ÇED mevzuatı çerçevesinde değerlendirilmeyecek olmasıdır.²⁸⁰

3.2.2. Petrol

Petrol temel olarak hidrojen ve karbondan oluşmaktadır, içeriğinde az miktarda nitrojen, oksijen ve kükürt bulunur bu karmaşık bileşim doğada gaz, sıvı ve katı halde bulunabilmektedir. Gaz halindeki petrolü imal edilmiş gazdan ayırt edebilmek adına genel olarak doğalgaz tabiri kullanılmaktadır. Ham petrol ve

²⁷⁹ "3 Milyar Dolarlık İthalata Neşter", *Samsun Gazetesi*, 11 Aralık /2017, <https://www.samsungazetesi.com/son-dakika/3-milyar-dolarlik-ithalata-nester-h878250.html>, Erişim Tarihi (18.05.2018).

²⁸⁰ Sevil Acar, Lucy Kitson ve Richard Bridle, "Türkiye'de Kömür ve Yenilenebilir Enerji Teşvikler" The International Institute for Sustainable Development, GSI Report, Mart 2015, https://www.iisd.org/gsi/sites/default/files/ffsandrens_turkey_coal_tk.pdf, Erişim Tarihi (31.05.2018), s. 10.

doğalgazın temel bileşenleri hidrojen ve karbon olduğu için bunlar “hidrokarbon” olarak nitelendirilmektedirler.²⁸¹

2018 Şubat ayı verilerine göre bir önceki yılın rakamlarına oranla toplam petrol ürünleri ithalatı %2,54 artarak 2.745.876,045 tona ulaşmıştır. Ham petrol ithalatında %23,88’lik bir azalma yaşanmıştır. Toplam tüketim artarken ham petrol verilerindeki azalış petrokimya ürünlerinin üretiminin azaldığını göstermektedir.

Yine motorin türlerinin ithalatında %41,89’luk bir artış yaşanırken havacılık yakıtlarının ithalatı da %530 artarak 40.181,261 ton olarak gerçekleşmiştir. Bunun yanında motorin türlerinin ihracatı %92,15 azalarak 5.637,277 ton olmuştur.²⁸²

2014 yılsonu rakamlarına istinaden Türkiye birincil enerji tüketimi içinde petrolün payı %26,9 olarak yer bulmuştur. Petrol fiyatlarında yaşanan dalgalanmalar ve bölgesel istikrarsızlıklar enerji arz güvenliği konusunu dünya gündeminin üst sıralarına taşımıştır. Türkiye’nin petrol ihtiyacının büyük bölümünün ithal kaynaklardan temin edilmesi sebebiyle yeni hidrokarbon kaynaklarının keşfedilmesi ve değerlendirilmesine yönelik yatırımların öncelikli olarak tercih edilmesinin önemi aşikârdır. Yurtdışı ve yurtiçinde arama ve üretim faaliyetlerinde bulunan Türkiye Petrolleri bu açıdan stratejik bir öneme sahiptir.

1954 tarihinde 6327 sayılı özel hukuk hükümlerine tabi kanunla entegre ve özerk bir yapıya sahip Türk Petrolleri’nin hidrokarbon kaynaklarının aranması, keşfedilmesi ve üretilmesi sonucunda devlet ekonomisine kazandırmakla görevlendirilmiştir.

Türkiye’nin ham petrol tüketimi yine 2014 rakamlarına istinaden 23.257 ton olarak gerçekleşmiştir. Bu tüketimin %89,4’ü dış kaynaklardan karşılanmaktadır. Türk Petrolleri, Türkiye’de 1,33 milyar varil üretilebilir petrol rezervinin %63’üne ve 312 milyon varil kalan üretilebilir petrol rezervinin %82’sine sahiptir. Son on yıl içerisinde Türkiye’de gerçekleştirilen jeolojik saha faaliyetlerinin %90’ı, jeofizik saha faaliyetlerinin %83’ü, sondaj faaliyetlerinin %52’si ve ham petrol üretiminin

²⁸¹ ETKB, Petrol, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Petrol>, Erişim Tarihi (21.05.2018).

²⁸² T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, “Petrol Piyasası Sektör Raporu”, Şubat 2018.

%73'ü Türkiye Petrolleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Türk Petrolleri arama faaliyetlerini başta Güney Doğu Anadolu ve Trakya Bölgesi olmak üzere aranmamış basenler ve denizlerde de faaliyetlerini sürdürmektedir.²⁸³

Son 16 yılda petrol kanunu ile ilgili yapılan değişikliklerden bahsetmek gerekirse; 27 Şubat 2003 tarihinde kabul edilen 4817 sayılı “Yabancıların Çalışma İzinleri Hakkında Kanun” ile Petrol Kanunu değişikliğe uğramıştır. Yapılan değişikliğe istinaden petrol çıkarma izni olan hak sahiplerine ETKB ve İçişleri Bakanlığı'nın görüşü alınarak, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı'nca verilen izne tabi olarak yabancı idari ve mesleki personel çalıştırabilme imkânı tanınmıştır.

20 Aralık 2003 tarihinde yürürlüğe giren 5015 sayılı Petrol Piyasası Kanunu²⁸⁴ ile petrol üretimi ve rafinajı yapan, büyük miktarlarda depolama faaliyetlerinde bulunanların belge ifası Petrol Kanunu kapsamından çıkarılmıştır. Dağıtım, nakliye ve benzeri faaliyetlerde bulunanlar ve serbest kullanım gerçekleştirenler ise ilk kez yasal düzenleme kapsamına girmiştir.

17 Ocak 2007 tarihinde TBMM Sanayi, Ticaret, Enerji, Tabii Kaynaklar, Bilgi ve Teknoloji Komisyonu'nda taslak çalışmaları tamamlanan 5574 sayılı yeni Türk Petrol Kanunu TBMM Genel Kurulu'nda kabul edilmiş ve dönemin Cumhurbaşkanı A. Necdet Sezer tarafından biri geçici dört maddesi yeniden görüşülmek üzere TBMM'ye geri gönderilmiştir. Komisyon'da bir maddesi çıkartılarak yeniden kabul edilen kanun yeniden kabul edilerek TBMM Genel Kurulu'na gönderilmiştir. Kanun Şubat 2007 tarihinden beri TBMM gündeminde bekletilmektedir.

2007 tarihinden itibaren çalışmaları sürdürülen 6491 sayılı yeni Türk Petrol Kanunu 30.05.2013 tarihinde resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Yeni kanun çerçevesinde arama ve işletme faaliyetlerine dair ruhsat süreleri uzatılmıştır. Arama ruhsatı sahiplerinden “Devlet Hakkı” alınması sonlandırılarak acele

²⁸³ Türkiye Petrolleri, “Dünyada ve Türkiye’de Petrol” <http://www.tpao.gov.tr/tp5/?tp=m&id=75>, Erişim Tarihi (21.05.2018).

²⁸⁴ F. İlker Kıl, “Akaryakıt Piyasasında EPDK Tarafından Uygulanan İdari Yaptırımlar Üzerine Genel Bir Değerlendirme”, Enerji Piyasaları ve Politikaları Enstitüsü, 12 Mayıs 2014, <http://www.eppen.org/index.php?sayfa=Yorumlar&link=&makale=61>, Erişim Tarihi (05.06.2018).

kamulaştırma olanağı yaratılmıştır. Ayrıca petrol bulgusu tespit edilmemiş veya geleneksel olmayan yöntemlerin uygulanması hususunda bakanlık takdirinin yeterli olacağı karara bağlanmıştır.²⁸⁵

Petrol-İş tarafından hazırlanan raporun sonuç cümlesinde ise Yeni Türk Petrol Yasası ile petrol arama ve üretim faaliyetlerini yürüten TPAO'nun etkisi azaltılarak yerli ve özellikle yabancı sermayenin önü açıldığı vurgulanmıştır. Çok stratejik bir sektör olan petrolde devlet kontrolünün tasfiye edilmek istendiği görüşü savunulmuştur.²⁸⁶ Türkiye Hükümeti devlet çıkarları hakkında derinlemesine analizler sonucu kararlar almakla mükelleftir. Her ne kadar yenilenebilir enerji ve nükleer enerji teknolojileri konusunda gelişmeler sağlansa da petrol halen dünya çapında en yaygın enerji çeşitlerinden birisini oluşturmaktadır. Günümüzde halen petrol kaynakları hakkında söz sahibi olmak isteyen güçler birbirleriyle çatışırken devlet kaynakları üzerinde devlet kontrolünün azaltılmasının kamu yararına olup olmayacağı çok iyi tartılması gereken bir konu olarak önemini korumaktadır.

3.2.3. Hidro-Elektrik

Hidroelektrik santralleri, karbon salınımı konusunda alternatiflerine oranla avantajlı olduğu ve daha az risk taşıdıkları için tercih edilmektedir. Hidroelektrik santraller yakıt gideri olmayan, uzun ömürlü ve işletme gideri çok düşük olan yenilenebilir ve yerli bir kaynaktır.

Ekonomik ömürlerinin uzun olması sebebiyle büyük avantaja sahip olan hidroelektrik enerji santralleri ayrıca işletme ve bakım maliyetlerinde rakiplerine oranla daha uygun seviyelerde yer almaktadır. Geri ödeme sürelerinin kısalığı da (5-10 yıl) bir diğer avantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Verimlilikleri %90'ın üzerinde olan hidroelektrik santraller ayrıca işletmede esneklik ve kolaylık sağlayarak pik talepleri karşılamakta yüksek başarı göstermektedir. Hidroelektrik

²⁸⁵ Petroform, "Türkiye'de Petrol Üretimi", <https://www.petroform.org.tr/arama-uretim-sektoru/turkiyede-petrol-uretimi/>, Erişim Tarihi (21.05.2018).

²⁸⁶ Petrol-İş, "Türkiye'de Petrol", Türkiye'de Petrol Sektörü Ve TPAO, <https://petrol-is.org.tr/sites/default/files/ek2-petrol-sektoru-tpao.pdf>, Erişim Tarihi (22.05.2018).

santrallerden enerji temininde dışa bağımlılık bulunmamaktadır. Bu durum enerjide bir sigorta görevi görmektedir.²⁸⁷

Türkiye'nin teorik hidroelektrik potansiyeli tüm dünyanın %1 ve Avrupa ekonomik potansiyelinin %16'sını oluşturmaktadır. Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelinin en önemli unsurlarından olan hidroelektrik teorik potansiyeli 433 milyar kWh olup teknik değerlendirilebilir potansiyeli 216 milyar kWh ve ekonomik hidroelektrik potansiyeli 140 milyar mWh/yıl olarak hesaplanmıştır.²⁸⁸

2017 yılı sonu itibarıyla Türkiye'nin işletmede bulunan kurulu hidroelektrik gücü 27.273 MW'a ulaşmıştır.²⁸⁹ 628 adet HES Türkiye'nin toplam kurulu gücünün yaklaşık olarak %32'sine denk gelmektedir. 2017'de 58,5 milyar kWh olarak gerçekleşen elektrik üretiminin %19,8'i hidroelektrik kaynaklar aracılığıyla temin edilmiştir.

Türkiye'nin enerji portföyünde önemli bir yer tutan hidroelektrik santraller büyüklü küçüklü olarak devletin çeşitli bölgelerine yayılmıştır. Büyük marjlı enerji temin edilebilen hidroelektrik santrallerin en önemlileri Fırat Havzası üzerinde kurulmuştur.

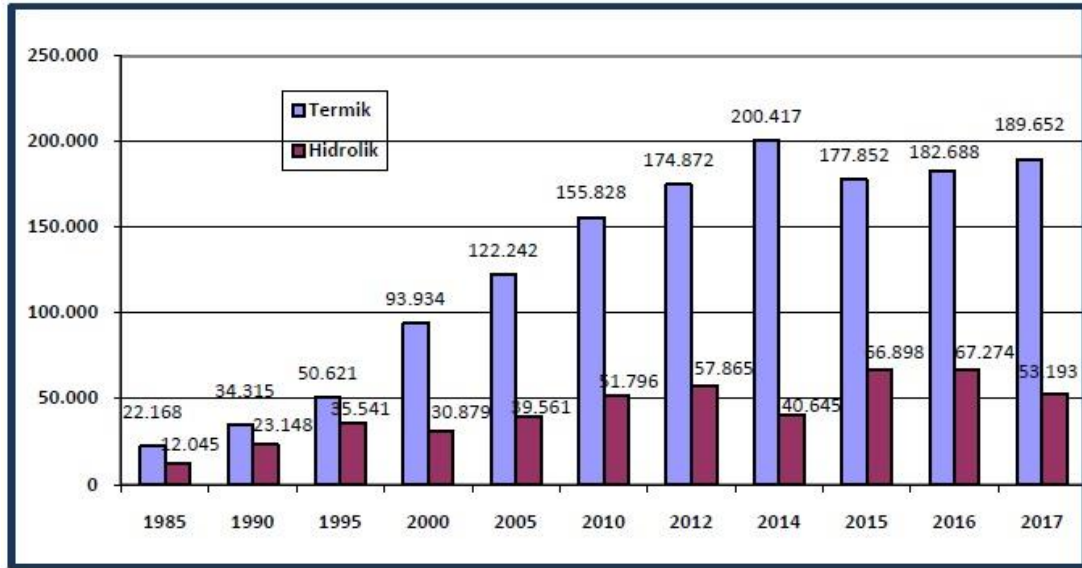
Türkiye için büyük önem taşıyan hidroelektrik enerjinin en önemli santrallerinin başında Atatürk, Keban ve Karakaya Barajları gelmektedir. Atatürk Barajı ve Hidroelektrik Santrali Şanlıurfa'ya bağlı Bozova ilçesinde bulunmaktadır. Fırat Nehri üzerine kurulu Atatürk Barajı ve HES kamuya ait olup EÜAŞ tarafından işletilmektedir.

²⁸⁷ Süleyman Bozkurt-Rıfat Tür, "Dünyada ve Türkiye'de Hidroelektrik Enerji, Gelişimi ve Genel Değerlendirme", 4. Su Yapıları Sempozyumu, http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/17665_46_27.pdf, Erişim Tarihi (23.05.2018), s. 325.

²⁸⁸ ETKB, Hidroelektrik, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Hidrolik>, Erişim Tarihi (22.05.2018).

²⁸⁹ Enerji Atlası, Hidroelektrik Santraller, <http://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/>, Erişim Tarihi (22.05.2018).

Grafik 5. 1985-2017 Yılları Arasında Türkiye Termik-Hidrolik Santrallerinde Elektrik Üretimini Gelişimi (GWh)



Kaynak: Şayende Yılmaz, “Türkiye Hidroelektrik Potansiyeli Ve Gelişme Durumu”, Türkiye’nin Enerji Görünümü, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/EnerjiGorunumu2018_2_0.pdf, Erişim Tarihi (22.05.2018), s. 321.

