



T.C.  
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**NÜKLEER ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK  
PERFORMANS ARASINDAKİ İLİŞKİ: PANEL VERİ  
ANALİZİ**

**Hazırlayan**  
Cihan USTA

İktisat Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**Danışman**  
Doç. Dr. Türker ŞİMŞEK

TOKAT-2019

## **BİLİMSEL ETİK SAYFASI**

Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Doç. Dr. Türker ŞİMŞEK danışmanlığında hazırlamış olduğum “Nükleer Enerji Tüketimi ve Ekonomik Performans Arasındaki İlişki: Panel Veri Analizi” adlı Yüksek Lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

25/07/2019

Cihan USTA



NÜKLEER ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK PERFORMANS  
ARASINDAKİ İLİŞKİ: PANEL VERİ ANALİZİ

Tezin Kabul Ediliş Tarihi: 27 / 06 / 2019

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Türker ŞİMŞEK

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Cem Kaan ARSLAN

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Murat ÖZDEMİR

Bu tez, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yönetim Kurulunun 30/05/2019 tarih ve 32/sayılı oturumunda belirlenen jüri tarafından kabul edilmiştir.

Enstitü Müdürü: Prof. Dr. İlhan EROĞLU



## TEŞEKKÜR

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans programı süresince en başından en sonuna kadar bilimsel katkıları ve tecrübelerinin yanı sıra her konuda desteğini ve yardımını esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Türker Şimşek'e teşekkür ederim. Teze sunmuş oldukları katkılardan dolayı tez savunması jüri üyeleri Sayın Dr. Öğr. Üyesi Murat Özdemir'e ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Cem Kaan Arslan'a teşekkür ederim. Hem tez çalışmam sırasında hem de yüksek lisans ders dönemi boyunca gösterdikleri sabır ve destekleri için ev arkadaşlarım Emre Yiğit'e ve Yavuz Özkaya'ya teşekkür ederim. Ayrıca, her zaman aldığım kararları saygıyla karşılayan devamlı arkamda duran ve desteklerini esirgemeyen annem Döndü Usta'ya, babam Yaşar Usta'ya, kardeşlerim Muammer Usta ve Nurgül Usta'ya teşekkür ederim.

## ÖZET

Politika karar vericilerin ve araştırmacıların ilgisini gün geçtikçe çeken nükleer enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisinin anlaşılması sürdürülebilir kalkınma anlayışında önem arz etmektedir. Çalışma nükleer enerji tüketiminde Dünya’da ilk sıralarda yer alan 11 ülkede (Almanya, Amerika, Çin, Fransa, Güney Kore, Hindistan, İngiltere, Japonya, Kanada, Rusya, Ukrayna) nükleer enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisini incelemeyi amaç edinmektedir. Bu amaç doğrultusunda Dünya Bankası Ekonomi Kalkınma Göstergeleri ve BP Dünya Enerji İstatistikleri Raporları’ndan derlenen 1997-2017 dönemine ait normalize edilmiş yıllık veriler kullanılarak Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi (PMGE), Ortalama Grup Tahmincisi (MGE) ve Dinamik Sabit Etkiler (DFE) yöntemlerine başvurulmuştur. Stata programı aracılığıyla yapılan ekonometrik analiz sonucunda nükleer enerji tüketiminin ekonomik performans üzerinde kısa dönemde etkili olmaz iken uzun dönemde Japonya dışında diğer ülkelerde nükleer enerji tüketiminin ekonomik performans üzerinde etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Panel veri yönteminde her bir ülke için ayrı ayrı sonuçlar sağlanan analizden çıkan bulguların politika karar vericiler tarafından dikkate alınarak uygun ekonomi politikalarının izlenmesi ekonomik performans ve etkinlik açısından önemli olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Nükleer Enerji Tüketimi, Ekonomik Performans, Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi, Ortalama Grup Tahmincisi, Dinamik Sabit Etkiler

## ABSTRACT

Understanding the relationship between nuclear energy consumption and economic growth, which has attracted the attention of policy-makers and researchers, is crucial in the understanding of sustainable development. The study aims to investigate the relationship between nuclear energy consumption and economic growth in 11 countries (Germany, America, China, France, South Korea, India, England, Japan, Canada, Russia, Ukraine) that are in the top ranks in the world in nuclear energy consumption. For this purpose, Pooled Average Group Estimator (PMGE), Average Group Estimator (MGE) and Dynamic Constant Effects (DFE) methods were used by using normalized annual data for the period 1997-2017 compiled from World Bank Development Indicators and BP World Energy Statistics Reports. As a result of the econometric analysis conducted through the Stata program, it has been concluded that nuclear energy consumption does not have an impact on economic performance in the short term, whereas nuclear energy consumption in other countries, except Japan, has an impact on economic performance in the long term. In the panel data method, it will be important for economic performance and efficiency to be followed by policy decision makers considering the findings from the analysis provided for each country separately.

**Key Words:** Nuclear Energy Consumption, Economic Performance, Pooled Average Group Estimator, Mean Group Estimator, Dynamic Fixed Effects

## İÇİNDEKİLER

Bilimsel Etik Sayfası .....	i
Jüri Onay Sayfası .....	ii
Teşekkür.....	iii
Özet.....	iv
Abstract.....	v
İçindekiler .....	vi
Tablolar Listesi .....	x
Şekiller Listesi .....	xi
Kısaltmalar.....	xii
<b>GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>BÖLÜM 1: NÜKLEER ENERJİ.....</b>	<b>3</b>
1.1. NÜKLEER ENERJİNİN TANIMI .....	3
1.1.1. Radyasyon ve Radyoaktivite .....	4
1.2. NÜKLEER ENERJİNİN TARİHİ .....	5
1.3. NÜKLEER ENERJİ SANTRALLERİ .....	7
1.3.1. Dünya Geneline Nükleer Enerji Santralleri.....	7
1.3.2. Nükleer Santral Kazaları .....	11
1.3.2.1. Windscale Nükleer Reaktör Kazası .....	11
1.3.2.2. Three Mile Adası Nükleer Reaktör Kazası .....	11
1.3.2.3. Çernobil Nükleer Reaktör Kazası.....	12
1.4. NÜKLEER TEKNOLOJİLERİN KULLANIM ALANLARI.....	13
1.4.1. Tıbbi Tedavi .....	13
1.4.2. Tıbbi Malzeme Sterilizasyon.....	13
1.4.3. Gıdaların Radyasyonla Korunması.....	14
1.4.4. Patojen Azaltma.....	14
1.4.5. Böcek Kontrolü .....	15
1.5. NÜKLEER ENERJİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI .....	15
1.5.1. Nükleer Enerjinin Avantajları .....	15
1.5.2. Nükleer Enerjinin Dezavantajları .....	17
1.6. ENERJİ SORUNU VE ÇEVRESEL SORUNLAR.....	18
1.6.1. Çevresel Kuznets Eğrisi .....	21

<b>BÖLÜM 2: NÜKLEER ENERJİ VE EKONOMİK PERFORMANS .....</b>	<b>23</b>
2.1. EKONOMİK PERFORMANS KAVRAMI .....	23
2.2. NÜKLEER ENERJİNİN EKONOMİK ETKİLERİ .....	25
2.2.1. Endüstriyel Gelişimde Nükleer Enerjinin Yeri .....	26
2.2.2. Nükleer Gücün Sosyo-Ekonomik Etkisi .....	27
2.2.3. Nükleer Santrallerin Personel İhtiyacı ve Eğitimi .....	28
2.2.4. Nükleer Enerji ve Uluslararası İlişkiler .....	29
2.3. SEÇİLMİŞ ÜLKELERDE NÜKLEER ENERJİ PROFİLLERİ .....	31
2.3.1. Almanya'nın Nükleer Enerji Profili .....	31
2.3.1.1. Enerji Politikası ve İstatistiği .....	32
2.3.1.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış .....	34
2.3.1.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri .....	35
2.3.1.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi .....	35
2.3.2. Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) Nükleer Enerji Profili .....	36
2.3.2.1. Tahmini Mevcut Enerji Durumu .....	37
2.3.2.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış .....	38
2.3.2.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri .....	41
2.3.2.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi .....	42
2.3.3. Birleşik Krallık'ın Nükleer Enerji Profili .....	42
2.3.3.1. Birleşik Krallık Enerji Politikaları ve Enerji İstatistikleri .....	43
2.3.3.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış .....	44
2.3.3.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri .....	45
2.3.3.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi .....	45
2.3.4. Çin'in Nükleer Enerji Profili .....	46
2.3.4.1. Çin Enerji Politikası ve İstatistikleri .....	47
2.3.4.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış .....	48
2.3.4.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri .....	49
2.3.4.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi .....	50
2.3.5. Fransa'nın Nükleer Enerji Profili .....	50
2.3.5.1. Enerji Politikası ve İstatistikleri .....	51
2.3.5.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış .....	53
2.3.5.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri .....	56