2.405 MWe kurulu güce sahip santral Türkiye’nin en büyük ikinci enerji santralidir. Aynı zamanda Türkiye’nin en büyük hidroelektrik santrali de olan kuruluş ortalama 6.952.157.613 kilovatsaat elektrik üretimi gerçekleştirmektedir. Bu miktar 2.100.350 kişinin (metro ulaşımı, resmi daire kullanımları, konut tüketimi, çevre aydınlatması ve sanayi gibi) ihtiyaç duyduğu tüm elektrik enerjisi miktarına denk gelmektedir. Sadece konut tüketimi bazında hesaplandığında ise 2.207.034 kişinin günlük gereksinimlerini karşılayabilmektedir.²⁹⁰

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) çerçevesinde inşa edilen Atatürk Barajı ve HES GAP’ın “Aşağı Fırat” ayağını oluşturmaktadır. Adıyaman ve Şanlıurfa il sınırında bulunan Atatürk Barajı ve HES’in 30 Ağustos 1990 yılında gövde dolgusu tamamlanmıştır. 13 Ocak 1991 yılında su tutulmaya başlanılan barajda 8 adet düşey

²⁹⁰ Enerji Atlası, “Atatürk Barajı ve Hidroelektrik Santrali (HES)”, <http://www.enerjiatlasi.com/hidroelektrik/ataturk-baraji.html>, Erişim Tarihi (29.05.2018).

eksenli Francis tipi türbin bulunmaktadır. İlk ünitesi 16 Temmuz 1992'de faaliyete geçen santral tam kapasite çalışmaya ise 1 Aralık 1993 tarihinde başlamıştır.

Atatürk Barajı'nın işletmeye uygun minimum su kotu 526 metredir. Söz konusu seviyede baraj gölünde birikmiş su miktarı 37,6 milyar m³'tür. Baraj gölünün elektrik üretim faaliyetine en uygun maksimum kapasitesi ise 542 metredir. Bu seviyede baraj gölünde 48,8 milyar m³ lük su bulunmaktadır. Elektrik üretimi için en uygun faydalı su miktarı ise 11.169.754.000 m³ olarak tespit edilmiştir.

Fırat Nehri üzerinde Suriye topraklarında 824 MW kurulu güce sahip Tabka Barajı²⁹¹ ve Irak topraklarında 660 MW kurulu güce sahip Haditha Barajı bulunmaktadır.

3.2.4. Doğalgaz

Türkiye coğrafi konumu bakımından doğalgaz üretiminin yapıldığı Ortadoğu, Hazar Bölgesi, Rusya ve Orta Asya gibi doğalgaz rezervleri bakımından zenginliği kanıtlanmış arz bölgeleri ile başta AB olmak üzere doğalgaz ithalatına olan bağımlılığın yüksek olduğu talep bölgeleri arasında stratejik bir konumda yer almaktadır.

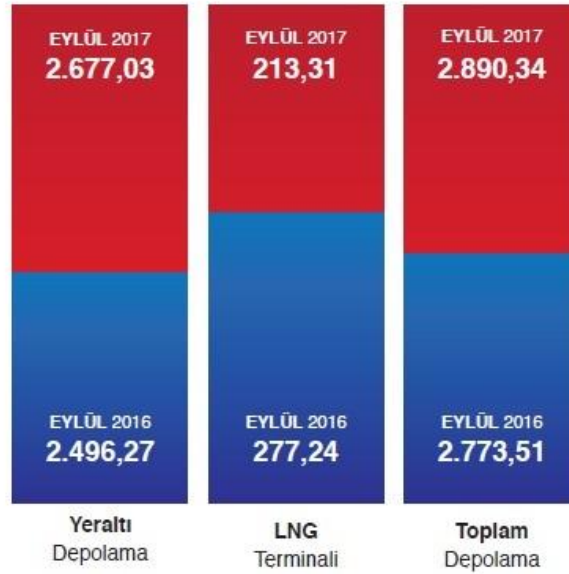
Azerbaycan'dan doğalgazı Avrupa'ya aktaracak olan TANAP gibi önemli bir projenin büyük bir kısmının geçiş rotasında olan Türkiye arz ve talep bölgeleri arasındaki bağlayıcı konumu sebebiyle önemli bir noktada yer almaktadır. OECD devletleri bazında 2010 yılından bu yana en yüksek enerji talep artış hızına da sahip olan Türkiye enerji arz güvenliğini sağlayabilmek adına geçiş devleti pozisyonunu sağlamlaştırma politikası izlemektedir.

2015 yılı itibariyle hidrokarbon ürünlerinin fiyatlarında yaşanan düşüşler sebebiyle Türkiye gibi ithalatçı devletlerin hidrokarbona harcadıkları bütçe azalma

²⁹¹ Encyclopædia Britannica, "Euphrates Dam", <https://www.britannica.com/topic/Euphrates-Dam>, Erişim Tarihi (29.05.2018).

göstermiştir. Cari açık 2015 yılında yaşanan fiyat düşüşleri sebebiyle bir önceki yıla oranla %26 daralarak 32,19 milyar \$'a gerilemiştir.²⁹²

Grafik 6. Türkiye Doğalgaz Depolama Kapasitesi 2016-2017 Değişim



Kaynak: GazBir, Doğalgaz Sektör Raporu, Eylül 2017, s. 6.

2017 yılının Eylül ayının rakamlarına göre 2016 yılının aynı dönemine oranla doğalgaz stoklarında %4,21 seviyesinde bir artış gerçekleşmiştir. Ayrıca yeraltı depo stoklarında %7,24'lük bir artış gözlemlenirken bir önceki yılın rakamlarına oranla LNG terminallerinde mevcut stok oranı %23,06 olmuştur. Stoklama oranları bir devletin enerji arz güvenliğini doğrudan etkileyen bir faktör olduğu için devletler stok seviyelerini maksimize etmek için çaba sarf etmektedir.

Türkiye'nin doğalgaz ile ilgili tarihçesinden bahsetmek gerekirse 1986 yılında BOTAŞ tarafından o zamanki SSCB'ye ait Soyuzgazexport Şirketi ile yapılan 25 yıl boyunca geçerli olacak doğalgaz alım anlaşmasına dönmek

²⁹² Türkiye Petrolleri, Ham Petrol ve Doğalgaz Sektör Raporu, "Türkiye'de Petrol Ve Doğal Gaz Sektörünün Görünümü" Mayıs 2016, s. 24.

gerekmektedir. Yapılan anlaşma ile Türkiye’de doğalgaz taşımacılığı ve ticaretinin ilk adımları atılmış olup 1987 yılında fiili olarak doğalgaz ithalatına başlanmıştır.²⁹³

Enerji arz güvenliği unsurlarından kaynak çeşitlendirmesini gerçekleştirmek amacıyla 1988 yılında Cezayir ile LNG alım anlaşmasına varılmıştır. 1994 yılına gelindiğinde ise Marmara Ereğlisi’nde devletin ilk LNG Terminali’nin kurulumu tamamlanarak işleme başlanmıştır. 1995 yılında Nijerya ile bir LNG alım anlaşması karara bağlanmıştır. Yapılan anlaşma 22 yıl boyunca geçerli olacak şekilde tertip edilmiştir.²⁹⁴

Bunlara ek olarak İran ile 1996 yılında bir doğalgaz alım anlaşması gerçekleştirilmiştir. 1997’de ise Karadeniz üzerinden gelen Mavi Akım Projesi çerçevesinde 25 yıllık bir anlaşma imzalanmıştır.²⁹⁵ Söz konusu anlaşma 25 yıl boyunca sürecek şekilde düzenlenerek 2003 yılında fiilen devreye girmiştir. Yapılan bu anlaşma ile birlikte Türkiye doğalgaz temin ettiği anlaşma sayısını dörde çıkartmıştır. Bu durum enerji arz güvenliğinin çeşitlendirilmesi adına önemli bir adım sayılmaktadır.²⁹⁶

Türkiye, 1998 yılına gelindiğinde daha önceden doğalgaz anlaşmasına sahip olduğu Rusya ile yeni bir anlaşma yaparak Batı Hattı üzerinden 25 yıl boyunca devam edecek bir protokol imzalamıştır.

2001 yılında ise Azerbaycan ile 15 yıl sürecek bir doğalgaz alım anlaşması gerçekleştiren Türkiye aynı yıl içerisinde Türkiye Doğalgaz Piyasası’nın liberalleşmesi amacıyla bir kanun çıkartarak resmi gazetede yayımlamıştır. Kanunun yürürlüğe girmesi ile birlikte Enerji Piyasası Denetleme Kurumu’nun katkılarıyla şehir için doğalgaz dağıtım ihale süreçleri hızlandırılmıştır. 2004 yılında BOTAŞ iletim şebekeleri üçüncü taraf erişimine açılmıştır. 2005 yılına gelindiğinde ilk

²⁹³ Hakan Keskin, *Stratejik Açından Avrupa Birliği Enerji Politikası Ve Uluslararası Güvenlik Sistemine Etkisi*, (T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Avrupa Birliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi), İzmir 2006, s. 282.

²⁹⁴ Okan Yardımcı, “Türkiye Doğal Gaz Piyasası: Geçmiş 25 Yıl, Gelecek 25 Yıl”, *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, Cilt 3, No 2, 2011, s. 160.

²⁹⁵ “İşte Mavi Akım Protokolü”, *Hürriyet Gazetesi*, 12 Kasım 1999, <http://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/iste-mavi-akim-protokolu-39112997>, Erişim Tarihi (30.05.2018).

²⁹⁶ Kibar Enerji, “Türkiye’de Doğal Gaz Piyasası’nın Tarihçesi”, <https://www.kibarenerji.com/Bilgi-Bankasi/Dogalgazin-tarihcesi.aspx>, Erişim Tarihi (31.05.2018).

kontrat devir ihalesi gerçekleştirilmiştir. 2007 yılında ise ilk kontrat devir anlaşması imzalanarak iletim şebekesine üçüncü tarafların erişimi hayata geçirilmiştir. 2007 ve 2009 yılları arasında 4 bcm²⁹⁷ kapasiteli kontrat devri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yine 2007 yılında BOTAŞ tarafından Yunanistan'a ilk doğalgaz ihracatı sağlanarak bir ilke imza atılmıştır.

2009 yılına gelindiğinde Egegaz Aliğa LNG Terminali ek bir gaz kaynağı olarak ithalata başlamıştır. 2009 yılı içerisinde LNG terminallerine üçüncü taraf erişimine ilişkin yönetmelik EPDK tarafından yayımlanmıştır. 2010 yılında kurum tarafından onaylanarak yürürlüğe girmiştir.²⁹⁸

2011 yılında BOTAŞ Batı Hattı üzerinden Gazprom Export ile yıllık 6 milyar metreküp kapasiteli gaz alım sözleşmesini uzatmayarak doğalgaz piyasasında özel sektörün önünü açmıştır. 2013 yılında söz konusu kapasite tamamen özel sektöre devredilerek piyasa liberizasyonu arttırılmıştır.

3.2.5. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji doğada sürekli olarak devam eden enerji akışının değerlendirilmesi ile elde edilmektedir. Güneş, rüzgâr, hidrolik, biokütle ve jeotermal enerji kaynakları en çok tercih edilenleri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yenilenebilir enerji çoğunluklu olarak herhangi bir üretim faaliyetine gereksinim duymamaktadır. Fosil kaynaklı enerji üretim metotları gibi karbon bazlı değillerdir. Bu sebeple karbondioksit üretimleri ya çok düşüktür ya da hiç bulunmamaktadır. Ayrıca konvansiyonel enerji üretim sistemlerine oranla çevreye etkileri çok daha düşüktür. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemli özelliği doğada kaybolmadan kendilerini yenileyebilmeleridir.

Türkiye Cumhuriyeti’nin kuruluşunun 100. Yılı ve orta vadeli tahminlerde belirtildiği üzere 2023 hedeflerine istinaden hükümet enerji buketinde yenilenebilir

²⁹⁷ 1 bcm gaz, 678.000 ton gaza eşittir.

²⁹⁸ PWC, “Infrastructure Constraints”, *Liberalising Natural Gas In Turkey*, Şubat 2014, <https://www.pwc.com.tr/tr/sectorler/enerji-altyapi-madencilik/yayinlar/dogal-gaz-piyasasi-raporu.html>, Erişim Tarihi (31.05.2018), s. 10.

enerjinin payının %30 olmasını hedeflemektedir. 2014 rakamlarına göre 28 GW kapasitesi ve 2015 yılındaki %32,3'lük oranıyla²⁹⁹ söz konusu hedefin yakalanabileceği anlaşılmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)³⁰⁰ tarafından gerçekleştirilen projeksiyon çerçevesinde Türkiye'nin 2014-2020 yılları arasındaki dönemde normal koşullarda yenilenebilir kapasitesini 12 GW arttıracığı öngörülmektedir. IEA'ya göre eğer yenilenebilir enerji konusuna daha yoğun bir ilgi gösterilirse bu kapasitenin 13.2 GW'a yükseltilebileceği düşünülmektedir.

2020 yılı itibariyle IEA Türkiye'nin yenilenebilir enerji kapasitesinin en az 40 GW olacağı kanaatindedir. Gelecek on yıllık periyotta elektrik talebinde yaşanabilecek düşüşler sebebiyle Türk hükümeti enerji bütçesinde yenilenebilir enerjinin payını arttırmak için çeşitli düzenlemeler yapmayı tercih edebilecektir. Türkiye, orta vadeli olarak yenilenebilir enerji ile ilgili kurumların yıllık olarak arttığı Avrupa'daki tek OECD üyesidir. IEA'ya göre Türk hükümeti 2023 yerine 2030 yılı bazlı hedefler koyarak orta dönem olan planlamalarını daha uzun bir dönemde gözlemlene şansı bulacaktır.³⁰¹

ExxonMobil tarafından hazırlanan "Outlook for Energy" isimli rapor 2040 yılına kadar geçecek olan sürede gerçekleşecek değişimi incelemiştir. Rapora göre, Paris İklim Anlaşması çerçevesinde sera gazı salınımlarını azaltmak dünya çapında bir değişime sebep olacaktır. Düşük karbonlu kaynaklar ve özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının payının tüm dünyada artacağı vurgusu yapılmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları ve nükleer enerji önümüzdeki yıllarda büyük bir atak göstererek temel enerji temin yöntemleri olacaktır. Bu noktada yenilenebilir enerjinin büyümesine engel olabilecek yegâne faktör olarak aralıklı üretim gerçekleştirilmesi işaret edilmektedir.

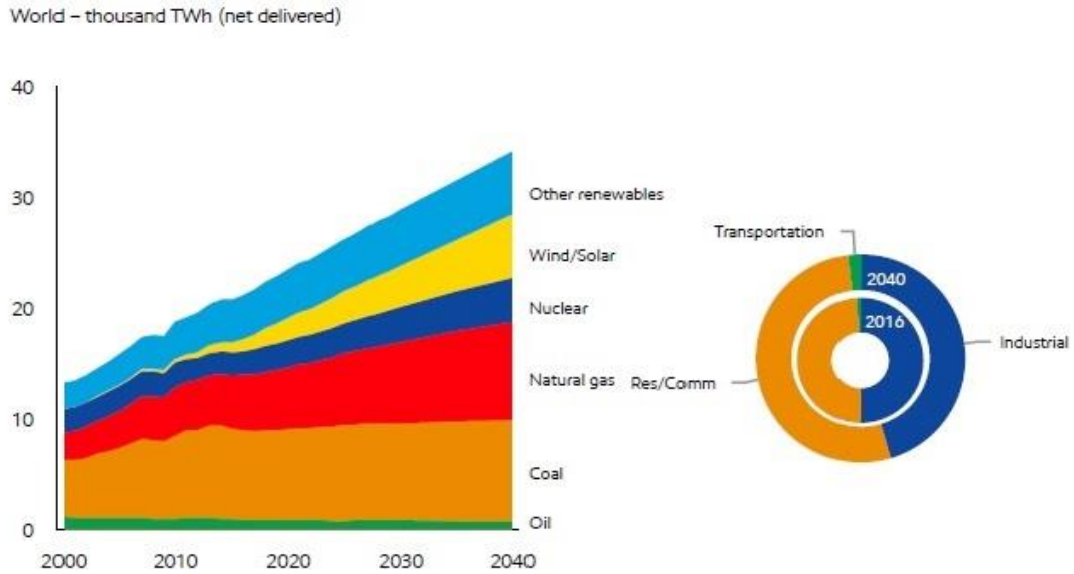
²⁹⁹ IEA, "Executive Summary And Key Recommendations", Energy Policies of IEA Countries 2016 Review:Turkey, <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EnergyPoliciesofIEACountriesTurkey.pdf>, Erişim Tarihi (05.06.2018), s. 10.

³⁰⁰ International Energy Agency, <https://www.iea.org/about/>, Erişim Tarihi (05.06.2018).

³⁰¹ IEA, "World Energy Outlook 2017", http://iicec.sabanciuniv.edu/sites/iicec.sabanciuniv.edu/files/WEO_2017_Yonetici_Ozeti.pdf, Erişim Tarihi (22.01.2018).

Her ne kadar dünyanın büyük kısmında önemini koruyacak olsa da kömürün enerjideki önemini yenilenebilir kaynaklara devredeceği öngörülmektedir. Özellikle güneş ve rüzgâr enerjisinde %400'e denk gelen bir artışın gözlemlenmesi beklenmektedir. Küresel elektrik arzında güneş ve rüzgâr enerjisi ile temin edilen oranın 2040 yılı itibariyle üç katına çıkması beklenmektedir. Bu etkiyle elektrik üretimi sebebiyle meydana gelen karbondioksit salınımı %30 düşüş gösterecektir.

Grafik 7. Elektrik Kaynak Değişimi



Kaynak: ExxonMobil, “2018 Outlook For Energy Outlook For Energy Charts”, http://corporate.exxonmobil.com/en/energy/energy-outlook/charts/demand_electricity-sources-shift, Erişim Tarihi (06.06.2018).

Türkiye aynı AB gibi doğalgaza olan bağımlılığını yenilenebilir enerji ile giderme yolunda ciddi adımlar atmalıdır. Coğrafi olarak AB'ye oranla daha avantajlı olan Türkiye gerekli teknolojik gelişmeleri göstererek hem arz güvenliğini arttıracak hem de AB süreci ile ilgili olarak enerji fasılasını tamamlayabilecektir. Türk yöneticiler enerji ihtiyaçlarının giderilmesinde dışa bağımlılığın şiddetini düşürmek istiyorlarsa aynı AB gibi yenilenebilir enerji konusundaki AR-GE çalışmalarına ciddi teşvikler ayırmalıdır.

3.3. Türkiye’de Nükleer Enerji

20. yüzyılın ortalarından itibaren nükleer enerjiye heves eden Türkiye’nin nükleer enerji santrali kurma hayali bazen ekonomik bazen de politik sebeplerden ötürü yakın geçmişe kadar gerçekleşmemiştir.

Yakın zamanda imzalanan nükleer santral anlaşmalarına istinaden gerekli çalışmalara başlanmış olmasına rağmen nükleer enerji santralinin işletmesi, sigortalanması ve atık yakıt bertarafına ilişkin çeşitli soru işaretleri bulunmaktadır.

3.3.1. Türkiye’de Nükleer Enerjinin Geçmişi ve Yeni Projeler

1955 yılında “Atom Enerjisinin Barışçıl Amaçlarla Kullanılması” maksadıyla 1.Cenevre Konferansı toplanmıştır. Konferans öncesi ABD, SSCB, İngiltere ve Fransa gibi nükleer bilimde gelişmiş devletler konuyla ilgili yaptıkları çalışmaları gizli tutmuşlardır. 1.Cenevre Konferansı çerçevesinde askeri nedenlerle gizli tutulan pek çok bilgi açıklanmıştır. Konferans sonrası yapılan araştırmalar ve gelişmeler çok daha geniş bir ilgi kitlesiyle buluşturularak nükleer bilimin gelişmesinde büyük rol oynamışlardır.³⁰²

Türkiye’nin de katıldığı konferans sonucunda 1956 yılında 6821 sayılı yasa ile birlikte Başbakanlık’a bağlı olarak Ankara’da Atom Enerjisi Komisyonu Genel Sekreterliği kurulmuştur. (1982 yılında çıkartılan 2690³⁰³ sayılı diğer bir yasa ile de oluşumun ismi değiştirilerek Türkiye Atom Enerjisi Kurumu adı altında ve bu sefer direk olarak Başbakan’a bağlı olarak yeniden yapılandırılmıştır.)

1956 yılında 270.000 \$’lık başlangıç bütçesi ile İstanbul’da Küçükçekmece Gölü kenarında bir arazi istimlak edilerek nükleer adına ilk adımlar atılmıştır. 1957 yılında deneysel çalışmalar yapılması amacıyla açılan ihaleye 5 firma katılmış ve American Machine Foundry (AMF) ihaleyi kazanmıştır. Firmayla yapılan araştırma çerçevesinde “anahtar teslimi” usulünce TR-1 isimli reaktörün yapımı için

³⁰² Ahmet Kütükçüoğlu, “Türkiye’nin Geçmişteki Nükleer Enerji Deneyimleri”, s. 40.

³⁰³ Mevzuat Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, “Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu”, <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.2690.pdf>, Erişim Tarihi (05.05.2018).

anlaşılmıştır. Reaktörün yapımı 1959-1962 yılları arasında 3 yıl süren bir çalışma sonucunda tamamlanmıştır. Bu çalışmalar ise 2 Kasım 1960 yılında reaktör bina inşaatına ilk küreğin vurulması ile başlayarak laboratuvar ve atölye kanadının Nisan 1961 yılında tamamlanarak ilk personel atamalarının Temmuz 1961 yılında yapılması ile devam etmiştir. İlk kez 6 Ocak 1962 yılında kritiklik seviyesine ulaşan ve 27 Mayıs 1962 yılında işletmeye açılan TR-1 reaktörü böylece Türkiye sınırları içerisinde işlevsel olarak nükleer enerji üretebilen ilk reaktör olmuştur.³⁰⁴

1964'te toplanan 3.Cenevre Konferansı nükleer santrallere olan inancın güçlenmesi adına bir dönüm noktası olmuştur. Konferans öncesine kadar nükleer santrallerin konvansiyonel elektrik üretim santrallerine oranla daha az ekonomik olduğu inancı kırılmıştır. 600-1200 MWe gücünde büyük miktarlarda üretim yapabilen ünitelerin kurulumu gerçekleştikçe nükleer santrallerin fosil yakıtlı santrallerle aynı fiyata ve hatta daha ucuza elektrik üretebilecekleri anlaşılmıştır. Bu durum nükleer santral kurulumlarını arttırmış ve 1972 yılı sonunda toplam kurulu güç 52.000 MW seviyelerine ulaşmıştır. Türkiye elektrik üretim amacıyla kurulması amaçlanan nükleer santral projesine dair ilk fizibilite çalışmalarını da 3. Cenevre Konferansı sonrasında edinilen feyz ile 1967-1970 yılları arasında yapmıştır. Hazırlanan raporlar doğrultusunda 1977 yılında işletmeye alınacak şekilde 300-400 MWe kapasiteye sahip, doğal uranyum yakıtlı “ağır su” tipi bir santral kurulması öngörülmüş ancak yaşanan politik ve ekonomik olaylar sebebiyle hayata geçirilememiştir.³⁰⁵

Türkiye 1970 yılının sonlarına doğru elektrik piyasasına dair düzenlemelere gitmiş ve o güne kadar Elektrik İşleri Etüt İdaresi ve Etibank tarafından yürütülen süreç Türkiye Elektrik Kurumu bünyesinde toplanmıştır. Bu düzenleme sonucunda 1972 yılında ise TEK'e bağlı olarak Nükleer Enerji Dairesi kurulmuştur ve ilk iş olarak nükleer santral kurulumu ile ilgili çalışmaları yürütecek bir kadro oluşturulmaya başlanmıştır. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA) ve diğer kaynaklardan elde edinilen burslardan faydalanarak genç mühendisler ve çeşitli

³⁰⁴ TAEK, Tarihçe, <http://www.taek.gov.tr/tr/kurumsal/services.html>, Erişim Tarihi (01.05.2018).

³⁰⁵ Kadir Temurçin-Alparslan Aliağaoğlu, “Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye’de Nükleer Enerji Gerçeği”, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 2003, s. 33.

teknik kadro yurtdışında işbaşı eğitimleri almışlardır. Ayrıca konu hakkında tecrübesi olan personelin Türkiye'ye gelmesi sağlanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda 1978 yılına gelindiğinde Nükleer Enerji Dairesi bünyesinde yurtdışı tecrübesi de olan 50 kişilik bir kadro kurulması başarılmıştır.

1972'den 1974 yılına kadar yapılabirlik etütleri ve uygun yer araştırmaları yeniden gözden geçirilmiştir. 1976 yılına gelindiğinde ise Akkuyu Mevkii nükleer kurulumun yapılması için seçilmiştir ve Başbakanlık Atom Enerjisi Komisyonu'ndan yer lisansı alınmıştır. Aynı yıl içerisinde İsviçre ve Fransa menşeiili danışmanlık konsorsiyumu ile ön proje ve ihale şartnameleri hazırlanarak türbin kurulumları ve yakıt temini ile ilgili teklifler istenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda ASE-ATOM ve STAL-LAVAL firmaları³⁰⁶ birinci sırayı almış ancak görüşmeler sonuca bağlanamadan 12 Eylül olayları yaşanmış ve ihale sonuçsuz kalmıştır.

İlk nükleer saha olarak belirlenen Akkuyu'da çeşitli altyapı çalışmaları gerçekleştirilmiş ve üniversiteler ile devlet kurumlarının katılımıyla araştırmalar yapılmıştır. Santral yerinin tespiti için yürütülecek çalışmalar uzun zaman aldığından ikinci kurulumun yapılacağı alan için çalışmalar da yürütülmüştür. Sinop-İnceburun mevkii santral kurulumuna uygun bulunmuş ancak daha sonra deprem riski olduğu kanaatine varıldığından bölgedeki çalışmalar askıya alınmıştır.

1983 yılına gelindiğinde ise 7 firmadan teklifler alınmış ve bu teklifler doğrultusunda ETKB tarafından 2 Kasım 1983 tarihinde Kanada menşeiili AECL firmasına Akkuyu'da kurulmak üzere 665 MWe kapasitesinde bir santral kurulumu için niyet mektubu verilmiştir. Almanya menşeiili KWU firmasına yine Akkuyu'da kurulmak üzere 990 MWe kapasiteli ve ABD menşeiili GE firmasına da Sinop'ta kurulmak üzere 1185 MWe kapasiteli santral kurulumları için niyet mektupları verilmiştir.

GE firmasının uzmanlarının yerli uzmanlar ile Sinop'ta yaptıkları araştırmalar sonucunda denizdeki fayların ne denli deprem riski barındırdığı belirlenmeden

³⁰⁶ Yalçın Sanalan, "Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nun Nükleer Enerji Üretimindeki Yeri", http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/29/033/29033648.pdf, Erişim Tarihi (03.05.2018), s. 130.

kurulum alanının kabul edilemeyeceğine kanaat getirilmiştir. Bu doğrultuda Sinop'taki çalışmalar askıya alınmıştır.

AECL ve KWU firmaları ile birçok alt başlıkta çalışmalar yürütülmüş, sözleşme şartları ve 14-15 cilt sözleşme eklerini içeren geniş çaplı değerlendirmeler yapılarak 30 Ağustos 1984 tarihinde büyük ölçüde anlaşma sağlanmıştır. Ayrıca firmalardan finansman için gerekli kaynakları bulmaları da istemiş ve istek kabul görmüştür. KWU ile yapılan görüşmelerde teknik sorumluluk ve herhangi bir arıza durumunda ödemelerin devam etmesi gerektiği gibi istekler Türk tarafına iletilince Şubat 1985 tarihinde görüşmeler sonlandırılmıştır. AECL firması ile yapılan görüşmeler ise %60 oranında Kanada Hükümeti'nce garantörlük üstlenilmesi talep edilmiş ancak talep kabul görmemiştir. Bunun sonucunda bu firma ile de görüşmeler durdurulmuştur. Bu görüşmeleri takip eden süreçte Çernobil'de yaşanan nükleer kaza sebebiyle tüm projeler askıya alınmıştır.

1988 yılında TEK'in yeniden organize edilmesi çalışmaları sonucunda Nükleer Santraller Dairesi, Termik Santraller Dairesi ile birleştirilerek tek çatı altında toplanmıştır. Bu gelişmeler sonucunda bir kısım personel kurumdan ayrılmış geri kalanlar ise TEK bünyesinde farklı görevlere getirilmiştir. Böylece uzun çalışmalar sonucu elde edilen beşeri birikim ve nükleer kültür yok olma seviyesine gelmiştir.³⁰⁷

1989 yılına gelindiğinde başlatılan ve Arjantin ile ortaklaşa yürütülmesi planlanan nükleer kurulum çalışmaları hukuki, finansal ve teknik sorunlar sebebiyle 1991 başlarında iptal edilmiştir.

1992 sonlarına doğru TEK dünya çapında tanınırlığı olan nükleer santral imalatçısı şirketlere 1.000 MWe kapasiteli bir kurulum gerçekleştirmek amacıyla niyet mektupları göndermiş ve kendilerinden teknik ve finansal konularda bilgi talep etmiştir.

³⁰⁷ Nükleer Akademi, "Ülkemizde Nükleer Enerji", <http://nukleerakademi.org/nukleer-enerji/ulke-mizde-nukleer-enerji/>, Erişim Tarihi (05.05.2018).

1993 yılına gelindiğinde Akkuyu Nükleer Santrali Projesi tekrar yatırım programına alınmıştır. Bir yıl sonra 1994'te ise teknik konularda güncellemeler yapılması ve yeni sözleşmeler hazırlanmasında danışmanlık yapması için firmalardan teklif istenmiştir.