2.3.5.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi .....	56
2.3.6. Güney Kore Cumhuriyeti'nin Nükleer Enerji Profili .....	57
2.3.6.1. Enerji Politikası .....	57
2.3.6.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış .....	58
2.3.6.3. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi .....	59
2.3.7. Hindistan'ın Nükleer Enerji Profili .....	59
2.3.7.1. Enerji Politikası .....	59
2.3.7.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış .....	60
2.3.7.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri .....	61
2.3.7.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi .....	62
2.3.8. Japonya'nın Nükleer Enerji Profili .....	63
2.3.8.1. Japonya Enerji İstatistikleri .....	64
2.3.8.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış .....	65
2.3.8.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri .....	67
2.3.9. Kanada'nın Nükleer Enerji Profili .....	67
2.3.9.1. Kanada Enerji Politikası .....	68
2.3.9.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış .....	69
2.3.9.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri .....	70
2.3.9.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi .....	70
2.3.10. Rusya Federasyonu'nun Nükleer Enerji Profili .....	71
2.3.10.1. Rusya Federasyonu Enerji Politikaları ve İstatistikleri .....	72
2.3.10.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış .....	74
2.3.10.3. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi .....	75
2.3.11. Ukrayna'nın Nükleer Enerji Profili .....	76
2.3.11.1. Ukrayna Enerji Politikası .....	76
2.3.11.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış .....	78
2.3.11.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri .....	79
2.3.11.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi .....	79
2.4. LİTERATÜR TARAMASI .....	80
<b>BÖLÜM 3: NÜKLEER ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK PERFORMANS</b>	
<b>ARASINDAKİ İLİŞKİNİN EKONOMETRİK ANALİZİ .....</b>	<b>86</b>
3.1. PANEL BİRİM KÖK TESTİ .....	86

3.2. PANEL EŞBÜTÜNLEŞME TESTLERİ .....	88
3.2.1. Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi .....	88
3.2.2. Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi, Ortalama Grup Tahmincisi ve Dinamik Sabit Etkiler Tahmincisi .....	89
3.3. VERİ SETİ VE EKONOMETRİK MODEL .....	90
3.4. EKONOMETRİK YÖNTEM VE BULGULAR .....	90
<b>SONUÇ .....</b>	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>103</b>



## TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1: Dünya Genelinde 10 Aralık 2018 Tarihi İtibarı İle Nükleer Enerji Reaktörleri ve Ürettikleri Toplam Net Elektrik Kapasitesi .....	8
Tablo 1.2: Dünya Genelinde İnşa Halindeki Reaktörler.....	10
Tablo 2.1: Almanya'nın Enerji İstatistikleri.....	33
Tablo 2.2: Almanya'nın Nükleer Santrallerin Durumu ve Performansı .....	34
Tablo 2.3: ABD Enerji İstatistikleri.....	37
Tablo 2.4: ABD'de Faliyette Bulunan Nükleer Güç Reaktörleri .....	39
Tablo 2.5: Birleşik Krallık Enerji İstatistikleri .....	43
Tablo 2.6: Birleşik Krallık'ın Nükleer Güç Reaktörlerinin Durumu.....	44
Tablo 2.7: Çin'in Enerji İstatistikleri.....	47
Tablo 2.8: Çin'in Nükleer Güç Tesislerinin Durumu ve Performansı.....	48
Tablo 2.9: Fransa Enerji İstatistikleri .....	52
Tablo 2.10: Fransa'da Faliyette Bulunan Nükleer Güç Reaktörleri .....	54
Tablo 2.11: Kore Cumhuriyeti'nin Nükleer Güç Tesislerinin Durumu ve Performansı	58
Tablo 2.12: Hindistan'ın Nükleer Güç Reaktörlerin Durumu .....	60
Tablo 2.13: Japonya Enerji İstatistikleri .....	64
Tablo 2.14: Japonya Nükleer Güç Tesislerinin Durumu ve Performansı.....	66
Tablo 2.15: Kanada'nın Nükleer Santrallerin Durumu ve Performansı .....	69
Tablo 2.16: Rusya'nın Enerji İstatistikleri.....	73
Tablo 2.17: Rusya'nın Nükleer Güç Tesislerinin Durumu ve Performansı .....	74
Tablo 2.18: Ukrayna'nın Nükleer Santrallerin Durumu ve Performansı .....	78
Tablo 3.1: Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları.....	90
Tablo 3.2: Pesaran Panel Birim Kök Testi Sonuçları .....	91
Tablo 3.3: Westerlund Hata Düzeltme Model Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları ...	92
Tablo 3.4: Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi Sonuçları .....	93
Tablo 3.5: Ortalama Grup Tahmincisi Sonuçları.....	94
Tablo 3.6: Dinamik Sabit Etkiler Tahmincisi Sonuçları.....	94
Tablo 3.7: Hausman Test Sonuçları.....	95
Tablo 3.8: Ülkeler İçin Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi Sonuçları .....	96
Tablo 3.9: Pairwise Dumitrescu Hurlin Panel Nedensellik Testi Sonuçları.....	113

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1: Çevresel Kuznets Eğrisi ..... 22



## KISALTMALAR

<b>ABD</b>	Amerika Birleşmiş Devletleri
<b>ADF</b>	Genişletilmiş Dickey Fuller
<b>AEC</b>	Atom Enerji Komisyonunu (Atomic Energy Commission)
<b>AECL</b>	Kanada Atom Enerjisi Limited Şirketi (Atomic Energy of Canada Limited)
<b>AR-GE</b>	Araştırma Geliştirme
<b>ASN</b>	Nükleer Güvenlik Kurumu (Autorité de Sûreté Nucléaire)
<b>BARC</b>	Bhabha Atom Araştırma Merkezi (Bhabha Atomic Research Centre)
<b>BMWI</b>	Almanya Federal Ekonomi ve Teknoloji Bakanlığı (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie)
<b>BP</b>	Britanya Petrol (British Petroleum)
<b>CADF</b>	Yatay Kesit Genelleştirilmiş Dickey Fuller Testi
<b>CCFE</b>	Culham Merkezi Fusion Enerji (Culham Centre for Fusion Energy )
<b>CEA</b>	Atom Enerjisi Komisyonu (Atomic Energy Commission)
<b>CNEA</b>	Çin Nükleer Enerji Birliği (China Nuclear Power Agency)
<b>CNSC</b>	Kanada Nükleer Güvenlik Komisyonu (Canadian Nuclear Safety Commission)
<b>CO2</b>	Karbondioksit
<b>COP</b>	Taraftar Konferansı (Conference Of Parties)
<b>DAE</b>	Atom Enerji Dairesi (Atomic Energy Department)
<b>DFE</b>	Dinamik Sabit Etkiler
<b>DOE</b>	ABD Enerji Bakanlığı (United States Department of Energy)
<b>ENEN</b>	Avrupa Nükleer Eğitim Ağı (European Nuclear Education Network)
<b>EPCE</b>	Enerji Sağlayıcıları Eğitim Koalisyonu (Energy Providers Education Coalition)
<b>EPRI</b>	Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü (Electric Power Research Institute)
<b>ERDA</b>	Enerji Araştırma ve Geliştirme İdaresi (Energy Research and Development Administration)
<b>FEC</b>	Yakıt ve Enerji Kompleksi (Fuel and Energy Complex)

<b>FMOLS</b>	Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler
<b>FNCA</b>	Asya'da Nükleer İşbirliği Forumu (Forum for Nuclear Cooperation in Asia)
<b>GIF</b>	Uluslararası 4. Nesil Forum (Generation IV International Forum)
<b>GOJ</b>	Japonya Hükümeti (Government of Japon)
<b>HBNI</b>	Homi Bhabha Ulusal Enstitüsü (Homi Bhabha National Institute)
<b>I2EN</b>	Uluslararası Nükleer Enerji Enstitüsü(Institut International De L'nergie Nucléaire)
<b>IAEA</b>	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (International Atomic Energy Agency)
<b>ICRP</b>	Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (International Radiation Protection Committee)
<b>INES</b>	Uluslararası Nükleer ve Radyolojik Olay leği (International nuclear and radiological event scale)
<b>INSTN</b>	Ulusal Nükleer Bilim ve Teknoloji Enstitüsü (National Institute of nuclear science and technology)
<b>IPR</b>	Plazma Araştırma Enstitüsü (Institute For Plasma Research)
<b>ITER</b>	International Thermonuclear Experimental Reactor (Uluslararası Termonükleer Deneysel Reaktör)
<b>JAEC</b>	Japonya Atom Enerji Komisyonu (Japan Atomic Energy Commission)
<b>M..</b>	Millattan önce
<b>MEB</b>	Milli Eğitim Bakanlığı
<b>METI</b>	Japonya Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (Japan Ministry of Economy, Trade and Industry)
<b>MEXT</b>	Japonya Eğitim, Kültür, Spor, Bilim ve Teknoloji Bakanlığı (Japan Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology)
<b>MGE</b>	Ortalama Grup Tahmincisi
<b>NBHM</b>	Ulusal Matematik Yüksek Kurulu (National Higher Board Of Mathematics)
<b>NE</b>	Nükleer Enerji (Nuclear Energy)
<b>NEA</b>	Nükleer Enerji Ajansı (Nuclear Energy Agency)
<b>NEO</b>	Nükleer Enerji Ofisi (Office Of Nuclear Power)
<b>NEUP</b>	Nükleer Enerji niversite Programları (Nuclear Power University)