Bakanlar Kurulunun Ağustos 1993 tarihinde aldığı 93/4789 sayılı kararına istinaden TEK'in yapısı değiştirilerek iki farklı kurum olan Türkiye Elektrik Üretim-İletim A.Ş (TEAŞ) ve Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş (TEDAŞ) olarak yeniden yapılandırılmıştır. Karar gereği nükleer santral ile ilgili çalışmalara TEAŞ bünyesinde devam edilmektedir.

Daha önce nükleer santral üretimini gerçekleştiren firmalarla görüşmeleri sürdüren ve yüksek tecrübeye sahip uzmanlardan oluşan ekip dağıtıldığı için ihaleler ile ilgili ön çalışmaları gerçekleştirmek üzere danışmanlık görevini yapacak yeni firmalara ihtiyaç duyulmuştur. Bu sebeple KAERI (G. Kore) ve GAMB (Türkiye) isimli firmalar ile sözleşmeler imzalanmıştır.

Akkuyu'da gerçekleştirilecek nükleer kurulum için 15 Ekim 1997'de³⁰⁸ uluslararası ihale düzenlenmiştir. NPI Konsorsiyumu (Fransa-Almanya), Westinghouse (ABD-Japonya) ve CANDU Konsorsiyumu'ndan (Kanada-Japonya) teklifler alınmıştır. Şubat 1998 tarihine gelindiğinde ise İspanyol Empresarios Agrupados Internacional S.A. firması ile danışmanlık üzerine bir sözleşme imzalanarak Mart 1998 tarihinde tekliflerin değerlendirilmesine başlanmıştır. Ancak çeşitli politik ve ekonomik faktörler sebebiyle kararın açıklanması 8 defa ertelenmiş ve nihayetinde 25 Temmuz 2000'de Bakanlar Kurulu kararı ile ihale iptal edilerek TEAŞ Nükleer Santraller Dairesi Başkanlığı bir kez daha feshedilmiştir.

Hükümetin değiştiği 2002 yılının sonlarına doğru Başbakanlık'a bağlı olarak lisanslama görevini yürüten Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bağlanmıştır. 2004 yılına gelindiğinde ETKB nükleer santral kurulumu ile ilgili olarak TAEK'i görevlendirdiğini açıklamıştır.

³⁰⁸ Meral Eral, "Nükleer Güç Santralleri Ve Ülkemiz", http://www.kmo.org.tr/resimler/ekler/1423037b0f99b51_ek.pdf, Erişim Tarihi (05.05.2018), s. 15.

2004 yılının Kasım ayında ETKB 2007 itibariyle inşasına başlanacak ve 2012 yılında devreye gireceği öngörülen, toplamda 5.000 MWe kapasiteli üç nükleer reaktör yaptırılacağını duyurmuştur.

2005 yılında Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi³⁰⁹ (ANAEM) ve Ankara Nükleer Tarım ve Araştırma Merkezi (ANTAM) birleştirilerek Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi³¹⁰ (SANAEM) adı altında toplanmıştır.

2006 başlarında TAEK nükleer santral kurulumunun gerçekleştirilmesi için Türkiye genelinde araştırmalar yaparak, gerekli görülen 43 kıstas çerçevesinde 8 farklı alanın belirlendiğini duyurmuştur. 13 Nisan 2006 tarihinde önde gelen 14 firmanın temsilcilerinin katılımıyla bir nükleer santral zirvesi düzenlenmiştir. ETKB tarafından yürütülen süreçte kamu-özel sektör ortaklığı ile yapılacak çalışmalar üzerinde görüşülmüştür.

2006 Kasım itibariyle “Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Kanun Tasarısı” mecliste görüşülmeye başlanmıştır. Yasa gerekli görülen düzenlemeler yapıldıktan sonra Ocak 2007 tarihinde TBMM Çevre Komisyonu tarafından görüşülmüş, Şubat 2007 sonlarına doğru ise TBMM Sanayi Komisyonu’nca değerlendirilmiştir. Bu süreçler ardından Mayıs 2007 başında TBMM’ce kabul edilerek onaylanmıştır. Ancak, dönemin Cumhurbaşkanı Sezer tarafından 3.maddesi veto edilerek meclis tarafından tekrar görüşülmesi istenmiştir. Gerekli görülen değişiklik ve düzenlemeler yapıldıktan sonra kanun tekrar kabul edilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken birinci faktör 24 Mayıs itibariyle parlamentoya iade edilen tasarının tüm eksikliklerinin sadece dört gün gibi hızlı bir sürede tamamlanarak 28 Mayıs tarihinde kanunun kabul edilmesidir. Buna ek olarak Türkiye Nükleer Düzenleme Kurumu³¹¹ (TNDK) ile ilgili kanun taslağı

³⁰⁹ TAEK, Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, <http://www.taek.gov.tr/tr/kurumsal/birimler/bagli-kuruluslar/anaem.html>, Erişim Tarihi (05.05.2018).

³¹⁰ TAEK, “Sarayköy Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi”, http://www.taek.gov.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=1159&Itemid=364&lang=tr, Erişim Tarihi (05.05.2018).

³¹¹ Akkuyu Nükleer, “Nükleerde Süper Yetkili Üyeleri Başbakan Seçecek” 25 Nisan 2014, <http://www.akkunpp.com/nukleerde-super-yetkili-uyeleri-basbakan-sececek/update>, Erişim Tarihi (05.05.2018).

yasalaşmadan nükleer santral ile ilgili ihalelerin ve yarışmaların başlatılması sürecin aceleye getirildiği izlenimini uyandırmaktadır.

2008 Türkiye Elektrik Ticaret Ve Taahhüt A.Ş. (TETAŞ) Genel Müdürlüğü'nce Akkuyu'da kurulması planlanan nükleer enerji santrali için elektrik satın alım ihalesi gerçekleştirilmiştir. TETAŞ bu ihaleye “yarışma” adını vermiştir. Ancak 24 Eylül 2008 tarihinde yapılan yarışmaya sadece AIRP Grubu Rus tipi VVER tasarımlı reaktör yapılarıyla teklif sunmuştur.

Daha önce kabul edilen “Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Yasa”³¹² bünyesinde kabul edilen “yer tahsisi” ve “birim satış fiyatı” konularını içiren iki maddenin Danıştay'ca yürütmesi durdurulmuştur. Bu gelişme sonucunda TETAŞ Eylül 2008 tarihinde ihale edilen “yarışma”nın 2009 Kasım ayı itibariyle iptal edildiğini duyurmuştur.³¹³

Özel şirketler bazında projenin gerçekleştirilebilirliği tartışmalara sebep olurken 2010 yılına gelindiğinde Rusya ve Türkiye arasında “Türkiye’de Nükleer Santral Tesisi Konusunda İşbirliği Ortak Beyannamesi” adı altında bir nükleer işbirliği anlaşması imzalanmıştır. Bu anlaşmanın hemen akabinde 12 Mayıs 2010 tarihinde gelindiğinde “Akkuyu Sahasında Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliği Anlaşması” imzalanmıştır. Bu gelişmeler ışığında Rusya ile imzalanan anlaşma TBMM'ye taşınmış ve 15 Temmuz 2010 tarihinde kabul edilmiştir. Mecliste kabulün ardından Cumhurbaşkanı Abdullah Gül tarafından zaman kaybedilmeden 20 Temmuz 2010'da onaylanmıştır ve konuyla ilgili çalışmalar derhal başlatılmıştır.

³¹² ETKB Resmi Sitesi, 10195 no’lu Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması Ve İşletilmesi İle Enerji Satışına İlişkin Kanun, <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FMevzuat%2F5710-+nukleer+guc+santrallerinin+kurulmas%C4%B1+ve+isletilmesi+ile+enerji+satisina+iliski+n+kanun.pdf>, Erişim Tarihi (05.05.2018).

³¹³ Elektrik Mühendisleri Odası, “Nükleer Santral İhalesi İptal Edildi”, *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, sayı:437, Aralık 2009, s. 61.

Tablo 4. Türkiye’de İnşası Süren ve Planlanan Nükleer Santraller

	Type	MWe gross	Start construction	Start operation
Akkuyu 1	VVER-1200	1200	April 2018	2023
Akkuyu 2	VVER-1200	1200	2019	2023
Akkuyu 3	VVER-1200	1200	2020	2024
Akkuyu 4	VVER-1200	1200	2021	2025
Sinop 1	Atmea1	1150		2023
Sinop 2	Atmea1	1150		2024
Sinop 3	Atmea1	1150		?
Sinop 4	Atmea1	1150		?
Igneada 1-4	AP1000x2, CAP1400x2	2x1250 2x1400		

World Nuclear Association, “Under Construction, Planned and Proposed Nuclear Power Reactors”, <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/turkey.aspx#Ref3>, Erişim Tarihi 06.06.2018).

Türkiye’nin nükleer kurulum yapmayı planladığı ikinci saha olan Sinop ile ilgili olarak yine hükümetler arası bir protokolle Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ve Japonya Hükümeti arasında nükleer güç santrali tesisine ve işletimine dair bir anlaşma imzalanmıştır. Anlaşma çerçevesinde 1120 MWe kapasiteli dört adet üniteden oluşacak bir reaktör seti kurulumu üzerine anlaşılmıştır. Daha önceki yıllarda yapılan çeşitli araştırmalar sonucunda bölgenin deprem etütlerinin yetersiz olduğu kanaatine varılarak kurulumun iptal edildiğini hatırlamak gerekmektedir. Japonya’da gerçekleşen “Fukushima Nükleer Kazası”na sebebiyet veren tsunami dalgalarının da deprem sebebi olarak gerçekleştiğini hatırlamak devlet çıkarları adına büyük önem arz etmektedir.

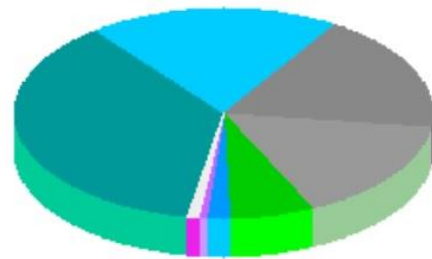
3.3.2. Türkiye’de Nükleer Enerjinin Gerekliliği

Türkiye nükleer enerji üretimini oluşturması gereken 1950’li yıllardan bu yana çeşitli politik ve ekonomik sebeplerden bu yarışın dışında kalmıştır. Nükleer teknolojiyi gündelik elektrik tüketimine yansıtılabileceği bilgi birikiminin oluşturulması için gerekli çalışmalar yarıda bırakılmıştır. Enerji arzı güvenliğinin sağlanabilmesi adına Türkiye mevcut olan veya yapılabilir tüm teknolojilerden faydalanarak yerli enerji üretimini arttırmak durumundadır.

19 Nisan 2018 verilerine göre Türkiye elektrik ihtiyacının %36’sından fazlasını yabancı doğalgaz kaynakları ile karşılamaktadır. Bu durum elektriğe harcanan her 1 TL’nin en az 36 kuruşunun dış kaynaklara aktarıldığını göstermektedir. Sanayi alanında uluslararası rekabetin sağlanabilmesi adına sadece doğalgaz kaynaklı bu giderin bile sürece olumsuz etkisi büyüktür.

Grafik 8. Son Bir Yıl Üretiminin Kaynaklara Dağılımı

Doğalgaz	108.206.802	%36.71
Hidrolik	57.612.325	%19.55
İthal Kömür	54.169.087	%18.38
Taş Kömürü ve Linyit	46.894.972	%15.91
Rüzgar	18.965.647	%6.43
Jeotermal	5.893.970	%2.00
Diğer Termik	1.451.602	%0.49
Biogaz	2.226.784	%0.76
İthalat	-689.910	%-0.23



Kaynak: Enerji Atlası, “Son Bir Yıl Üretiminin Kaynaklara Dağılımı”, <http://www.enerjiatlası.com/elektrik-uretimi/>, Erişim Tarihi (05.05.2018).

Enerji alanında yerlileştirme politikaları son dönemlerde artış gösterse de henüz yeterli seviyelere ulaşamamıştır. Rüzgâr ve diğer yenilenebilir teknolojiler

konusunda ETKB bünyesinde geliştirilen politikalar ile yapılan yatırımlar artmıştır ancak dünyada olan diğer örneklere kıyasla bu projeler küçük çaplı gelişimler göstermektedir.

Nükleer enerji diğer enerji kaynaklarına oranla Türkiye için belli noktalarda daha faydalı olabilecek bir konumda yer almaktadır. Türkiye gibi petrol ve doğalgazda dışa bağımlı bir pozisyonda olan, yeraltı kaynakları hakkında yeterince araştırma dahi yapılmamış devletlerde enerji üretiminde nükleer seçenek değerlendirilmesi gereken bir noktada yer almaktadır. Her geçen gün enerji talebi artan Türkiye'nin enerji ithalatına harcadığı para uluslararası arenada devletin sanayisini zor duruma düşürmektedir.

Tablo 5. Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu

Yıl	TEİAŞ		EİGM
	Puant Talep	Enerji Talebi	Enerji Talebi
	GW	TWh	TWh
2017	46,5	285,3	290,2
2018	48,8	299,2	304,4
2019	51,3	314,5	319,5
2020	53,9	330,8	335,0
2021	56,7	347,5	350,7
2022	59,5	364,6	367,3
2023	62,3	381,8	384,6
2024	65,1	399,2	402,3
2025	68,0	416,9	420,5
2030			516,0
2037			656,2

Kaynak: Ömer Erdem, “23. Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansı”, ICCI 2017 Bildiriler Kitabı, s. 52.

Artan nüfus ve teknolojik aletlerin kullanımı doğrultusunda sadece sanayi ve üretim alanlarında değil aynı zamanda son kullanıcılar tarafından talep edilen elektrik

miktarı da artış göstermektedir. Devletlerin gelişmişlik seviyelerine göre artış gösteren kişisel tüketim Türkiye gibi genç nüfusun yüksek olduğu devletlerde yapılan elektrik tüketim projeksiyonlarına yönelik tahminleri de doğrudan etkilemektedir. Büyük bir kısmı yurtdışından ithal edilen doğalgaz, petrol ve kömür gibi yakıtlar kullanan santraller ile elektrik üretmektense yerli ve yakıtın maliyetlerde yüksek pay almadığı nükleer enerji gibi üretim faaliyetlerinin devletin ekonomisi ve enerji arz güvenliğinin sağlanabilmesi adına muhakkak ki olumlu etkiler sağlayacağı öngörülmektedir.

Nükleer enerji üretimindeki gereklilik vurgusu sadece tüketimin karşılanmasında değil büyük devlet olmak gayesindeki Türkiye'nin stratejik planları ile paralel ilerlemesi adına da avantaj sağlama potansiyeli barındırmaktadır. Nükleer enerji üretimi her ne kadar dış kaynaklı olarak başlatılacaksa da Akkuyu ve Sinop'ta kurulacak santrallerde yerli mühendislerin çalıştırılması ile nükleer teknoloji hakkında olan bilgi ve tecrübe birikimi devletin çıkarlarına hizmet edecektir.