	Programs)
<b>NISA</b>	Nükleer ve Endüstriyel Güvenlik Ajansı (The Nuclear and Industrial Safety Agency)
<b>NNL</b>	Birleşik Krallık Ulusal Nükleer Laboratuvarı (United Kingdom National Nuclear Laboratory)
<b>NPCIL</b>	Hindistan'ın Nükleer Enerji Şirketi (Nuclear Power Corporation of India)
<b>NPP</b>	Nükleer Enerji Santralleri (Nuclear Power Plant)
<b>NPT</b>	Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Anlaşması (Non-Proliferation Treaty)
<b>NRC</b>	Nükleer Düzenleme Komisyonu (Nuclear Regulatory Commission)
<b>NRC</b>	Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council)
<b>NSC</b>	Nükleer Güvenlik Komisyonu (Nuclear Safety Commission)
<b>NSSG</b>	Nükleer Beceri Strateji Grubu (Nuclear Skills Strategy Group)
<b>NTC</b>	Nükleer Eğitim Merkezleri (Nuclear Training Centers)
<b>NUCP</b>	Nükleer Üniforma Müfredat Programı (Nuclear Uniform Curriculum Program)
<b>OECD</b>	İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı (Organization for Economic Cooperation and Development)
<b>PDOLS</b>	Panel Dinamik En Küçük Kareler
<b>PMGE</b>	Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi
<b>PRIS</b>	Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (Power Reactor Information System)
<b>RGSYİH</b>	Reel Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (Real Gross Domestic Product)
<b>RRCAT</b>	Raja Ramanna İleri Teknoloji Merkezi (Raja Ramanna Advanced Technology Centre)
<b>RSK</b>	Reaktör Güvenliği Kurumu (Reactor Security Institution)
<b>SSCB</b>	Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği (The Union Of Soviet Socialist Republics)
<b>SSE</b>	Ukrayna Devlet İhtisas Şirketi (Ukrainian State Specialized Company)
<b>TAEK</b>	Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
<b>TASS</b>	Sovyet Haber Ajansı (Soviet News Agency)
<b>TEPCO</b>	Tokyo Elektrik Güç Şirketi (Tokyo Electric Power Company)
<b>UAEA</b>	Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu

<b>UKAEA</b>	Birleşik Krallık Atom Enerjisi Kurumu (UK Atomic Energy Authority)
<b>UNENE</b>	Nükleer Mühendislikte Üniversite Mükemmelliği Ağı (University Excellence Network in Nuclear Engineering)
<b>VECC</b>	Değişken Enerji Cyclotron Merkezi





## GİRİŞ

Ekonomi ve günlük yaşantımızın en önemli yapı taşlarından biri olan enerji, ateşin bulunması ile önemli hale gelmeye başlamıştır. İngiltere’de başlayan Sanayi Devrimi, enerjiyi (buhar gücü) makineleştirerek, daha az iş gücü ile daha verimli, daha az maliyetli ve kaliteli mal üretimine geçilmesine katkı sağlamıştır. Gelişen teknoloji, endüstrileşme, kentleşme ve nüfus artışı gibi gelişmeler enerji tüketimine olan talebi artırmaya başlamıştır. Artan enerji talebini karşılayan fosil kaynaklar (petrol ve kömür gibi) sınırlı olduğu için, dönem dönem enerji krizleri yaşanmıştır. Bu krizler ise gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri alternatif enerji kaynakları aramaya yöneltmiştir. Alternatif enerji kaynakları arasında biokütle, jeotermal, hidrojen, rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları yer almaktadır. Bu kaynaklar sürdürülebilir kalkınma açasından ülkelerin önemle üzerinde çalıştıkları konular arasındadır.

Fosil ve yenilenebilir enerji kaynakları arasında temiz ve az maliyetli enerji elde edilebilmesi açasından ön sıralarda yer alan nükleer enerji, ilk olarak 1950’li yıllarda sivil ve askeri amaçla kullanılmaya başlanılmıştır. Takip eden yıllarda dünya çapında felaketslere yol ačan Çernobil, Windscale, Three Mile Adası ve Fukuřima nükleer enerji kazalarından sonra nükleer kaynaklı enerji temini konusunda şüpheler oluşmuştur. Ancak gelişen teknoloji, uluslararası yasalar ve antlaşmalar ile güvenlik sorunun büyük bir bölümünü ařan nükleer enerjiden birçoğk ülke faydalanmaya başlamıştır.

Ekonomik acağan gelişmiş veya gelişmeyi hedeflemiş ve enerji acağından dışa bağımlı olmak istemeyen ülkeler genellikle, nükleer enerji santrallerinden elde edilen enerjiyi kullanmayı tercih etmektedir. Ekonomik ve siyasi alanda önemli olduğu düşünölen nükleer enerjiden enerji temin edilmesi halinde daha başka katma değerler de elde edilebileceği ölkelerin göz önünde bulundurduğu bir diğer konudur. Enerji üretimi haricinde nükleer teknolojiden tıp, tarım ve gıda gibi farklı alanlarda da faydalanılmaktadır. Ulaşım sektöründe ise nükleer teknoloji kullanılarak gemilere ve deniz altılara reaktör kurularak hareket enerjisi sağlanmaktadır. Buna ek olarak bazı ölkeler deniz suyunu tuzdan ayrıştırarak tatlı su elde etmek için bir yöntem geliştirmişlerdir.

Çalışmada nükleer enerji tüketiminde ilk sıralarda yer alan ülkelerde nükleer enerji tüketimi ile ekonomik performans arasındaki ilişkinin ekonometrik analizlerle ortaya konulması ve politika karar vericilere tavsiye niteliğinde önermelerde bulunulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda çalışmanın birinci bölümünde nükleer enerji ve nükleer enerji ile ilgili kavramlara yer verilmiştir. Nükleer enerjinin tarihsel gelişim süreci anlatıldıktan sonra, dünyada bulunan nükleer enerji santralleri ve tarihte yaşanmış büyük nükleer enerji kazaları ele alınmıştır. Ayrıca, nükleer teknolojinin farklı kullanım alanlarına değinilerek nükleer enerji kullanımının ülkeye sağladığı avantaj ve dezavantajlara vurgu yapılmıştır. Yine bu bölümde dünyada yaşanan enerji ve çevresel sorunlardan bahsedilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, ekonomik performans kavramına yer verilerek nükleer enerjinin ekonomik etkileri incelenmiştir. Nükleer enerji tüketiminde önemli yere sahip olan 11 ülkenin (Almanya, Amerika, Çin, Fransa, Güney Kore, Hindistan, İngiltere, Japonya, Kanada, Rusya ve Ukrayna) bu enerji politikaları, sahip oldukları nükleer güç reaktörleri, araştırma-geliştirme faaliyetleri, insan kaynakları ve personel gelişimi gibi konularda bilgiler verilerek seçilmiş ülkelerin nükleer enerji profillerinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Bunlara ek olarak nükleer enerji konusunda yapılan literatür taramasına bu bölümde yer verilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde ise nükleer enerji tüketimi ve ekonomik performans arasındaki ilişki panel veri yöntemi ile analiz edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla ilk olarak birimler arasında yatay kesit bağımlılığının olup olmadığına bakılmış ve uygun panel birim kök testine başvurulmuştur. Sonra analize dahil edilen reel gayrisafi yurtiçi hasıla ve nükleer enerji tüketimi değişkenleri arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı eşbütünleşme testi ile incelenmiştir. Son olarak Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi (PMGE), Ortalama Grup Tahmincisi (MGE) ve Dinamik Sabit Etkiler (DFE) yöntemleri teorik olarak anlatıldıktan sonra bu yöntemlerle elde edilen bulgular verilmiştir.

# BÖLÜM 1

## NÜKLEER ENERJİ

Gelecekte enerji kullanımının, günümüzde kullandığımız enerjinin yarısından daha fazla artacağı öngörülmektedir. Petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlara olan bağımlılık kurtulmak için dünyada enerji politikaları tekrar tekrar gözden geçirilmektedir. Meydana gelen enerji krizleri, ülkeleri alternatif enerji kaynakları keşfetmeye, enerji çeşitliliği sağlamaya ve enerji bağımlılığını azaltmaya yönlendirmiştir (Yıldırım ve Örnek, 2007: 1). 21. yüzyılda bilim insanları tarafından atom çekirdeği ile yapılan çalışmalar sonucunda açığa çıkarılan nükleer enerji, toplum ihtiyaçlarını karşıladığı ve verimli enerji elde edildiği için ülkelerin pek çoğu tarafından ravet görülmektedir. İnsanlığın, doğal kaynaklarını kendi lehlerinde kullanma noktasında nükleer enerji, atıkları önemli bir girişim olarak görülmektedir (Moralı, 2004: 10). Bu noktada nükleer enerji büyük katma değer sağlamaktadır. Nükleer enerji konusunun iyi anlaşılmasını sağlayabilmek için bu bölümde nükleer enerjinin tanımı, tarihi, kullanım alanları, avantaj ve dezavantajları, yaşanan önemli nükleer kazalar ve çevresel sorunları üzerinde durulacaktır.

### 1.1. NÜKLEER ENERJİNİN TANIMI

Nükleer enerji, maddenin en küçük birimi olan atomun parçalanmasından (filyon), birleşmesinden (füzyon) veya radyoaktif bozunum ile açığa çıkan enerji türüdür (Erden, 1990: 109). Nükleer filyon, uranyum ve plütonyum gibi ağır atomlu madenlerin kararsız hale gelerek bölündüğünde, nükleer füzyon ise hidrojen ve trityum gibi hafif atomlu madenlerin birleşmeye zorlanması durumunda enerji açığa çıkarmaktadır. Radyoaktif bozunum ise kararsız atomların kararlı olmak için enerji yaymasıyla meydana gelmektedir. (Ferguson, 2015: 26-30).

Nükleer basınç ünitesi içerisinde oluşturulan çekirdek karşılaştırılması, bu kabın ısınmasına olanak sağlamaktadır. Isı artışı yardımıyla etrafındaki su kaynatarak buharlaşmaya başlamaktadır. Buharlaşan su, borular ile ısı değişim ünitesine tahliye edilmektedir ve ikincil ısı transfer döngüsünü ısıtmaktadır. Türbin mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren bir elektrik jeneratörüne bağlanmaktadır. Jeneratör türbin dönme hareketlerini elektriğe çevirerek, elektriği yüksek gerilim hatları ile hanehalkına veya gerekli yerlere dağıtmaktadır (Günel, 2006: 270-271).

Nükleer füzyon (birleşme), suyun 600 hidrojen atomundan biri olan döteryum ile yarılanma ömrü 12,46 yıl olan trityum maddelerin tepkimesi sonucu oluşmaktadır. (Yülek, 1994: 10). Nükleer birleşme sonrasında herhangi bir radyoaktif ürün oluşmamakta veya en radyoaktif ürün 12 yıllık yarı ömürlü ortaya çıkmaktadır (Moralı, 2004: 66). Yaşam için gerekli olan güneş enerjisi de temelinde nükleer füzyondur ve adeta büyük bir birleşme reaktörüdür (Moralı, 2004: 8).

Fakat günümüzde hala nükleer birleşmeden (füzyon) enerji sağlanamamaktadır. Nükleer füzyondan elektrik enerjisi elde etmek için 2005 yılında Fransa'nın güneyinde 10 ülkenin katılımı ve yaklaşık olarak 10 milyar Dolar bütçeli bir proje başlatılmıştır (Palabıyık ve diğerleri, 2010: 175). ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) olarak adlandırılan bu projenin kısmen tamamlanması için 2015 yılında Hindistan'dan 12 adet parça getirilmiştir. 2015-2018 yılları arasında taşıma işlemlerinin, 2018-2025 yılları arasında montaj işlemlerinin gerçekleştirilmesi ve 2035 yılında faaliyete geçmesi planlanmaktadır (ITER, 2018).

Nükleer fisyon (bölünme) ise, ağır maddelerin nükleer reaktörlerde ve parçacık hızlandırıcılarında nötronlarla bombardıman edilmesi sonucu meydana gelmektedir (Yülek, 1994: 27). Nükleer enerji santrali fisyon ile oluşan enerjiden elektrik üretir. Yeryüzünde bol bulunduğu ve fiziksel ve kimyasal özellikleri uygun olduğu için uranyum yakıt olarak tercih edilmektedir (Güenalp, 2006: 270). 1 kg uranyumun açığa çıkardığı elektrik enerjisi 16.6 ton taş kömürü veya 11.1 ton (80 varil) petrolle elde edilen elektrik enerjisine denk gelmektedir (MEB, 2011: 31). 1 kg uranyum bölünmesi ile yaklaşık Keban Barajı'nın günlük ürettiği elektrik enerjisi kadar enerji elde edilebilmektedir (Yarman, 2011: 20).

### **1.1.1. Radyasyon ve Radyoaktivite**

Radyasyon, ağır atomlardan saf olarak veya etkileşim (fisyon-füzyon) neticesinde yayılabilen, maddenin içerisine işleyebilen elektromanyetik dalgalar olarak tanımlanmaktadır (Özemre ve diğerleri, 2000: 7). Atom içerisinde, çekirdek kısmı ve çevresinde elips şeklinde dönen elektronlar bulunmaktadır. Çekirdek kısmında büyük ölçüde atom ağırlığını ortaya çıkaran proton ve nötronlar bulunmaktadır. Elektronlar negatif elektrik, protonlar ise pozitif elektrik yüklüdür (Engin, 2013: 577). Elementin içerisinde proton sayısı aynı nötron sayısı farklı olmasına izotop denilmektedir.

Elementler türlü sayıda izotop, izotoplar ise kendisine özel proton ve nötron düzeni barındırmaktadır. İstikrarsız olan izotoplar istikrarlı olmak için serbest bırakılmaktadır. İstikrarsız izotoplar genel olarak radyasyon yaydıkları ve radyoaktivite oluşturdukları için radyoizotop olarak bilinmektedir (Ferguson, 2015: 30-31).

Radyasyon 1899 yılında ilk olarak kanser tedavisi için kullanılmıştır. Radyasyon tehlikesinin başlangıçta farkına varılmadığı için Madam Curie'nin kızının ve birçok insanın ölümüne neden olmuştur (Yülek, 1994: 45). Radyoaktivite ise 1896 yılında Fransız bilim insanı olan H. Becquerel aracılığıyla bulunmuştur (Yülek, 1994: 27).

Nükleer radyoaktivite bozunum sırasında alfa, beta ve gama radyasyon ışınları biçiminde yayılmaktadır. Alfa ışınları, helyum çekirdeklerinden oluşur ve yalın bir kağıt ile engellenebilmektedir. Beta ışınları, çok seri elektronlardır ve alüminyum tabakalar ile engellenebilmektedir. Gama ışınları, dalga boyları kısa ve etkili olan bu ışınlar kurşun ve diğer farklı ağır metallere oluşturulmuş kalın tabakalar ile engellenebilmektedir (Günalp, 2006: 204).

İnsanoğlu günlük yaşantısında, doğal ve çevresel olmak şartıyla iki çeşit radyasyona karşı karşıya kalmaktadır (Cohen, 1994: 12). Doğal radyasyonu meydana getiren faktörler dünyada elementlerin dağıttıkları ve uzaydan gelen kozmik radyasyonlar arasında gösterilmektedir. Tarım alanlarında üretilen ve toprakta bulunan potasyum ve fosfor ve benzeri elementler gıda ürünlerine geçtiği için doğal radyasyon içermektedir. Çevresel radyasyon ise doğal radyoaktiviteye dahil olan, televizyon ve bilgisayar, röntgen cihazlarından, günlük saatlerden yayılan radyoaktif fosfor gibi radyasyonların bileşkelerinden oluşmaktadır. Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi'nin (ICRP) çalışmalarına göre bu dozdaki radyasyonların insan sağlığını tehdit etmemektedir. Hatta düşük düzeydeki radyasyonların hücrelere faydalı olduğu hakkında birçok bilimsel çalışma yapılmıştır (Özemre ve diğerleri, 2000: 9).

## **1.2. NÜKLEER ENERJİNİN TARİHİ**

Nükleer enerji tarihinin temelleri, kimya ve fizik dallarındaki çalışmalarla atılmıştır. Gelişim süreci göz önünde bulundurulduğunda klasik dönem ve modern dönem (atom ile çekirdeğin yapısı hakkındaki çalışmalar) olarak sınıflandırılabilir (Murray ve Holbert, 2015: 109).

Klasik dönem M.Ö. 400'lü yıllarda maddenin kendisinden daha küçük bir parçaya parçalanamayan atom yapısının bulunmasıyla başlamıştır (Ferguson, 2015: 26). Ampere, elektrik akımını 1775-1836 yılları arasında keşfetmiştir. Bu keşif, 1879 yılında Thomas Edison'un akkor lambayı icat etmesine ön ayak olmuştur (Günel, 2006: 195).

Modern dönem ise, 1879 yılında Crookes ile farklı elektriksel yüke sahip iki nesnenin birbirine yaklaşması ile oluşan elektrik akımı yoluyla bir gazın atom veya molekülünün elektron kaybetmesini sağlaması ile başlamaktadır. 1895 yılında Röntgen deşarj tüpün içerisinde geçen X ışınlarını keşfetmiştir. 1896 yılında Becquerel'in benzer ışınları (günümüzde Y ışınları olarak bilinir) tamamen farklı bir kaynak olan uranyum madeninden türeterek radyoaktivite olgusunu meydana getirmiştir. Curie'ler 1898 yılında radyum radyoaktif madeni elementini ayırtmışlardır (Murray ve Holbert, 2015: 109).

1903 yılında Rutherford radyoaktivitenin zamanla azalacağını belirten, yarı ömür kavramını bulmuştur ve 1919 yılında yapay nükleer dönüşümü, nitrojeni oksijene çevirerek keşfetmiştir. 1942 yılında ilk zincirleme reaksiyon ABD'de (Chicago Üniversitesi Stadi'nda) Fermi tarafından başarı ile gerçekleştirilmiştir. Nagazaki'de 6 Ağustos 1945 ve Hiroşima'da 9 Ağustos 1945'te insanlık tarihinin en acı olaylarından biri olarak kabul edilen, nükleer enerjinin silah olarak ilk kez kullanıldığı ve II. Dünya Savaşı'na son veren, atom bombası patlatılmıştır (100.000'den fazla sivil japon ölmüştür). 1951 yılında Amerikan deney reaktörü (EBR-1), ilk kez nükleer enerji ile elektrik üretmiştir (Günel, 2006: 196).

Amerika Birleşik Devletleri yaptığı deneyler ile ilk nükleer güç olmuş, 1952 yılında İngiltere ile beraber gerçekleştirdiği Hurricane adlı deneyi ve daha sonra yine 1952 yılında Mike adlı deneyi ile nükleer çalışmalara devam etmiştir. Rusya, 1949 ve 1953 yıllarında nükleer çalışmalara başlamıştır. 1953 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu nükleer silahlanmayı önlemek için "*Barış için atom*" adlı program önermiştir. Bunun karşılığında ise nükleer teknolojinin enerji ve diğer yararlı amaçlarla kullanımına yönelik nükleer işbirliği sunulmuştur. Programın takipçisi olarak Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (International Atomic Energy Agency, IAEA) görevlendirilmiştir. Soğuk savaş sebebiyle, 1956 yılında 81 üye tarafından onaylanan "*Barış için atom*" programı bağlayıcılık kazanamamıştır. 1957 yılında İngiltere, 1960 ve 1968 yıllarında

Fransa, 1964 yılında Çin nükleer çalışmalarını devam ettirmişlerdir. Fakat Rusya, Çin ile politik bağlarının kötüye gitmesinden dolayı ABD ile siyasi ilişkilerini güçleştirmeye başlamıştır. 1968 yılında “Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Anlaşması” imzaya açılmıştır. Bu anlaşmanın amacı, nükleer silahlara sahip 5 ülkenin dışına taşmamasını sağlamaktır. Anlaşmada Pakistan, Hindistan ve İsrail’in haricinde 187 ülkenin imzası bulunmaktadır. Rusya desteğini alarak nükleer silahını geliştiren Hindistan ilk denemesini 1974 yılında yapmıştır. Çin, Pakistan’a bölgede denge oluşturmak adına destek vermiş ve 1998 yılında Pakistan ilk nükleer silah denemesini yapmıştır (Güler, 2006: 39-40).