Türkiye'nin toplam enerji talebi Muhafazakâr Senaryoda 2030 yılında iki katına çıkacaktır.³¹⁴ Günümüzde enerji talebi karşılanırken dahi dış borçta yüksek pay sahibi olan enerji kalemi şu anki tüketimin iki katından fazla olacağı 10-15 yıllık süreçte devlet ekonomisini derinden etkileyebilecek büyük bir tehlike arz etmektedir.

Yenilenebilir enerjiye daha büyük önem verilmesi ve yatırımların bu yönde kanalize edilmesi görüşü enerji kulislerinde yer bulmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları hammadde ve kurulum maliyetleri açısından nükleer enerjiye oranla daha ucuz ve basit olmakla birlikte yılın her anı aynı seviyelerde üretim gerçekleştirilememektedir. Hem nükleer hem de yenilenebilir enerji kaynaklarının sofistike bir şekilde hazırlanmış karışımı ile enerji üretim portföyü genişletilmelidir. Ancak nüfusu 80 Milyon üzerinde olan Türkiye gibi büyük bir devlet (her ne kadar yenilenebilir enerji üretim potansiyeli yüksek olsa da.) enerji ihtiyacının karşılanması noktasında yaşanabilecek aksaklıklara tahammül gösteremeyecektir.

³¹⁴ TENVA, "2030'lara Doğru Türkiye'nin Enerji Görünümü", <http://www.tenva.org/2030lara-dogru-turkiyenin-enerji-gorunumu/>, Erişim Tarihi (15.04.2018).

3.3.3. Türkiye’de Toryum ve Uranyum Rezervleri

Nükleer yakıtların hammaddesi olarak kullanılan toryum ve uranyum rezervlerinin değerlendirmesi hakkında vasat bir profil çizen Türkiye, nükleer enerji santrali kurulumu gerçekleştirirken yakıt konusunda dışa bağımlı olmamak adına mevcut kaynaklarının tüm potansiyelinden faydalanmalıdır.

3.3.3.1. Uranyum

Türkiye’de geçmiş yıllarda uranyum yatakları bulmak adına çalışmalar yapılmıştır. 1974 yılında Köprübaşı (Manisa) bölgesinde Maden Tetkik Arama (MTA) bünyesinde gerçekleştirilen çalışmalar ışığında bulunan uranyumdan nükleer enerji üretiminde kullanılmak üzere sarı pasta üretimi dahi gerçekleştirilmiştir. 1974-1982 yılları arasında Köprübaşı³¹⁵ ve Fakılı (Uşak) bölgelerinden elde edilen uranyum sarı pasta haline getirilerek 1996 yılında TAEK’e teslim edilmiştir.

2017 itibariyle Türkiye’de 12.614 ton uranyum rezervi olduğu tespit edilmiştir. MTA tarafından sürdürülen çalışmalar halen Nevşehir-Avanos-Yeşilöz bölgelerinde devam etmektedir. Ancak keşfedildikleri yıllar itibariyle önemli kaynaklar olarak kabul edilen bu bölgeler, gelişen nükleer teknoloji sebebiyle günümüzde tercih edilen tenör seviyelerine ulaşamamaktadır. Uranyum üretiminde Kanada ve Avustralya’da keşfedilen yüksek tenörlü ve düşük üretim maliyetli uranyum yataklarının bulunması sebebiyle bu kaynaklar önemini yitirmiştir. Mevcut kaynaklar arasında sadece Sorgun-Temrezli bölgesinde bulunan uranyum yataklarının ekonomik bir değer oluşturduğu düşünülmektedir.³¹⁶

Ham uranyum rezervi bakımından en zengin devletlerin başında Kazakistan ve Kanada gelmektedir. 2.9 Milyar \$’lık değer ve bilinen tüm dünya rezervlerinin

³¹⁵ NAE ve IAEA, “A Joint Report by the Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency Uranium 2016: Resources, Production and Demand”, <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2016/7301-uranium-2016.pdf>, Erişim Tarihi (05.05.2018), s. 450.

³¹⁶ Gonca Eroğlu-Mesut Şahiner, “Dünyada ve Türkiye’de Uranyum ve Toryum” MTA, Eylül 2017, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/Uranyum-Toryum.pdf>, Erişim Tarihi (05.05.2018).

%68,4'üne sahip bu iki devlet baş ihracatçıları oluşturmaktadır. Ancak uranyum kaynaklarına sahip olmak her ne kadar büyük avantaj gibi görünmekteyse de zenginleştirilmiş uranyum ihracatı yapan devletlere bakıldığında üretimi gerçekleştirenlerden farklı bir tablo gözlemlenmektedir. Zenginleştirilmiş uranyum ihracatında ilk üç sırayı Avrupa'dan devletler oluşturmaktadır. Birinci sırada %34'lük pay ile Fransa, ikinci sırada %25,2 payla Almanya ve üçüncü sırada ise %24,3 payla Hollanda gelmektedir. 2016 yılı itibariyle zenginleştirilmiş uranyum ihracatından söz konusu üç devletin elde ettiği gelir 1.7 Milyar \$'a ulaşmıştır. Bu durum uranyum zenginleştirmesinin üretiminden büyük önem arz ettiğini gözler önüne sermektedir.

3.3.3.2. Toryum

2016 verilerine göre dünyada toplam 6,35 Milyon Ton toryum rezervi bulunmaktadır. Rezervlerin ağırlıklı olarak bulunduğu devletler Hindistan, Avustralya, ABD ve Türkiye'dir. Ancak Türkiye'deki toryum yatakları hakkında herhangi bir ticari operasyon yürütülmemektedir.

2011 yılında gerçekleşen Fukushima Nükleer Kazası sonrası nükleer kurulumu olan devletler nükleer teknolojiye bakış açılarını değiştirmiş, bazıları devletlerinde nükleer santraller yerine yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş çalışmalarını başlatmıştır. Nükleer enerjide kalmaya kanaat getirenler ise uranyumdan daha az tehlike ihtiva eden toryum hakkında çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Çin, ABD, Kanada, Norveç, Hindistan gibi devletler toryumun elektrik üretiminde kullanılabilmesi adına çeşitli AR-GE çalışmalarını sürdürmektedirler.

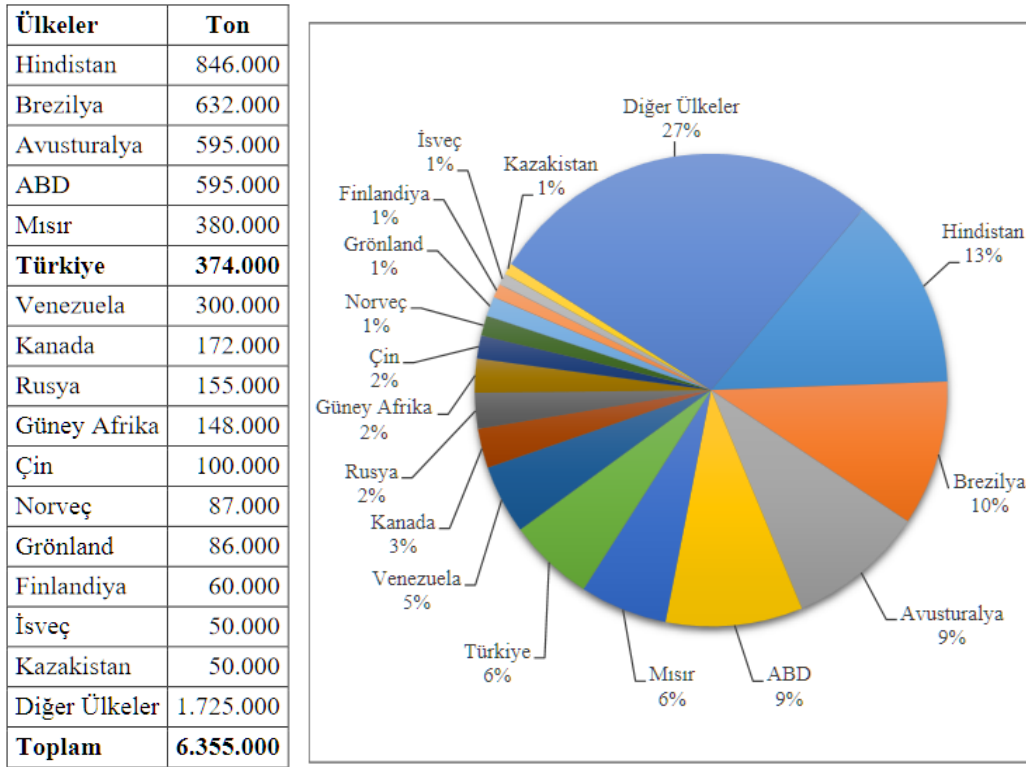
Hindistan dünya üzerinde en büyük toryum yataklarına sahip devletlerin başında gelmektedir.³¹⁷ Toryum yakıtlı nükleer santral konusunda AR-GE çalışmalarına en büyük önemi veren devlet olmasının nedeni de bu teknolojiye sahip olduklarında hammadde konusunda hiçbir sıkıntı çekmeyecek olmalarıdır.

³¹⁷ Ahmet Cangüzel Taner, "Global Karbonsuz Toryum Yakıtlı Nükleer Güç Santralleri Elektrik Üretimi için Çin ve Hindistan'da Yürütülen Araştırma, Geliştirme ve AR-GE Faaliyetleri", <https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2011/07/Global-Karbonsuz-Toryum-Yakıtlı-Nükleer-Güç-Santralleri-Elektrik-Üretimi-için-Çin-ve-Hindistan'da-Yürütülen-Araştırma-Geliştirme-ARGE-Faaliyetleri.pdf>, Erişim Tarihi (06.05.2018), s. 2.

Örneklendirmek gerekirse, Çin’de mevcut olan toryum yatakları uygun bir reaktör teknolojisiyle sisteme dâhil edilirse devletin 20.000 yıllık ihtiyacını karşılayabilecek kadar elektrik üretilenmektedir.

Benzer çalışmaların Türkiye’de yapılmasını engelleyecek hiçbir durum söz konusu değildir, ayrıca devletimiz Çin’in sahip olduğu toryum rezervinin dört katına yakın bir seviyede toryuma sahiptir. Ancak Türkiye’de toryum ile ilgili hammadde olarak satışı da dâhil olmak üzere hiçbir ticari faaliyet yapılmamaktadır.

Tablo 6. Dünyada Toryum Yatakları ve Dünya Toryum Rezervi (%)



Kaynak: Gonca Eroğlu-Mesut Şahiner, “Dünyada ve Türkiye’de Uranyum ve Toryum” MTA, Eylül 2017, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/Uranyum-Toryum.pdf>, Erişim Tarihi (05.05.2018).

3.3.4. Türkiye’de Nükleer Enerji Santrali Kurmanın Avantaj ve Dezavantajları

Türkiye 1950’li yıllardan bu yana nükleer santral kurmak için çeşitli girişimlerde bulunmuştur. 1.Cenevre Konferansı sonrası başlayan nükleer santral kurulum çalışmaları³¹⁸ yaşanan politik ve ekonomik olaylar sebebiyle nihayete erdirilememiştir. Nükleer enerji santrali kurmanın devlet ekonomisine büyük katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Ancak ekonomik fayda elde etmek isterken çeşitli çevresel felaketlerin yaşanabileceği gerçeği iyi değerlendirilmeli ve risklerin tam olarak anlaşılması gerekmektedir.

Türkiye gibi birincil enerji ihtiyacının %70’inden fazlasını dış kaynaklı olarak karşılayan devletler için cari açıklarında enerji önemli bir kalem oluşturmaktadır. Ekonomik dengenin sağlanabilmesi adına enerjide yerli kaynaklar kullanılmalı ve enerji temini dış borç stokuna minimum seviyede etki etmelidir.

Geçmiş yıllarda yapılan projeksiyonlarda günümüzde dünya enerji ihtiyacında nükleer enerjinin büyük bir pay sahibi olacağı öngörülmektedir. Ancak yenilenebilir enerji alanında edinilen bilgi birikimi ve teknolojik gelişmeler nükleer enerjinin vazgeçilmez enerji temin unsuru olacağı görüşünü ekarte etmiştir. Birçok gelişmiş devlet, özellikle Fukushima’da yaşanan kaza sonrası nükleer enerjiden tamamen çıkış kararı almışlardır. Ancak nükleer geleneğin yerleşik olduğu Fransa nükleer programlarını devam ettirme kararı almıştır. Elektrik ihtiyacının %70’inden fazlasını nükleer kaynaklı olarak karşılayan Fransa için ekonomik olarak büyük fayda sağladığı nükleerden vazgeçmek söz konusu değildir. Ayrıca diğer devletlerde yapılan nükleer kurulumlar ve santraller için yakıt olarak kullanılacak uranyumun zenginleştirme çalışmalarını da yapan Fransız şirketler devlette büyük bir lobi faaliyeti de sürdürmektedirler.

Nükleer konusunda karşıt görüşlerin kuvvetli savları mevcut bulunmaktadır. Nükleer enerji üretiminde konvansiyonel elektrik üretim metotlarına oranla yakıtın

³¹⁸ Ferat Kaya-Emirhan Göral, “Türkiye’nin Nükleer Enerji Politikası”, *Akademik Bakış Dergisi*, Sayı: 57, Eylül - Ekim 2016, s. 422.

maliyet kalemlerindeki payı daha düşüktür. Bir kez kurulum yapıldıktan sonra yakıtı ayrılan maliyet daha düşük seviyelerde olmakta ve dış etmenlerden bağımsız olarak santral üretime 7/24 devam edebilmektedir. Bu açıdan dönemsel olarak elektrik üretimi dalgalı bir seyir izleyen yenilenebilir enerji kaynaklarının aksine nükleer enerji, enerji arz güvenliğini sağlamada daha dengeli bir tablo çizmektedir.³¹⁹

Türkiye gibi gelişmekte olan devletlerde enerjiye harcanan bütçe azaltılabildiği seviyede uluslararası piyasada firmaların rekabet gücünü arttırmak mümkün olacaktır. Ancak ekonomik gelişim sağlanması amaçlanırken yaşanabilecek bir kaza sonucunda ödenecek bedel misli olarak çok daha büyük problemlere sebebiyet verme ihtimali bulundurmaktadır.

Nükleer santraller aracılığıyla enerji üretimi, enerji temininde devamlılık arz ederken üretim aşaması hata kaldırmayan bir dizi süreç barındırmaktadır. Yaşanabilecek bir kaza sonucunda oluşabilecek senaryolar iyice değerlendirilmeli ve halk sağlığı karar mercilerince her zaman birinci planda tutularak gerekli hamleler yapılmalıdır.

Nükleer santral kurulumunda dikkat edilmesi gereken bir diğer faktör ise atık yakıtların ne yapılacağı konusudur. Nükleer santrallerde kullanılan radyoaktif materyallerin doğada yarılanma süreleri en iyimser senaryoda bile bin yıllar sürmekte ve bertaraf işlemleri büyük maliyetlere sebebiyet vermektedir. Türkiye nükleer santral kurulumu hakkında yapacağı anlaşmaları hem atık yakıt hem de santralin devreden çıkarma işlemleri süreçlerini iyi değerlendirerek gerçekleştirmek durumundadır. Daha önceki yıllarda iptal edilen ihaleler ve ön sözleşmeler her ne kadar politik ve ekonomik sebeplere dayansa da aynı zamanda derinlemesine sürdürülen çalışmalarda atık yakıt ve devreden çıkarma işlemleri yer yer görüşmeleri tıkanma noktasına getirmiştir.