2. Dünya Savaşı akabinde nükleer enerji, temiz, emin ve ucuz bir şekilde elde edilebilecek en büyük enerji kaynağı olarak kabul edilmeye başlamıştır. 20. yüzyılın son çeyreğine yakın bu fikrin, o kadar basit olmayacağı ortaya çıkmasına karşın gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde, nükleer güç kaynaklarının giderek artmakta olduğu gözlenmektedir (Dura, 1991: 280).

### **1.3. NÜKLEER ENERJİ SANTRALLERİ**

Nükleer enerji santralleri, reaktörde meydana gelen fisyon veya füzyon sonucunda açığa çıkan sıcak su buharını elektriğe dönüştürmektedir (Murray ve Holbert, 2015: 291). 1940’lı yılların başında icat edilen reaktörler, ilk olarak askeri alanda, denizaltılar ve gemilerde daha sonra sanayi, elektrik, eğitim, araştırma ve tıp gibi alanlarda kullanılmaya başlanmıştır (Polatoğlu, 2016: 12).

#### **1.3.1. Dünya Geneline Nükleer Enerji Santralleri**

Dünya tarihinde ilk olarak ticari amaçla elektrik sağlayan nükleer enerji reaktörü 1956 yılında İngiltere’de (Calder Hall-1) kurulmuştur. Günümüzde ülkeler enerji bakımından dışa bağımlılığı azaltmak, ticari olarak elde edilen enerji çeşitliliği ve çevreye zarar vermeyen bir alternatif enerji olan nükleer enerjiye yönelmektedirler (Özemre ve diğerleri, 2000: 19).

Elektrik enerjisi üretmek amacıyla otuz bir ülke veya bölge nükleer santral kurulmuştur. Ticari amaç ile nükleer santral kuran ülkelerin listesi ve toplam net elektrik kapasitesi Tablo 1’de sıralanmaktadır. Tablo 1’deki bilgiler 2018 Aralık ayında Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu verilerinden derlenmiştir. Dünya genelinde

bakıldığında nükleer santral dağılımı düzensizdir. Santrallerin çoğu Avrupa kıtasında toplanmaktadır. (Ferguson, 2015: 86-87).

Tablo 1.1: Dünya Geneline 10 Aralık 2018 Tarihi İtibarı İle Nükleer Enerji Reaktörleri ve Ürettikleri Toplam Net Elektrik Kapasitesi

	Ülke	Reaktör Sayısı	Toplam Net Elektrik Kapasitesi* [MW]
1	ABD	99	99952
2	Almanya	7	9515
3	Arjantin	3	1633
4	Belçika	7	5918
5	Birleşik Krallık	15	8918
6	Brezilya	2	1884
7	Bulgaristan	2	1926
8	Çek Cumhuriyeti	6	3930
9	Çin	39	34514
10	Ermenistan	1	375
11	Finlandiya	4	2769
12	Fransa	58	63130
13	Güney Afrika	2	1860
14	Hindistan	22	6255
15	Hollanda	1	482
16	İran İslam Cumhuriyeti	1	915
17	İspanya	7	7121
18	İsveç	8	8629
19	İsviçre	5	3333
20	Japonya	42	39752
21	Kanada	19	13554
22	Kore Cumhuriyeti	24	22494
23	Macaristan	4	1889
24	Meksika	2	1552



25	Pakistan	5	1318
26	Romanya	2	1300
27	Rusya	35	26142
28	Slovakya	4	1814
29	Slovenya	1	688
30	Tayvan	6	5052
31	Ukrayna	15	13107
	TOPLAM	448	391721

“\*” Nükleer santrallerin maksimum düzeyde çalışmaları halinde elde edilecek olan toplam net elektrik kapasitesini ifade etmektedir. Santraller, toplam net elektrik kapasitelerine ulaşabildikleri gibi kapasitelerinin tamamını da kullanamayabilirler.

Kaynak: Uluslararası Atom Enerji Kurumu’ndan derlenmiştir. Erişim Tarihi: 10.12.2018

Tablo 1.1’de ülkelerin nükleer santralleri ve toplam net elektrik kapasiteleri gösterilmiştir. ABD’de 99 nükleer santrali bulunmaktadır ve Dünya genelinde en çok reaktöre sahip ülke konumundadır. Ancak 2017 yılında 11 reaktör kapatılmıştır. Önümüzdeki yıllarda da 20 nükleer reaktörün de kapatılması planlanmaktadır. Fransa, 58 nükleer reaktör ile nükleer enerjiyi etkin kullanan ülkeler arasında ilk sıralarda yer almaktadır (Ferguson, 2015: 86-87). Nükleer enerji gerek bugün gerekse gelecekte daha az hammadde ile daha fazla enerji elde edilebilen sayılı enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Fosil kaynaklı rezervlerin (doğalgaz, kömür, petrol ve linyit gibi) çeşitli ülkelerde bulunması ve yenilenebilir olmaması, nükleer enerji kullanımının ve bu yönde araştırmaların gelişmesine olanak sağlamaktadır. 2018 yılı itibariyle dünya genelinde 448 adet nükleer enerji reaktörü bulunmakta ve dünya elektrik kullanımının toplamının %15’ini nükleer santrallerden elde edilmektedir (Aydın, 2014: 179).

Fransa, elektrik gereksiniminin %74’ünü nükleer enerji santrallerinden temin etmektedir. Çin ve Japonya 2017 yılında toplam enerji gücünün %4’ünü nükleer enerjiden sağlamıştır. Rusya’nın nükleer enerjinin toplam enerji tüketimindeki payı ise %2 olarak hesaplanmıştır. Kore Cumhuriyeti’nin 2017 enerji istatistiklerine bakıldığında elektrik talebinin %30’u nükleer kaynaklıdır. Kanada’da bulunan 19 adet ticari nükleer reaktör elektrik ihtiyacının %15’ini sağlamaktadır. 2017 yılında Birleşik Krallık’ta aktif olarak kullanılan 15 nükleer reaktör ise elektrik talebinin %19’unu

karşılımıştır (IAEA, 2018). Tablo 1.2’de inşası devam eden 67 nükleer reaktörü ve toplam net elektrik kapasiteleri gösterilmiştir. Bu santrallerin büyük çoğunluğu Çin’de bulunmaktadır.

Tablo 1.2: Dünya Genelinde İnşa Halindeki Reaktörler

	ÜLKE	Reaktör Sayısı	Toplam Net Elektrik Kapasitesi [MW]
1	ABD	2	2234
2	Arjantin	1	25
3	Bangladeş	1	1080
4	Belarus	2	2220
5	Birleşik Arap Emirlikleri	4	5380
6	Brezilya	1	1340
7	Çin	18	19016
8	Finlandiya	1	1600
9	Fransa	1	1630
10	Hindistan	7	3824
11	Japonya	2	2653
12	Kore Cumhuriyeti	4	5360
13	Pakistan	2	2028
14	Rusya	7	5520
15	Slovakya	2	880
16	Tayvan	2	2600
17	Türkiye	8	9160
18	Ukrayna	2	2070
	TOPLAM	67	68620

Kaynak: Uluslararası Atom Enerji Kurumu’ndan derlenmiştir. Erişim Tarihi: 10.12.2018

Japonya’da Mart 2011 tarihinde şiddetli deprem sebebiyle meydana gelen Fukushima Dai-ichi nükleer santral kazası, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin gelecekteki nükleer çalışmalarını düzenlemeleri için önemli bir örnek olmuştur. Fukushima nükleer kazası sonucunda santrallerin büyük risk taşıdığı anlaşıldığı için güvenilen bir enerji kaynağı olmadığı gözlemlenerek, farklı enerji kaynakları arama çalışmaları hızlandırılmıştır. Başka bir açıdan bakıldığında, gelişmekte veya gelişmiş olan ülkelerin enerji gereksinimleri ve enerji bağımlılığından kurtulmak için nükleer çalışmalara yönelmektedirler (Ulaşer, 2014: 83).

### **1.3.2. Nükleer Santral Kazaları**

Enerji üretimi sağlayan santrallerde yaşanan arızalar ve kazalar gibi nükleer enerji santrallerinde de çözümlenelebilen arızalar ve kazalar oluşabilmektedir. Oluşan bu arıza ve kazalar kayıt altına alınıp Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'na (IAEA) bildirilmektedir. Fakat diğer enerji üretimi yapan santrallerden farklı olarak nükleer enerji santralleri oluşabilecek kaza durumunda çevreye yayılmaması gereken radyasyon ve çeşitli zehirli gazlar barındırmaktadır. Yaşanacak nükleer kazalar sonucunda meydana gelen radyasyon çevreye yayılabilmektedir. Nükleer tarih incelendiğinde günümüze kadar yaşanan nükleer santral kazalarında çevreye zararı dokunan üç büyük kaza göze çarpmaktadır (Özemre ve diğerleri, 2000: 27).

#### ***1.3.2.1. Windscale Nükleer Reaktör Kazası***

İngiltere, Windscale'de 1957 yılında santralin, gerçekleştirmesi gereken enerji miktarından daha çok enerji üretmesinden dolayı oluşan sıcaklık, reaktörün yanmasına ve radyoaktif gazların çevreye yayılmasına sebep olmuştur (Palabıyık ve diğerleri, 2010: 184).