Nükleer santrale sahip olma durumu ekonomide büyük bir gider kalemi olan enerji ithalatının düşürülmesi konusunda katkı sağlayacaktır. Ancak nükleer santral

³¹⁹ NEA, “The Role Of Nuclear Energy In Reducing Security Of Supply Risk”, The Security of Energy Supply and the Contribution of Nuclear Energy, <https://www.oecd-neo.org/pub/security-energy-exec-summary.pdf>, Erişim Tarihi (06.06.2018), s. 7.

kurulumu ve işletiminde tüm sürecin dış kaynaklı olması çeşitli sorular doğurmaktadır. Türkiye sınırları içerisinde yapılacak nükleer üretim sürecinde yerli mühendislerin ne oranda istihdam edileceği büyük önem taşımaktadır. Oysaki yerli personel tercih edilerek devletin nükleer enerji konusunda deneyimli insanlarının sayısının artırılması yüksek fayda sağlama potansiyeli barındırmaktadır. Ayrıca nükleer santral işletmeciliği Rusya'nın devlet kurumu olan Rosatom tarafından gerçekleştirilecektir. Uluslararası ilişkilerde yaşanabilecek sorunlar nükleer santral işletmesinde çeşitli problemlerin oluşması ihtimali barındırmaktadır.³²⁰

Nükleer santrallerin teknik yapısı sebebiyle şebekeye sürekli elektrik vermeleri gerekmektedir. Santrallerin açılış ve kapanışı uzun süreler almaktadır. Enerji üretim portföyünde nükleer enerjinin olması, üretimde mevsimsel dalgalanmaların yaşandığı yenilenebilir enerji üretim kalemleri için olumsuz etkiler doğurmaktadır. Ayrıca nükleer santral kurulum anlaşması gereği 12 kW/\$'dan³²¹ satın alınacak enerji diğer teknolojilere yapılacak yatırımların da bir bakıma mecburen nükleere aktarılması gerektiği gerçeğini gözler önüne sermektedir. Fransa ve birkaç örneğin dışında nükleer enerjiden çıkma kararı alan devletler yoğun AR-GE çalışmaları gerçekleştirerek yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedirler. Nükleer enerji konusunda çok eski bir geleneğe sahip ve ekonomisinde büyük bir gelir kalemi olarak güçlü bir koz sahibi olan Fransa seviyesinde bir devlet olmadan ve tüm teknolojik altyapı ve deneyimli personeli dış kaynaklı olarak temin ederek nükleer santral kurulumundan elde edilecek getirinin çok detaylı olarak hesaplanması gerekmektedir.

Nükleer santral işletmesinde sürecin doğası gereği çeşitli riskler bulunduğundan bahsetmiştik. Ancak bu durum Türkiye gibi jeopolitik konuma sahip devletler için daha büyük ve farklı riskler barındırmaktadır. Devlet konumu itibarıyla terör odaklarına yakın bir bölgede yer almaktadır. Kurulum olarak seçilen Akkuyu bölgesi de birçok iç karışıklığın yaşandığı ve güvenlik sorunlarının yaşandığı

³²⁰ World Nuclear News, "Russia Starts Building Turkey's First Nuclear Power Plant" 03 Nisan 2018, <http://www.world-nuclear-news.org/NN-Russia-starts-building-Turkeys-first-nuclear-power-plant-03041801.html>, Erişim Tarihi (06.06.2018).

³²¹ World Nuclear Association, "Nuclear Power in Turkey", Mayıs 2018, <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/turkey.aspx>, Erişim Tarihi (06.06.2018).

devletlere çok yakın konumdadır. Olası bir terör saldırısı çok büyük sorunlara ve hatta felaketlere sebep olma ihtimali içermektedir. Kurulum sadece iş güvenliği seviyesinde değil ayrıca terör saldırılarına karşı oluşturulacak güvenlik önlemleri seviyesinde oluşturulmalıdır.

Nükleer santral teknolojisi her geçen gün ilerlemektedir. Günümüzde 3.nesil fisyon reaktörleri kullanılmaktadır. Farklı teknolojiler de olsa bu jenerasyon santrallerin yaşam süreleri 40 yıl olarak belirlenmiştir.³²² Üretim hayatlarının sonuna gelen santraller gerekli lisanslarını yenilemeleri sonucunda 20 yıllık ek süre elde edebilmektedir. Çalışmanın önceki bölümlerinde de bahsedilen 4.nesil füzyon reaktörü teknolojisinin ticari kullanımı önümüzdeki 20-30 yıl içerisinde gerçekleşeceği öngörülmektedir. Henüz inşaatına dahi yeni başlanan 3.nesil santraller henüz ömürlerini tamamlamadan dünyada çok daha büyük enerji üretim seviyelerine ulaşacağı düşünülen 4.nesil teknolojiler mümkün olacaktır.³²³ Bu durumda Türkiye uluslararası çalışmalara olan katılımını arttırarak gelecekte de geçerliliğini koruyacak yeni bir nükleer enerji teknolojisine sahip olabileceği düşünülmektedir.

Türkiye'nin nükleer enerji üretimini yerleştirmesi sonucunda AB ile olan ekonomik ilişkilerinin, enerji maliyetlerinde sağlanacak düşüşle birlikte olumlu olarak etkileneceği ve rekabetçilik hususunda elinin güçleneceği görüşü uzman çevrelerce öngörülmektedir.

³²² World Nuclear Association, "Lifetime Of Nuclear Reactors", <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/nuclear-power-reactors.aspx>, Erişim Tarihi (06.06.2018).

³²³ World Nuclear Association, "Generation IV Nuclear Reactors", <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/generation-iv-nuclear-reactors.aspx>, Erişim Tarihi (06.06.2018).

SONUÇ

Nükleer enerji barındırdığı yüksek enerji temin potansiyelinden ötürü nükleer teknolojinin ilk gelişim gösterdiği yıllardan bu yana dünya çapında büyük ilgi görmüştür. Ancak, nükleer enerjinin sahip olduğu bu büyük potansiyel aynı zamanda büyük bir risk faktörü de oluşturmaktadır.

Nükleer teknoloji, bilindiği üzere enerji üretimi için kullanılabilmeyle birlikte atom bombası yapımında da kullanılmaktadır. Dünya üzerinde geliştirilmiş en tehlikeli silahlardan bir tanesi olan atom bombasını yapmanın, şimdiye kadar geliştirilmiş en iyi enerji üretim metotlarından bir tanesi olan nükleer enerji üretiminde kullanılan teknolojiden çok büyük farklar taşımaması da büyük bir ironidir.

Sahip olduğu tüm rizikolara rağmen nükleer enerji ekonomik gelişimin sağlanması ve korunması için 20. yüzyıl boyunca birçok devletin tercih ettiği enerji temin kaynağı olmuştur. Yeraltı kaynakları bakımından zengin olmayan ülkeler için enerji arz güvenliğini sağlamada bulunmaz bir nimet olan nükleer enerji, geliştirilen teknolojiler sayesinde diğer ülkelerde kurulacak santrallerin yapımı ve nükleer yakıt zenginleştirme ile sektörde hâkim devletlere yeni gelir kaynakları da oluşturmuştur.

Konvansiyonel enerji üretim yöntemlerine oranla atmosfere sera gazı salınımı konusunda çok daha iyimser bir tablo çizen nükleer enerji, herhangi bir kaza yaşanmaması durumunda doğaya en saygılı enerji üretim biçimlerinden birisidir. Ancak yakın tarih göstermiştir ki nükleer enerji hata kabul etmemektedir. Nükleer kuruluma sahip olan ve nükleer enerjiye yatırım yapmak isteyen devletler, nükleer enerjinin barındırdığı riskler hakkında derinlemesine analizler yaptıktan sonra olası tüm senaryoları iyi hesaplayarak nükleer santrallerin geleceği hakkında kararlarını vermelilerdir.

Avrupa Birliği'nde nükleer enerji konusunda birçok düzenleme yapılmıştır. Enerji üretiminden atık yakıtların taşınması hatta içme suyu hakkında yönetmelikler gibi birçok konu hakkında uzman görüşü doğrultusunda düzenlemeler yapılmıştır. Dünya üzerinde nükleer enerji üretilmediği halde “nükleer olay” yaşanan az sayıda

ülkeden biri olan Türkiye'nin de AB standartlarında bir yaklaşım geliştirerek nükleer santral kurulum ve işletim sürecini yönetmesi gerektiği düşünülmektedir.

Nükleer enerjiye alternatif olarak düşünülen seçenekler son yıllarda değişim göstermektedir. Konvansiyonel enerji üretim yöntemlerine oranla geçmişte daha maliyetli olan ancak gerçekleştirdiği gelişim ile üretim maliyetlerinin düşürülmesi sonucunda yenilenebilir enerji, gelecekte ana akım enerji yöntemlerinden birisi olacağını gözler önüne sermiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları açısından son derece müsait koşulların olduğu Türkiye, son dönemde bu konuda hatırı sayılır bir gelişim göstermiştir. Ancak yenilenebilir enerji konusunda maliyet kalemlerinden önemli bir tanesini oluşturan teknik aksam temininin yerleştirilmesi ve AR-GE çalışmalarına yüksek teşvikler verilerek üretimin tamamının milli kaynaklar tercih edilerek gerçekleştirilmesi bu konuda büyük önem arz etmektedir.

Enerji arz güvenliğini sağlamak adına enerji portföyü kısa vadeli faydalardan ziyade uzun vadede ülke çıkarlarını koruyacak ve çevresel zararı minimize edecek şekilde planlanmalıdır. AB enerji temin rotalarını düzenlerken kaynak çeşitlendirmesine büyük önem vermektedir. Türkiye'nin jeostratejik açıdan sahip olduğu avantajı AB ile olan ekonomik ilişkilerini güçlendirmek amacıyla kullanması gerekmektedir. Enerji sadece makinaların çalışması için değil artık ülkeler arası ilişkileri belirlemede bir dış politika aracı haline gelmiştir.

Türkiye'de hükümetler uzun yıllardır nükleer enerji santrali kurulumu için çeşitli çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Akkuyu'da inşaatı süren VVER tipi santral ile Türkiye enerji ihtiyacının bir bölümünü nükleer enerjiden elde edecektir. Ancak üstlenici şirket ile yapılan anlaşma gereği üretilen elektriğe alım garantisi getirilmiştir. Ayrıca santralin sigortalanması ve atık yakıtların bertaraf edilmesi hususunda belirsizlikler mevcuttur. Santral işletmeye açılmadan önce bu konudaki çalışmalar tamamlanarak şeffaf bir şekilde kamuoyunun bilgisine sunulması gerekmektedir.

Günümüzde mevcut teknoloji ile yapılmış nükleer enerji santrallerinin ömrü kırk yıldır. Gerekli düzenlemeler ve yenilemeler ile birlikte altmış yıla çıkan ömürleri tamamlandığında santrallerin söküm işlemleri de yeni maliyetler doğurmaktadır. Nükleer santral sahası nesiller boyunca kontrol altında tutulmak zorundadır. Atık yakıtlar nükleer santrallerin işletim süreci ve ömrünü

tamamladıktan sonra çok daha uzun bir süre insan sağlığına ve çevreye tehdit oluşturmaktadır. Ayrıca AB tarafından yıllardır sürdürölen JET Projesi ve daha sonra dünyadan birçok ölkenin katılımıyla gerçekteştirilen ITER Programı, 2050’li yılların başında zararlı radyoaktif atık bırakmayacak “füzyon” enerjili yeni nesil nükleer enerji santrallerinin kurulacağını göstermektedir.

Türkiye’nin önümüzdeki otuz yıl boyunca ihtiyaç duyacağı enerjinin temin edilmesinde mevcut “fısyon” reaktörü teknolojisi ile kurulan yabancı menşekli nükleer santraller tercih edilmiştir. Rusya Devleti’ne ait Rosatom firması tarafından yapılan ve işletilecek olan Akkuyu Nükleer Enerji Santrali’nin ve Sinop’ta planlanan yeni kurulum projelerinin AB ile ekonomik ilişkilerin geliştirilmesi konusunda pozitif ayrımlaşan bir etki yapmayacağı öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

Acar S., Lucy Kitson ve Richard Bridle, “Türkiye’de Kömür ve Yenilenebilir Enerji Teşvikler” The International Institute for Sustainable Development, GSI Report, Mart 2015, https://www.iisd.org/gsi/sites/default/files/ffsandrens_turkey_coal_tk.pdf, Erişim Tarihi (31.05.2018), s. 10.

Atomic Heritage Foundation, James Chadwick, <https://www.atomicheritage.org/profile/james-chadwick>, Erişim Tarihi (06.12.2017).

Atomic Heritage Foundation, Leo Szilard, <https://www.atomicheritage.org/profile/leo-szilard>, Erişim Tarihi (08.12.2017).

<http://www.atomicarchive.com/Fission/Fission3.shtml>, Erişim Tarihi (30.10.2017).

American Institute Of Physics, Francis Perrin, <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/4820>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

Atomic Heritage Foundation, German Atomic Bomb Project, <https://www.atomicheritage.org/history/german-atomic-bomb-project>, Erişim Tarihi (11.12.2017).

Atomic Heritage Foundation, Werner Heisenberg <https://www.atomicheritage.org/profile/werner-heisenberg>, Erişim Tarihi (08.12.2017)

Atomic Heritage Foundation, Lev Kowarski, <https://www.atomicheritage.org/profile/lew-kowarski> Erişim Tarihi (11.12.2017).

Atomic Heritage Foundation, Ernest O. Lawrence, <https://www.atomicheritage.org/profile/ernest-o-lawrence>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

Atomic Heritage Foundation, “Jesse Beams”, <https://www.atomicheritage.org/profile/jesse-beams>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

Atomic Heritage Foundation, “Hyman G. Rickover”, <https://www.atomicheritage.org/profile/hyman-g-rickover>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

Atomic Heritage Foundation, McMillan Edwin, <https://www.atomicheritage.org/profile/edwin-mcmillan>, Erişim Tarihi (11.12.2017).

“Atoms for Peace”, <https://www.iaea.org/about/history/atoms-for-peace-speech>, Erişim Tarihi (28.11.2017).

Ausness R.C., “High-Level Radioactive Waste Management: The Nuclear Dilemma”, <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph241/koob2/docs/ausness.pdf>, Erişim Tarihi (23.06.2017).

Agence France-Presse in Vienna, “Austria Files Legal Complaint Against UK's Hinkley Point C Nuclear Plant”, The Guardian, <https://www.theguardian.com/world/2015/jul/06/austria-files-legal-complaint-against-uk-hinkley-point-c-nuclear-plant>, Erişim Tarihi (12.03.2018).

Australian Nuclear Science and Technology Organisation, “Benefits Of Nuclear Science”, <http://www.ansto.gov.au/NuclearFacts/BenefitsofNuclearScience/index.htm>, Erişim Tarihi (04.07.2017).

“Avrupa Topluluklarını Kuran Temel Antlaşmalar (AKÇT, AET, AAET)”, Avrupa Toplulukları'na İlişkin Temel Belgeler, cilt. 1, s. 6.

Broncaccio D., “Yankee Rowe Was A Powerful Piece Of History”, Greenfield Recorder, <http://www.recorder.com/Yankee-Rowe-exhibit-on-view-Saturdays-4597145>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

Black R., BBC, “Fukushima: As Bad As Chernobyl?”, <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-13048916>, Erişim Tarihi (26.06.2017).

Breen K., World Economic Forum, “What Is 'Networked Readiness' And Why Does It Matter?” 06.07.2016, <https://www.weforum.org/agenda/2016/07/what-is-networked-readiness-and-why-does-it-matter/>, Erişim Tarihi (28.01.2018).

Budak T., “Türkiye'nin Enerji Politikasında Tanap ve Türk Akımı”, BİLGESAM Analiz/Enerji, No:1364, 27 Mart 2017, s. 4.

Cockcroft J., Ernest T.S. Walton, Official Nobel Prize Website, The Nobel Prize in Physics 1951, https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1951/, Erişim Tarihi (06.12.2017).

Churchill Archives Centre, University of Cambridge, Egon Bretscher, “*Papers and Correspondence of Egon Bretscher 1901-1973*” <https://archiveshub.jisc.ac.uk/search/archives/c8f8f605-a223-3fa5-9145-4d0a57c2da51> Erişim Tarihi (12.12.2017).

Council of the European Union, “Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on risk-preparedness in the electricity sector and repealing Directive 2005/89/EC”, 22 Kasım 2017, Brüksel.

Devlet Planlama Teşkilatı, Kalkınma Planı- Birinci Beş Yıl, s. 143.

Dışkaya S.K., “Türkiye’nin Enerji Güvenliğinde Yenilenebilir Enerji Etkisinin Politik Ekonomi Perspektifi”, Marmara Üniversitesi Siyasal Bilimler Dergisi, Cilt 5, Sayı 2, Eylül 2017, s. 145.

Doğaner Ö., “Enerjide Dönüşüm ve İletişim Dönemi”, Sabah Gazetesi, 03 Aralık 2017, <https://www.sabah.com.tr/yazarlar/ozlemdoganer/2017/12/03/enerjide-donusum-ve-iletisim-donemi> Erişim Tarihi (17.05.2018).

Ryan Dudzinski, The Tokaimura Criticality Accident of 1999, <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph241/dudzinski1/>, Erişim Tarihi (28.06.2017).

Duman V., “Fukuşima Nükleer Santral Kazası”, <https://www.fmo.org.tr/wp-content/belgeler/fukushimaraporu.pdf>, s.13.

Duru B., “Ortak Bir Çevre Politikası Gereği”, Avrupa Birliği Çevre Politikası, <http://acikarsiv.ankara.edu.tr/browse/817/Microsoft%20Word%20-%201151.pdf?show>, Erişim Tarihi (21.01.2018), s. 1.

EnerjiBeş Temiz Enerji Portalı, Rüzgar Enerjisinin Avantajları ve Dezavantajları, <http://www.enerjibes.com/ruzgar-enerjisinin-avantajlari-ve-dezavantajlari/>, Erişim Tarihi (18.09.2016).

Erden O., “Doğu ve Güneydoğu Anadolu Jeotermal Kaynaklarının, Potansiyeli ve Değerlendirilmesi”, http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/69ff987c643b4be_ek.pdf, s. 94.

Eurostat, [http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/File:Production_of_primary_energy,_EU-28,_2014_\(%25_of_total,_based_on_tonnes_of_oil_equivalent\)_YB16.png](http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/File:Production_of_primary_energy,_EU-28,_2014_(%25_of_total,_based_on_tonnes_of_oil_equivalent)_YB16.png), Erişim Tarihi (20.09.2016).

Eurostat, http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/1/19/Energy_production%2C_2004_and_2014_%28million_tonnes_of_oil_equivalent%29_YB16.png, Erişim Tarihi 20.09.2016.

Elektrik Üreticileri Derneği, Cari Açığın Kaynağı Enerji, <http://www.eud.org.tr/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFFA79D6F5E6C1B43FFC112613E4DF20E8E>, Erişim Tarihi (28.09.2016).

ETKB, “Kömür Nedir?”, <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FK%C3%B6m%C3%BCr+Nedir-.pdf>, Erişim Tarihi (07.06.2017).

ETKB, Kömür, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Komur>, Erişim Tarihi (08.06.2017).

Encyclopædia Britannica, Martin Klaproth, <https://www.britannica.com/biography/Martin-Heinrich-Klaproth>, Erişim Tarihi (09.11.2017).

Encyclopædia Britannica, “Standart Oil Company and Trust”, <https://www.britannica.com/topic/Standard-Oil-Company-and-Trust>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

Ekolojist, “Rüzgâr Enerjisinde Başı Çeken Ülkeler”, <http://ekolojist.net/ruzgar-enerjisinde-basi-ceken-ulkeler/>, (15.06.2017).

European Commission, “Communication From The Commission-Energy For The Future: Renewable Sources Of Energy”, White Paper for a Community Strategy and Action Plan, 26.11.1997, s. 38.

European Union, “Energy”, EU by Topic, https://europa.eu/european-union/topics/energy_en, Erişim Tarihi (21.01.2018).

European Commission, “Energy Union: Secure, Sustainable, Competitive, Affordable Energy For Every European”, Press-Release, http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-4497_en.htm, Erişim Tarihi (09.09.2017).

European Commission, Eur-Lex, “REGULATION (EU) No 347/2013 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 April 2013”, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32013R0347>, Erişim Tarihi (24.02.2018).

European Commission, Eur-Lex, “REGULATION (EU) 2017/1938 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 October 2017”, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32017R1938&from=EN> Erişim Tarihi (25.02.2018).

Erdoğan N., “Tanap Projesinin Türkiye Ve Azerbaycan Enerji Politikalarındaki Yeri Ve Önemi” Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt-Sayı: 10(3), Yıl: Temmuz 2017, syf. 14.

Eroğlu G. - Şahiner M., “Dünyada ve Türkiye’de Uranyum ve Toryum” MTA, Eylül 2017, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/Uranyum-Toryum.pdf>, Erişim Tarihi (05.05.2018).

Fröman N., Official Nobel Prize Website, “Marie and Pierre Curie and the Discovery of Polonium and Radium”, https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/themes/physics/curie/, Erişim Tarihi (09.11.2017).

Fakley D.C., “The British Mission”, <https://www.osti.gov/opennet/manhattan-project-history/publications/LANLBritishMission.pdf>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

Fukushima On The Globe, “What Happened?”, <http://fukushimaontheglobe.com/the-earthquake-and-the-nuclear-accident/whats-happened>, Erişim Tarihi (02.07.2017).

Federal Office for Spatial Development (ARE), “Brundtland Report-1987”, <https://www.are.admin.ch/are/en/home/sustainable-development/international-cooperation/2030agenda/un-milestones-in-sustainable-development/1987--brundtland-report.html>, Erişim Tarihi (21.02.2018).

Gülay A.N., “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye’nin Geleceği ve Avrupa Birliği İle Karşılaştırılması”, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi).

General Electrics, “ABWR Development and Designs Objectives”, ABWR Plant General Description, www.fornuclear.org/images/stories/recursos/.../Descripcion_general_ABWR_GE.pdf, Erişim Tarihi (14.12.2017), s. 16.

Gupta A., “Top 10 Nuclear Power Plants By Capacity”, Power Technology, <http://www.power-technology.com/features/feature-largest-nuclear-power-plants-world/>, Erişim Tarihi (25.06.2017).

Gürbüz Ö., “Nükleer Enerji Kaça Patlar?”, İkibin50 Dergisi, <http://www.ikibin50dergisi.org/43/nukleer-santral-kaca-patlar.html>, 8 Kasım 2012, Erişim Tarihi (29.07.2017).

Joe P. Hasler, “Investigating Russia’a Biggest Dam Explosion: What Went Wrong?”, <http://www.popularmechanics.com/technology/infrastructure/a5346/4344681/>, Erişim Tarihi (18.09.2016).

Green B.J., “The European Fusion Research and Development Programme and the ITER Project”, Journal of Physics: Conference Series, vol:44, (2006), <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/44/1/001>, Erişim Tarihi (21.03.2018), s. 1–9.

Hayli S., “Rüzgâr Enerjisinin Önemi, Dünya’da ve Türkiye’deki Durumu”, *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt 11, Sayı 1, 2001, s. 1-26.

Hatunoğlu E.E., “Biyoyakıt Politikalarının Tarım Sektörüne Etkileri”, http://www.surdurulebilirkalkinma.gov.tr/wp-content/uploads/2016/06/Biyoyakit_Politikalarının_Tarım_Sektorune_Etkileri.pdf, Erişim Tarihi (21.06.2017).

Hancı İ.H., “Nükleer Silahlar: Üretimi ve Etkileri”, <http://www.ttb.org.tr/STED/sted1001/nukleer.pdf>, STED, cilt 10, Sayı 10, 2001, s. 386.

Hürriyet, “Nükeer Füzyon Reaktörü Rekor Kırdı.”, <http://www.hurriyet.com.tr/bu-icat-tarihi-degistirebilir-nukleer-fuzyon-reaktoru-rekor-kirdi-40255721>, Erişim Tarihi 17.06.2017.

Hore-Lacy I., “Uranium for Nuclear Power: Resources, Mining and Transformation to Fuel”, https://books.google.com.tr/books?id=U8PIBwAAQBAJ&pg=PA3&lpg=PA3&dq=uranium+boiler&source=bl&ots=QPEwbQuKiH&sig=3_KZQESCFJANbjzz2F3h2R_I8g&hl=tr&sa=X&ved=0ahUKEwjCvfm-2YHYAhWDDewKHXY1DnMQ6AEIUDAH#v=onepage&q=uranium%20boiler&=false, Erişim Tarihi (11.12.2017).

International Energy Agency, Key World Energy Statics 2015, s. 56.

International Finance Corporation, “Design And Typical Layouts”, Hydroelectric Power A Guide for Developers and Investors, https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/06b2df8047420bb4a4f7ec57143498e5/Hydro-power_Report.pdf?MOD=AJPERES , Erişim Tarihi (15.06.2017), s. 18.

International Atomic Energy Agency (IAEA), “General Design and Principles of the Advanced Gas-Cooled Reactor (AGR)”, Nuclear Graphite Knowledge Base AGR, [https://nucleus.iaea.org/sites/graphiteknowledgebase/wiki/Guide_to_Graphite/General%20Design%20and%20Principles%20of%20the%20Advanced%20Gas-Cooled%20Reactor%20\(AGR\).aspx](https://nucleus.iaea.org/sites/graphiteknowledgebase/wiki/Guide_to_Graphite/General%20Design%20and%20Principles%20of%20the%20Advanced%20Gas-Cooled%20Reactor%20(AGR).aspx), Erişim Tarihi (12.12.2017).

International Atomic Energy Agency, “Power Reactor Information System, The Database on Nuclear Power Reactors”, <https://www.iaea.org/pris/>, Erişim Tarihi (15.12.2017).

International Atomic Energy Agency, “Experiment At Vinca”, <https://www.iaea.org/sites/default/files/.../02205800405.pdf>, Erişim Tarihi (22.06.2017).

International Atomic Energy Agency, “Significant Incidents In Nuclear Fuel Cycle Facilities”, Viyana, 1996, s. 38.

International Atomic Energy Agency, International Nuclear and Radiological Event Scale (INES), <https://www.iaea.org/topics/emergency-preparedness-and-response-epr/international-nuclear-radiological-event-scale-ines>, Erişim Tarihi (26.06.2017).

International Atomic Energy Agency, Nuclear Fuel Cycle & Waste Technology, Waste Technology Section, https://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/Technical-Areas/WTS/sealed_sources-sealedsources.html, Erişim Tarihi (16.02.2018).

Joskow P.L.-Parsons J.E., “The Economic Future of Nuclear Power”, 2009, s. 46.

Karagöl E.T. – Kavaz İ., “Dünyada Ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji”, Setav Yayınları, Sayı: 197, Nisan 2017, s. 11.

Kaya İ.S., “Nükleer Enerji Dünyasında Çevre Ve İnsan”, *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt 1, 2012, Sayı:24, s. 78.

Kaya F.-Göral E., “Türkiye’nin Nükleer Enerji Politikası”, *Akademik Bakış Dergisi*, Sayı: 57, Eylül - Ekim 2016, s. 422.

Karagöl E.T., “Türkiye’nin Milli Enerji ve Maden Politikası”, 2017’de Türkiye, Setav Yayınları, Sayı:203, Haziran 2017, s. 12.

Kaljasin, V.I. Thermal Diffusion, <http://www.thermopedia.com/content/1189/>, Erişim Tarihi (02.11.2017).

Keskin H., Stratejik Açından Avrupa Birliği Enerji Politikası Ve Uluslararası Güvenlik Sistemine Etkisi, (T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Avrupa Birliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi), İzmir 2006, s. 282.

Kılıç N., “Çevre ve Dış Politika İlişkisi: Çernobil Kazası ve Türk Dış Politikasına Yansımaları”, *İGÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı 4, 2017, s. 155.

Kıl F.İ., “Akaryakıt Piyasasında EPDK Tarafından Uygulanan İdari Yaptırımlar Üzerine Genel Bir Değerlendirme”, Enerji Piyasaları ve Politikaları Enstitüsü, 12 Mayıs 2014, <http://www.eppen.org/index.php?sayfa=Yorumlar&link=&makale=61>, Erişim Tarihi (05.06.2018).

Körpınar A.-Şişman B., “Nükleer Enerji Nedir?”, TEİAŞ, <http://www.teias.gov.tr/eBulten/makaleler/2011/NUKLEER%20ENERJİ%20NEDİR/NUKLEER%20ENERJİ%20NEDİR.htm>, Erişim Tarihi 17.06.2017.

Kum H., “Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler Ve Politikalar”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Sayı: 33, Temmuz-Aralık 2009, s. 207-223.

Kumbaroğlu G., Nükleer Enerjiye Geçişte Türkiye Modeli, EDAM, İstanbul, 2011, s. 89.

Kütükçüoğlu A., “Türkiye'nin Geçmişteki Nükleer Enerji Deneyimleri”, s. 40.
Kısacık S., Enerji Nakil Hatları Çerçevesinde Türkiye-Azerbaycan İlişkileri, Bilge Strateji, 2009.

Kristiansen T., “Nuclear Power Generation”, International Association for Energy Economics, <https://www.nrc.gov/docs/ML1000/ML100050089.pdf>, Erişim Tarihi (02.07.2017), s. 27.