Askeri alanda hizmet etmek amacıyla kurulan bu reaktörün, çalışanların yanlış davranışlarından dolayı yakıt üniteleri çatlamıştır. Bu çatlaklardan reaksiyon sonucu oluşan radyasyon açığa çıkmış, reaktör iki gün süresince alev altında kalmış ve yangın söndürülerek kapatılmıştır (Yüleğ, 1994: 91). Bu reaktör kazası sonucunda oluşan etkiler hakkında detaylı bilgilere ulaşılammakla birlikte, yapılan çalışmalarda nükleer santral etrafında yaşayan 260 insana kanser teşhisi konulduğu ve kanser teşhisi konulan kişilerin %13'ünün kısa sürede hayatını kaybettiği saptanmıştır (Bakır, 2013: 47).

#### ***1.3.2.2. Three Mile Adası Nükleer Reaktör Kazası***

ABD'nin Şikago Şehri'nde 1979 yılında Three Mile Adası nükleer reaktör ünitelerin birinin arızalanmasından dolayı nükleer kaza meydana gelmiştir. Kaza sonucunda az miktarda radyasyon açığa çıkmasına rağmen bölgede büyük bir alarm verilmiştir (Murray ve Holbert, 2015: 362). Reaktörde oluşan kazaya karşın reaktörün etrafını çevreleyen kalın beton koruyucu kabuk sayesinde atmosfere büyük bir radyasyon yayılmamıştır (Kırteke, 2014: 35). 1960 ile 1980 yılları arasında nükleer santral yapımı her yıl artarken 1979 Three Mile Adası nükleer kazası yaşandıktan sonra sadece ABD'de 51 adet nükleer reaktör inşasından vazgeçilmiştir (Bakır, 2013: 48).

Three Mile Adası nükleer reaktör kazasından sonra inşa edilen veya enerji üretimi yapmaya devam eden nükleer enerji santralleri daha güvenli olması için tasarımlar ve projeler yapılmıştır. Bu konuya ek olarak kaza sonucu ortaya çıkan radyasyonun ülke sınırlarını aşabildiğinden dolayı nükleer santraller, sadece ulusal değil uluslararası denetim ve gözetim altında tutulmaktadır (Kırteke, 2014: 35-36). Meydana gelen kaza neticesinde maddi hasar yaşanmıştır. İnsan sağlığına zararı ise uzmanlar tarafından 30 yıl sonra belli olacağı öngörülmüştür (Han ve diğerleri, 2011 1230- 1235).

### ***1.3.2.3. Çernobil Nükleer Reaktör Kazası***

Nükleer enerji tarihinin en büyük kazası olarak kabul edilen bu olay, 1986 yılında Ukrayna'nın Belarus sınırında bulunan Çernobil nükleer santralinde Reaktör Ünite 4'te güvenliği artırmak için yapılan deney esnasında gerçekleşmiştir (Toprak, 2003: 348). Deney, operatörler tarafından düşük güç ile elektrik jeneratörünü çalıştırarak soğutma pompalarını devreye sokmak için gereken elektriğin yeterli olup olmayacağını test etmek için yapılmıştır. Ancak operatörlerin elektrik seviyesini düşüremedikleri için oluşması istenilmeyen reaksiyonlar oluşmuş ve test durdurulamadığı için bir dakika içerisinde iki büyük patlama yaşanmıştır. Patlamalarda 1000 tona yakın ağırlığı olan reaktör kapağı havaya uçmuştur (Ferguson, 2015: 184-186).

Çernobil nükleer kazasından sonra meydana gelen yangın 10 gün devam etmiş ve yaklaşık olarak 190 ton radyasyon içeren gazın doğaya salınması engellenememiştir. Oluşan radyoaktif bulut Avrupa ülkeleri üzerinde hissedilmiştir. Radyoaktif gazların yaklaşık olarak yüzde yetmişine yakını kuvvetli rüzgarların etkisi ile Belarus'un üzerine yayılmıştır (Ekşi, 2013: 114). Yetkililer, kaza sonuçları devamlı büyüdüğü için her ne kadar kazayı saklamaya çalışsalar da kısa bir süre sonra Sovyet Haber Ajansı (TASS) vasıtasıyla kazayı kabul etmiştir. Araştırmalara göre kazadan sonra atmosfere karışan radyasyon Hiroşima ve Nagazaki'de patlayan atom bombasına göre birkaç kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Buyan, 2007: 277).

Radyasyon hastalığı sebebi ile 203 personel, itfaiyeci ve acil durum çalışanları hastaneye kaldırmış ve 31 kişi hayatını kaybetmiştir (Muray ve Holbert, 2015: 370). Çernobil kazasının ertesi günü Pripyat kasabasıdan 16 000'i çocuk olan 45 000 kişi, 10 gün içerisinde ise nükleer santral çevresinde (30 km yarıçapında) yaşayan 130 000 kişi

göç ettirilmiş ancak tahliye esnasında bu kişiler radyasyona maruz kalmıştır (Ovalı, 2008:12). Bu kazadan sonra Türkiye’de de radyoaktif etki görülmüştür. Fakat bu etkinin insanların sağlığını ne denli tesir ettiği yeterince veri bulunamadığı için saptanamamıştır. Bu etkilerin saptanabilmesi için, disiplinli araştırmacılar ile bir çalışma yapılması tavsiye edilmektedir (Türkkan, 2006: 45).

#### **1.4. NÜKLEER TEKNOLOJİLERİN KULLANIM ALANLARI**

Nükleer reaktörlerde elde edilen elektrik, nükleer teknolojilerin olanaklarından temin edilmektedir. Nükleer santraller ve teknolojiler, enerji elde etmek dışında da çeşitli imkanlar sağlamaktadır. Nükleer teknolojinin, endüstri, tıbbi tedavi ve tarımda değerlendirilmekte olan çok sayıda uygulama sahası bulunmaktadır. Ayrıca enerji elde edilen birtakım nükleer reaktörlerde, gelişmiş teknolojinin sayesinde çok güçlü ısılarla enerji elde edilebilmektedir. Bu yüksek ısıya bağlı olarak nükleer enerjinin, hidrojen yapımı, tuzdan arındırma, yerel ısıtma ve endüstriyel süreç sıcaklığı gibi yararlı kullanım alanları oluşmaktadır (Kızıltan, 2010: 35). Nükleer teknolojilerin kullanım alanlarının alt başlıklar halinde kısaca açıklanması konunun okuyucu tarafından daha iyi anlaşılmasına olanak sağlayacaktır.

##### **1.4.1. Tıbbi Tedavi**

Tıbbi tedavide son yıllarda radyasyon kullanımı, hastalara sağlanan tedaviler ile önemli derecede artmaktadır. Radyasyon etkisinin işleyişi, sürat ile bölünen ve çoğalan normal olmayan hücreler, normal hücrelere göre radyasyona daha çok duyarlı hale gelmektedir. Her iki hücre de radyasyon ile bozulmasına karşın normal olmayan hücreler daha çok hasar görmektedir. Radyasyon dozu ölçülü ve belli süreyle verilmesi, normal olmayan hücrelere zarar verirken normal olan hücrelere toparlanma sürecine izin vermektedir. Günümüzde radyasyonun sağladığı bazı ışınlar, lösemi, kanser, hipertiroid, tiroit kanseri, kemik ve yumurtalık kanseri gibi hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Murray ve Holbert, 2015: 222).

##### **1.4.2. Tıbbi Malzeme Sterilizasyon**

Hastalıkların tedavi edilmeye başlandığından bu yana tıbbi aletler, dikiş ipliği, neşter, iğne ve şırıngalar gibi tıbbi ürünlerin temizlenmesi için çeşitli yollar aranmıştır. Geçmişte tıbbi ürünlerin bakterilerden arındırma yolları olarak ateş, sıcak su, basınç altında buhar, karbolik asit (yoğun kimyasal maddeler içerir) gibi maddeler

kullanılmıştır. Kimyasalların bir kaçını yeniden kullanılacak tıbbi ürünler için tehlikeli ve ağırdır. Günümüzde hızlandırıcı reaktör ile elde edilmiş elektron demetleri tatbik ve tercih edilmektedir. Radyasyon gama ışınları sterilizasyonda tercih edilmesinin sebebi maddeye çok iyi etki etmesidir. Tıbbi malzeme sterilizasyondan sonra plastikle kaplanarak hastanede hasta ile temasına kadar mikroplardan korunması garanti altına alınabilmektedir. Radyoaktif ışın pahalı olmasına karşın, hızlandırıcı sistem basit ve güvenli bulunmaktadır (Murray ve Holbert, 2015: 229).

### **1.4.3. Gıdaların Radyasyonla Korunması**

Gıdalar ürünlerinde kullanılan radyasyon uygulaması, mikroorganizma ve böcekleri, gıda ürünlerinden uzaklaştırma hünerleri ile bilinmektedir. Ülkelerin ışınlanma kuruluşları oluşturması gıda üretimine önemli yararlar sağlamıştır. İnsanların yemek için aldığı gıda maddelerinde sofraya varmadan önce türlü etkilerden dolayı bozulmalar meydana gelmektedir. Gıdaları bozan mikroorganizmalar ise çeşitli hastalıklara sebebiyet vermektedir. Gıdaları koruma altına alabilmek için geleneksel yöntemler olan kurutma, turşu yapma, dondurma ve konserve gibi asidin etkimesiyle elde edilen nitrit, tütsüleme yöntemi olan etilen dibromür (EDB), pastörizasyon gibi gaz dezenfektan uygulamalarını da kapsayan çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Birtakım yöntemlerin kendine has yararı olsa da nitrit ve EDB'nin insan sağlığına zararlı olduğu düşünülmektedir (Murray ve Holbert, 2015: 224).