Kharecha P.-Hansen J., “Coal And Gas Are Far More Harmful Than Nuclear Power”, <https://climate.nasa.gov/news/903/coal-and-gas-are-far-more-harmful-than-nuclear-power/>, Erişim Tarihi (03.07.2017).

Kesbiç C.Y.-Şimşek H., “Avrupa Birliği Ortak Enerji Politikası”, *Muğla Üniversitesi SBE Dergisi*, Güz 2001, Sayı 5, <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/217402>, Erişim Tarihi (21.01.2018), s. 8.

Kara M., “İşte Türkiye’nin Yeni Enerji Stratejisi”, *Dünya Gazetesi*, <https://www.dunya.com/ sektorler/enerji/iste-turkiyenin-yeni-enerji-stratejisi-haber-357149>, Erişim Tarihi (04.04.2018).

Linda Hall Library, Paul Villard, <http://www.lindahall.org/paul-villard/> Erişim Tarihi (09.11.2017).

Lee S, “*Rudolf Peierls - a Local Hero of Global Stature*”, University of Birmingham, <https://www.birmingham.ac.uk/schools/historycultures/departments/history/research/projects/rudolf-peierls.aspx>, Erişim Tarihi (08.12.2017).

Lehtonen M., “Finland, France And Sweden: Models For Successful Radioactive Waste Management Policy?”, <https://www.umwelt.niedersachsen.de/live/search.php?q=Markku+Lehtonen&searchSort=date>, Erişim Tarihi (12.02.2018).

MAUD Committe, https://ipfs.io/ipfs/QmXoyvizjW3WknFiJnKLwHCnL72vedxjQkDDP1mXW06uco/wiki/MAUD_Committee.html, Erişim Tarihi (02.11.2017).

Matson J., “MOX Battle: Mixed Oxide Nuclear Fuel Raises Safety Questions”, *Scientific American*, <https://www.scientificamerican.com/article/mox-fuel-nuclear/>, Erişim Tarihi (14.12.2017).

Memorandum on a Mechanism for Preventing and Overcoming Emergency Situations in the Energy Sector Within the Framework of the EU-Russia Energy Dialogue.

Nuclear Power, Uranium 238, <http://www.nuclear-power.net/nuclear-power-plant/nuclear-fuel/uranium/uranium-238/>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

Nuclear Power, Uranium 235, <http://www.nuclear-power.net/nuclear-power-plant/nuclear-fuel/uranium/uranium-235/>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

Nuclear Power, Pu-239, <http://www.nuclear-power.net/nuclear-power-plant/nuclear-fuel/plutonium/plutonium-239/>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

Nikol K., “America’s First Civilian Nuclear Plant”, *Pennsylvania Center For The Book*, 2010, <http://pabook2.libraries.psu.edu/palitmap/Shippingport.html>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

Nuclear Monitor, “Sosnovy Bor: City Of Nuclear Optimists”, <https://www.wiseinternational.org/nuclear-monitor/430/sosnovy-bor-city-nuclear-optimists>, Erişim Tarihi (14.12.2017).

Nuclear Threat Initiative, “Hanul Nuclear Power Complex”, <http://www.nti.org/learn/facilities/6/>, Erişim Tarihi (25.06.2017).

Nuclear Energy Institution, “Chernobyl Accident And Its Consequences”, <https://www.nei.org/Master-Document-Folder/Backgrounders/Fact-Sheets/Chernobyl-Accident-And-Its-Consequences>, Erişim Tarihi (26.06.2017).

National Academy of Sciences , “Lessons Learned from the Fukushima Nuclear Accident for Improving Safety of U.S. Nuclear Plants”, <https://www.nap.edu/resource/18294/fukushima-brief05-PDFfromNAP-LoRes.pdf>, Erişim Tarihi (29.06.2018).

Ocak M.E., *Bilim Genç Dergisi*, 16.10.2014, TÜBİTAK, <http://www.bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/uranyum-zenginlestirme-nedir-0>, Erişim Tarihi (12.12.2017).

Our Finite World, Dünyada 1820’den 2012’ye Enerji Tüketimi, <https://ourfiniteworld.com/2012/03/12/world-energy-consumption-since-1820-in-charts/>, Erişim Tarihi (28.09.2016).

Özden A. – Haçikoğlu Maral, “Enerji Sektöründe Yatırımlar”, A&T Bank Enerji Sektörü Raporu, https://www.atbank.com.tr/documents/ENERJI%20Sektoru_SUBAT%202018.PDF, s. 13.

Official Nobel Prize Website, “Henri Becquerel”, https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1903/becquerel-bio.html, Erişim Tarihi (09.11.2017).

Official Nobel Prize Website, Ernest Rutherford, https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1908/rutherford-bio.html, Erişim Tarihi 06.12.2017.

Official Nobel Prize Website, “Glenn T.Seaborg”, https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1951/seaborg-bio.html, Erişim Tarihi (11.12.2017).

Official Nobel Prize Website, “Harold C. Urey”, https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/1934/urey-bio.html, Erişim Tarihi (12.12.2017).

Özalp M., “Türkiye’de Nükleer Enerji Kurulumunun Enerjide Dışa Bağımlılık Ve Arz Güvenliğine Etkisi”, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 18, Sayı 2, 2017, s. 176.

Pamir N., “Büyük Tüketicilerin Hızla Artan İthalat Bağımlılıkları Ve Enerji Kaynaklarının Kontrolü Savaşımı”, http://www.emo.org.tr/ekler/c6744c9d42ec2cb_ek.pdf, s. 64.

Phillips L., “Europe Divided Over Nuclear Power After Fukushima Disaster”, The Guardian, <https://www.theguardian.com/environment/2011/may/25/europe-divided-nuclear-power-fukushima>, Erişim Tarihi (09.03.2018).

Pidd H.-Goldenberg S., “Germany Suspends Power Station Extension Plans As Nuclear Jitters Spread”, The Guardian, <https://www.theguardian.com/environment/2011/mar/14/germany-japan-nuclear-industry>, Erişim Tarihi (10.03.2018).

“Report by MAUD Committee on the Use of Uranium for a Bomb” <http://www.atomicarchive.com/Docs/Begin/MAUD.shtml>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

Reuters, “Gazprom Sees Political Risk To Ukraine Gas Payments”, <https://www.reuters.com/article/gazprom-ukraine/update-2-gazprom-sees-political-risk-to-ukraine-gas-payments-idUSLC31093620090912?pageNumber=1&virtualBrandChannel=0>, Erişim Tarihi (01.04.2018).

Sevim C., “Küresel Enerji Jeopolitiği ve Enerji Güvenliği”, *Yaşar Üniversitesi Dergisi*, Cilt 26, Sayı 7, 2012, s. 4388.

Sevim C., *Küresel Enerji Stratejileri ve Jeopolitik*, 1.Baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara 2012, s. 198.

Sevim C., *Küresel Enerji Stratejileri ve Jeopolitik*, 1.Baskı Ankara 2012, s. 203-205.

Shampo M.A, Kyle R.A., Steensma D.P., “Frederick Soddy—Pioneer in Radioactivity”, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3104923/>, Erişim Tarihi (06.12.2017).

Schulz W. Wallace “Uranium Processing”, Encyclopædia Britannica, <https://www.britannica.com/technology/uranium-processing#ref623650>, Erişim Tarihi (10.11.2017).

Selek A., Endüstri 4.0 Platformu, “Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk” <http://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>, Erişim Tarihi (28.01.2018).

Sanalan Y., “Türkiye Atom Enerjisi Kurumu’nun Nükleer Enerji Üretimindeki Yeri”, http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/29/033/29033648.pdf, Erişim Tarihi (03.05.2018), s. 130.

Şimşek C., “Belleville Nükleer Santrali Cari Dengeye Katkı Sağladı”, Enerji Enstitüsü, 15/01/2018, <http://enerjienstitusu.com/2018/01/15/belleville-nukleer-santrali-cari-dengeye-katki-sagladi/>, Erişim Tarihi (12.03.2018).

Şimşek C., “Fransa’nın Elektrik İhtiyacının En Az Yarısı Daima Nükleer Enerjiyle Karşılancak”, Enerji Enstitüsü, <http://enerjienstitusu.com/2013/12/10/fransanın-elektrik-ihtiyacinin-en-az-yarisi-daima-nukleer-enerjiyle-karsilanacak/>, Erişim Tarihi (12.03.2018).

Şimşek G., “Kuzey Irak’ın Enerjisini Unuttuk Mu?”, Habertürk, 24 Ocak 2018, <http://www.haberturk.com/yazarlar/guntay-simsek-1019/1808790-kuzey-irakin-enerjisini-unuttuk-mu>, Erişim Tarihi (09.04.2018).

TAEK, “Günümüzde Nükleer Enerjiye Genel Bakış”, <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/166-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/435-bolum-01-gunumuzde-nukleer-enerjiye-genel-bakis.html>, Erişim Tarihi (17.06.2017).

TAEK, “Nükleer Enerjinin Ekonomisi”, <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/166-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/441-bolum-07-nukleer-enerjinin-ekonomisi.html>, Erişim Tarihi (28.06.2017).

Taner A.C., “Global Karbonsuz Toryum Yakıtlı Nükleer Güç Santralleri Elektrik Üretimi için Çin ve Hindistan’da Yürütülen Araştırma, Geliştirme ve AR-GE Faaliyetleri”, <https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2011/07/Global-Karbonsuz-Toryum-Yakıtlı-Nükleer-Güç-Santralleri-Elektrik-Üretimi-için-Çin-ve-Hindistan-da-Yürütülen-Araştırma-Geliştirme-ARGE-Faaliyetleri.pdf>, Erişim Tarihi (06.05.2018), s. 2.

TDK, Güncel Türkçe Sözlük, http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.57e190f2994652.46002367, Erişim Tarihi (28.09.2016).

Türkiye Petrolleri, Ham Petrol ve Doğalgaz Raporu, http://www.tpao.gov.tr/tp5/docs/imaj/HP_DG_SEKTOR_RPR_040515.pdf, Erişim Tarihi 28.09.2016.

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, <http://www.taek.gov.tr/kurumsal/uluslararası/uluslararası-cok-tarafli-anlasmalar-sozlesmeler/768-nukleer-guvenlik-sozlesmesi.html>, Erişim Tarihi (18.09.2016).

Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, “Radyoaktif Atık Yönetimi”, <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/166-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/438-bolum-04-radyoaktif-atik-yonetimi.html>, Erişim Tarihi (23.06.2017).

TÜSİAD, 21. Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, İstanbul 1998, s. 65.

“Tepco Contemplates 2019 Restart For Giant Kashiwazaki-Kariwa Nuclear Plant”, *Japan Times*, <http://www.japantimes.co.jp/news/2017/04/22/national/tepco-eyes-2019-restart-kashiwazaki-kariwa-nuclear-reactors/#.WU7U6RPyiu5>, Erişim Tarihi (25.06.2017).

TEPCO, “Press Releases”, <http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/11110413-e.html>, Erişim Tarihi (02.07.2017).

T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı, “Avrupa Birliğinin Tarihçesi”, <http://www.ab.gov.tr/105.html>, Erişim Tarihi (20.01.2018).

TEİAŞ, “Avrupa Elektrik İletim Sistemi İşletmecileri Ağı”, <https://www.teias.gov.tr/tr/kurumsal/uyelikler/uluslararası-kuruluslar/entso-e>, Erişim Tarihi (22.02.2018).

Uçkun A., ‘AB’de Entegre Bir Enerji Piyasası İçin Son Hamle: Enerji Birliği’, EY International Congress on Economics II "GROWTH, INEQUALITY AND POVERTY".

Uyar T.S., “Sürdürülebilir Değil, Yenilenebilir Enerji”, http://www.bugday.org/portal/haber_detay.php?hid=79, Erişim Tarihi 28.09.2016.

US National Library of Medicine National Institutes of Health, Cecil G. Dunn, Journal of Bacteriology, Samuel Prescott, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC279430/>, Erişim Tarihi (06.12.2017).

United States Environmental Protection Agency, “Summary of the Energy Policy Act”, <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-energy-policy-act>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

U.S.N.R.C, “Information Notice No. 83-66, Supplement 1: Fatality at Argentine Critical Facility.”, 1984.

Uslu T., “Madenler Ve Savaşlar”, Madencilik Türkiye, 1 Eylül 2012, <http://www.madencilik-turkiye.com/pdfler/mak-1379081782.pdf>, Erişim Tarihi (09.08.2017), s. 50.

World Nuclear Association, Thorium, Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency, Uranium 2014: Resources, Production and Demand, <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/thorium.aspx>, Erişim Tarihi 20.09.2016, s. 40.

World Nuclear Association, Uranium Enrichment, Mayıs 2017, <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/conversion-enrichment-and-fabrication/uranium-enrichment.aspx>, Erişim Tarihi (13.12.2017).

“World Energy Needs and Nuclear Power”, <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/world-energy-needs-and-nuclear-power.aspx>, Erişim Tarihi (14.12.2017).

World Nuclear Association, “Plans For New Reactors Worldwide”, <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/plans-for-new-reactors-worldwide.aspx>, Erişim Tarihi (14.12.2017).

World Nuclear Association, “Nuclear Power in Italy”, <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/italy.aspx>, Erişim Tarihi (26.06.2017).

World Nuclear Association, “Variation Of Capital Costs”, The New Economics of Nuclear Power, Mayıs 2018, <https://www.nrc.gov/docs/ML1000/ML100050089.pdf>, Erişim Tarihi (29.06.2017), s. 18.

World Economic Forum, Klaus Schwab, <https://www.weforum.org/about/klaus-schwab>, Erişim Tarihi (28.01.2018).

World Economic Forum, The Global Competitiveness Report 2017-2018, syf. 11.

Yarman T., “Nükleer Enerji ve Türkiye”, Türkiye 10. Enerji Kongresi, 2006, İstanbul.

Yardımcı O., “Türkiye Doğal Gaz Piyasası: Geçmiş 25 Yıl, Gelecek 25 Yıl”, Ekonomi Bilimleri Dergisi, Cilt 3, No 2, 2011, s. 160.

Yılmaz E.A., “Güvenlik Ve Ekonomik Boyutuyla Nükleer Enerji Tartışmaları: Akkuyu Nükleer Santrali Örneği”, *CÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 39, Sayı: 1, Haziran 2015, s. 230.

Yavaş H., Hazar World 14, Şubat 2014, https://www.academia.edu/7766563/Hazar_World-_Sayı_14-_Ocak_2014?auto=download, Erişim Tarihi (08.10.2017).

Yorkan A., “Avrupa Birliği'nin Enerji Politikası Ve Türkiye'ye Etkileri”, Bilge Strateji, Cilt 1, Sayı 1, Güz 2009, s. 27.

Yorkan A., “Kerkük-Yumurtalık Ham Petrol Boru Hattı ve Geleceği”, BİLGESAM, (14.03.2008),

Yıldız D., “AB'nin Rusya'ya Enerji Bağımlılığı Azalır Mı?”, Topraksuenerji Çalışma Grubu, Ağustos 2013.