Gıda kaynaklı mikroorganizmalar ile oluşan hastalıklar göz önünde bulundurulduğunda, tüketici düzeyinde gıda koruyucu süreçlerin geliştirilmesi önem arz etmektedir. Pastörizasyon sıvı gıda maddelerinde olumlu sonuçlar doğuran gıda koruma yolu olurken; katı ve su etkileşimi az kuru gıdalar için yararlı değildir. Pastörizasyonun yararlı olmadığı ürünlerde, kimyasal koruma yöntemleri kalıntı bıraktığı için doğal sorunlara ve çevre sorunlarına sebep olduğundan, ışınlama<sup>1</sup> sürecinin gıdalar için yararlı olduğunu savunan bir hayli çalışma bulunmaktadır (Halkman ve Yücel, 2005: 410).

### **1.4.4. Patojen Azaltma**

Endüstriyel atık suları, ayrıştırmaya dayanıklı moleküller barındırmaktadır. Dayanıklı molekülleri ayrıştırmak amacıyla arıtma işlemi gerçekleştirilir. Firmalar bu

<sup>1</sup> Gıda ışınlama, iyonlaştırıcı radyasyonun gıda koruma sistemi olarak kullanılmasıdır.

atıkları elden çıkarmak için yakarak veya denize dökerek çevresel sorunlara sebep olmaktadır. Bütün bunlar dikkate alındığında kentsel ve endüstriyel atık suların ayrıştırılmasında elektron hızlandırıcılardan yararlanılması gerektiği fikri ortaya çıkmıştır (Ocak ve diğerleri, 2001: 1).

#### **1.4.5. Böcek Kontrolü**

1937 yılından sonra böceklerin kısırlaştırılarak veya genetik yapılarını değiştirerek böcek popülasyonunu azaltmak için çalışmalara başlanılmıştır. Laboratuvar ortamında fazla sayıda erkek böcek meydana getirip, gama ışınlarıyla onların genetiğiyle oynanmaktadır. Çiftleşmeleri için genetiği bozulan erkek böcekler yaşadıkları alanlara bırakılmaktadır. Çifleşme duygusunun yoğun hisseden hasta erkek böcekler yerli erkek böceklere göre daha çok dişi ile çiftleştikleri için ve hastalık ile kısırlaşan dişiler üreme gerçekleştiremedikleri için doğum sayısı azalmaktadır. Sonuç olarak böcek kontrolü sağlanmış olmaktadır. Radyasyon, genetiği oynanmış böceklere tesir ederek spermlerin oluşumunu durdurmakta ve sperm etkinliğini ciddi şekilde düşürerek çiftleşme eforunun yok olmasına sebep olmaktadır. Böylelikle erkek çiftleşmemekte veya çiftleşme konumunda yeteri kadar bulunmadığından dolayı aşılama gerçekleşmemektedir (Aksoy ve diğerleri, 2014: 416; Murray ve Holbert, 2015: 230).

### **1.5. NÜKLEER ENERJİNİN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI**

Nükleer enerjinin olumlu ve olumsuz yönleri hakkında çeşitli düşünceler bulunmaktadır. Nükleer enerji hakkında güvenilir ve objektif bir bakış açısına sahip olmak için avantaj ve dezavantajlarının incelenmesi faydalı olacaktır.

#### **1.5.1. Nükleer Enerjinin Avantajları**

- 1000 kg uranyum madeni ile sağlanan enerji binlerce ton taş kömüründen elde edilen enerjiye denk gelmektedir. Bundan dolayı da uranyum madeninin sağladığı enerji ile uzun yıllar enerji talebinin karşılanacağı düşünülmektedir (Yavuzaslan, 2009: 19).
- Nükleer enerjinin alternatif enerji seçenekleri arasında olma nedenlerinden biri; yoğun olması ve 1 kilogram uranyumdan yaklaşık 50 bin kilowatt saat elektrik enerjisi elde edilirken, 1 kg taş kömürden 3 kilowatt saat, 1 kilogram petrolden

ise 4,5 kilowatt saat elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmesidir (ATO, 2005: 5).

- Nükleer enerji üretimi, diğer fosil yakıtlar kullanılarak elektrik üreten teknolojilere göre çok daha az karbondioksit (CO<sub>2</sub>) oluşturmaktadır. Küresel ısınmanın nedeni olarak bilinen sera gazı emisyonu diğer yakıt türlerine göre daha az dışa vurmaktadır (Altunakar, 2014: 153).
- Alternatif kaynakların çeşitlendirilmesinde önemli konulardan biri de dışa bağımlı olmamaktır. Diğer enerji kaynaklarının üretiminde veya aktarımında yaşanan problemler, enerji talep eden ülkelerde üretimi veya yaşam koşullarını direkt etkilemektedir. Bu gibi durumlarda nükleer enerji santralleri alternatif enerji kaynakları arasında ilk sıralarda yer almaktadır (Gülay, 2008: 16).
- Nükleer enerji santrallerinin enerji üretmeye başlaması, az gelişmiş bir bölgenin sanayileşmesinde önemli bir etken olmaktadır (Altunakar, 2014: 152). Nükleer teknoloji, yüksek kalite standartları ile çalışan bir teknolojidir ve teknolojisi gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkeler için pozitif bir ilerleme sağlamaktadır. Ülkenin nitelikli çalışan sayısını artırmaktadır (Yavuzaslan, 2009: 17).
- Nükleer santrallerde enerji üretimi sağlayan nükleer yakıtın 10 yıl saklanabilme özelliği bulunmaktadır. Bu özellik enerji bağımlılığını azaltarak bağımlılığı en aza indirmektedir (Kırteke, 2014: 50).
- Nükleer santrallerde oluşan nükleer atıkların geri dönüşümü mümkündür. Kullanılmış nükleer yakıtın içerisinde kalan fosil atıklar gelişmiş teknolojide parçalanarak yakıt yapım evresinde kullanılabilir (Temurçin ve Aliğaoğlu, 2003: 27).
- Nükleer silah üretimi ile nükleer santral arasında ilişki bulunmamaktadır. Nükleer santraller silah üretimi dışında faaliyet göstermektedir (Kırteke, 2014: 50).
- Nükleer teknoloji elektrik üretimi dışında sanayide ve tıpa ait izotopların meydana getirilmesinde kullanılabilir (Altunakar, 2014: 152).



- Diğer enerji kaynaklarından elde edilmesi için kurulan santrallere göre nükleer enerji santralleri daha az alan kaplamaktadır (Temurçin ve Aliagaoglu, 2003: 27).
- Nükleer santrallerde güvenlik tedbirleri sağlandığı için kaza olma olasılığı düşük tutulmaktadır. Reaktör ve reaktör için gerekli olan makineler, aksi bir duruma karşı etrafını çevreleyen 2,5 m kalınlığa sahip olan beton bir emniyet kabuğu ile korunmaktadır. Kaza olması durumunda dışa salınacak radyoaktif gaz emniyet kabuğu içerisinde kalmaktadır. Santralin çevresinde de yarıçapı 800-1500 m, görevlilerin dışında geçilmesi yasak olan emniyet bandı bulunmaktadır (Aybers ve Bayülken, 1997: 33).

### **1.5.2. Nükleer Enerjinin Dezavantajları**

- Nükleer santraller kurulumunda coğrafi unsurların elverişli olması (soğutma suyuna yakınlık) ve pazara yakınlık en önemli hususlar arasında yer almaktadır. Hammaddeye yakınlık santrallerin kurulumunda önem arz etmemektedir. Santraller genel olarak coğrafi konum olarak deniz kıyılarına, göl kıyılarına ve soğutma suyuna yakın olan yerlere kurulmalıdır. Pazar olarak ise sanayi kuruluşlarına yakınlık önem teşkil etmektedir (Tümertekin ve Özgüç, 1999: 420).
- Nükleer santrallerin yer seçiminde doğal afet (deprem, heyelan, sel ve çığ gibi) yaşanmayan ve kentlere uzaklık da kaza olma olasılığı yüksek olduğu için dikkate alınması gereken önemli hususlar arasında yer almaktadır (Temurçin ve Aliagaoglu, 2003: 28).
- Nükleer santrallerden elde edilen nükleer enerji tükenmeyecek ve ucuz bir enerji kaynağı olacaktır. Ancak santrallerin yapım aşaması, çalışma ve doğabilecek riskleri önlemek için yapılacak bakım maliyetleri yüksektir (Bockirs ve diğerleri, 2002: 42).
- Nükleer santrallerin yakıtı olarak bilinen uranyum diğer fosil yakıtlara (kömür, petrol) kıyasla içerisinde daha çok enerji barındırdığından dolayı az yakıt ile çok enerji sağlanması ile birlikte kanser gibi insan sağlığını tehlikeye atan radyasyon yaymaktadır (Bockirs ve diğerleri, 2002: 42).

- Santraller, elde edilen enerjiden sonra oluşan radyasyon üretimine başlamadan önce, üretim esnasında veya üretim bittiğinde olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Üretimden sonra oluşan atıktaki zehrinin etkisi 6 yüzyıl sonra kaybolmaktadır (Cohen, 1996: 136).
- Hacim olarak hafif olmasına rağmen uranyum çıkarıldıktan sonra kendisinden 20 kat daha fazla atık bırakmaktadır (Temurçin ve Aliağaoğlu, 2003: 28).
- Nükleer enerji santrallerinin yakıtı olarak bilinen uranyum madeninin, geri kalan enerji üretiminde kullanılan madenlere kıyasla satın alma ve ulaşım işlemleri ülkeler arasında anlaşmalara ve denetimlere tabi tutulmaktadır (Altunakar, 2014: 169).

### **1.6. ENERJİ SORUNU VE ÇEVRESEL SORUNLAR**

Enerji, sanayi devrimi ile üretim alanlarında daha hızlı ve kolay mal elde edebilmek için insan gücünden makine gücüne geçmiştir. Günümüzde ise üretim sektörlerinin yapı taşı haline gelmiş ve enerji bağımlılığı artmıştır (Çoban ve diğerleri, 2016: 589). Çevreyi ve canlıların yaşamlarını tehlikeye atmayan ve yeteri kadar enerji üretme ve kullanma, insanoğlunun en büyük problemleri arasında yer almaktadır. Enerji üretme konusunda fosil ve yenilenebilir kaynaklar olarak iki başlığa ayrılmaktadır (Çukurçayır ve Sağır, 2008: 257).

Gelişmiş ve sanayileşmiş toplumlarda, enerjinin neredeyse tamamı fosil yakıtlardan (petrol, kömür ve doğal gaz) elde edilmektedir. İnsanlar genel olarak araçlarının benzinlerini doldurmakla, makinelerinin çalışıp çalışmadığıyla veya tek tuşla lambalarının aydınlanmasıyla ilgilenmektedirler. Enerjinin nasıl üretildiği veya üretim esnasında çevreye verdiği zarar ile ilgilenmemektedirler (Geller, 2012: 1). Gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerdeki hayat biçimlerini tarif eden, bunu geleneksel hayat tarzından başkalaştıran ve avantaj sağlayan unsurlardan biri enerji fazlalığıdır (Flavin ve diğerleri, 2005: 127).

Enerji kullanımı yükseldikçe toplumun refahının yükseleceği varsayılsa da bu tehlikeli bir bağımlılık olarak görülmektedir. Toplumsal ilişkileri zedelemesinin yanı sıra insanoğlunun ve diğer varlıkların da hayatlarını tehlike altına sokmaktadır. Bu

tehlike özellikle fosil yakıtların (yenilenemeyen enerji kaynakları) üretimi ve tüketimi esnasında canlıların hayatını önemli ölçüde tehdit etmektedir (İllich, 1992: 14-16).

Son yüzyıllarda fosil kaynaklı yakıtların maliyet açısından ucuz olmaları ve fosil kaynaklarına yönelik teknolojik gelişmelerin yaşanması yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının önüne geçse bile, 1973 yılında petrol krizi sonucunda yaşanan güvensizlikten dolayı yenilenebilir enerji kaynakları ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ön plana çıkmıştır (Büyükmihci, 2003: 3). Ayrıca, fosil kaynakların (petrol, kömür ve doğalgaz gibi) tüketimi esnasında zehirli gazlar (karbondioksit, metan, kloroflorokarbon, azotoksit) atmosfere yayılmaktadır. Yayılan gazlar atmosferin dengesini bozduğundan dolayı, iklim değişikliği, ozon tabakasında incelme, asit içeren yağmurlar gibi olaylar meydana gelmektedir (MEB, 2002: 6).

Atmosferde yoğun şekilde biriken zararlı gazlar neticesinde küresel ısınma yaşanmaktadır. Oluşan bu ısınmadan dolayı ise kutupta bulunan buzullar eriyip deniz seviyesinin yükselmesine, verimli arazilerin sular altında kalmasına ve iklim değişikliğine sebep olmaktadır. Bu ve benzeri olayların yaşanmaması için ilk koşullardan biri, fosil kaynaklı yakıtların azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırma ve geliştirme alt yapılarını güçlendirerek uygun hale getirilmesi gerekmektedir (Keleş ve Hamamcı, 2002: 105).

Global bir sorun olarak insanoğlunu ilgilendiren çevresel sorunların en aza indirgenilmesi için uluslararası konferanslarda katılımcılar ile çözüm yolları aranmaktadır (Çukurçayır, 2002: 118). Stockholm Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı ve Rio Konferansları bu amaçla düzenlenen önemli konferanslar arasında yer almaktadır. Bu konferansların içeriği hakkında kısa bilgi verilmesi konun daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

1972 yılında çevre sorunları, ilk olarak Birleşmiş Milletler'in katkılarıyla düzenlenen Stockholm Birleşmiş Milletler Çevre Konferansı'nda ele alınmıştır. Konferansta katılımcı ülkelerin sorunlarını tartışmak, kısa ve uzun ölçekte tedbirleri tespit etmek ve çevre sorunlarını açık bir duruma getirmek amaçlanmıştır (Sönmez, 1995: 194). Konferans beyanamesi, tüm insanlığa yeryüzünün korunma ve geliştirilmesi fikrini özümsetmek ve onlara bu konuda daimi hükümler ve görüşler

sunan maddeler içermektedir. Nitekim “*Tek bir dünyamız var*” mottosu ile çevre sorunları evrenselliği tastik edilmiştir (Keleş ve Hamamcı, 1997: 17).

1992 yılında Rio Deklarasyonu’nda yerel yönetimlere “*Gündem 21*” ismiyle bilinen çevresel sorunların çözümleri için vazifeler dağıtılmıştır. Bu görevler gereği de katılımcılar yenilenebilir enerji kaynaklarını 1992-2000 yılları arasında çalışır duruma getirmeyi başararak çevreye daha az zarar veren bir enerjiyi tercih edip gerekli politikalar ile bu enerji türünü cazip hale getirme rolünü üstlenmişlerdir (Mengi ve Algan, 2003: 27). Rio Konferansı uzun ölçekte çevresel korunmanın sürdürülebilir iktisadi kalkınma ile birleşerek gerçekleşeceğini savunmaktadır. Bu da ülkelerin her kesiminden insanların bir araya getirilerek eşit bir şekilde ortaklık oluşturmaları durumunda gerçekleşecektir (Keating, 1993: 23).

Milli ve yöresel farklılıklar göz ardı edilmeden, elli katılımcı ülke onayı ile canlılık kazanan bu bildiri insanların sebep oldukları sera gazı emisyonlarını azaltma konusunda birtakım yükümlülükler getirmiştir. Sözleşme metninde iki ek bulunmaktadır. Birinci Ek’te İktisadi İşbirliği ve Gelişme Teşkilatı (OECD) üyesi ülkeler, Doğu Avrupa ve Eski Sovyet ülkeleri bulunmaktadır. Bu ülkelerin temel görevleri küresel ısınmayı engellemek için sera gazı salınımı azaltıcı politikalar ile emisyon oranını 1990 seviyesine çekmektir. İkinci Ek’te yalnızca OECD’ye üye olan ülkeler bulunmaktadır. Bu Ek’e göre OECD üyesi ülkeler ise dışarıda kalan sanayileşmekte olan ülkeleri denetleyerek teknik ve mali konularda yardım etmekle mükellef kılınmışlardır. Bu görevlerin yerine getirilip getirilmediklerini her sene kontrol etmek için “*Taraflar konferansı (COP)*” adı ile bilinen konferanslar düzenlemeye başlanılmıştır. Bu konferansların üçüncüsü ve en önemlisi Kyoto Protokolü’dür. 1997 yılında Japonya’da organize edilen bu Protokol’ün bu kadar önemli olmasının sebebi ise sera gazı emisyonunun azaltılması konusunu hedef göstermesi ve bu emisyonun azaltılması için hazırladıkları sistemler ile ilgili çeşitli açıklamalar yapmış olmasıdır (Karakaya ve Özçağ, 2001: 3).

Sera gazı salınımının normal boyutta olması tabii ve yararlıdır. Ancak son yıllarda sorun teşkil etmesinin sebebi insani enerji faaliyetlerinin artış göstermesidir. Sera etkisi, karbondioksit ve benzeri zehirli gazların yer kürede ışığı geçirip ısıyı geçirmemesinden meydana gelen ısınma olarak tanımlanmaktadır (Ersoy, 2010: 379).

2014 yılında sera gazı emisyonunun tamamını karbondioksit %81,7, metan gazı %12,2, azotoksit gazı %5 ve hidroflorokarbon gazı %1,1 oluşturmaktadır. Karbondioksit emisyonlarını fosil kaynaklı yakıtların kullanılması esnasında, endüstriyel ve zirai bölümlerdeki çalışmalar sonucunda meydana gelmektedir (UNFCCC, 2016).

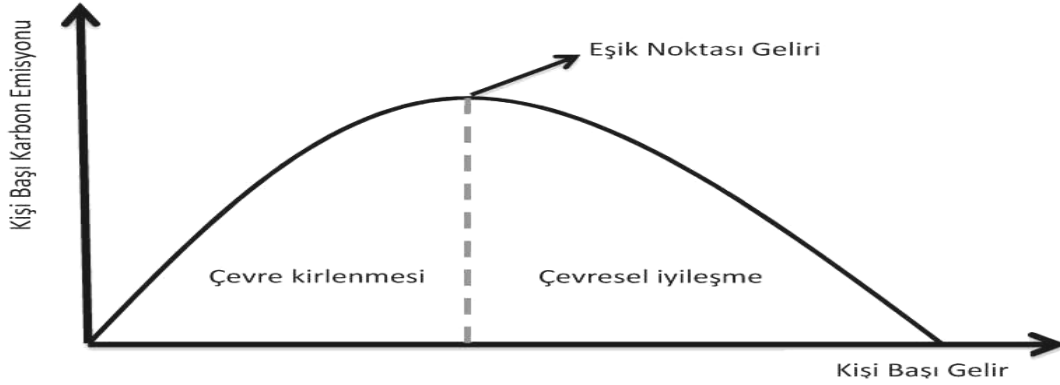
Enerji elde etmek için kaynakların tüketimi esnasında açığa çıkan kloroflorokarbon bünyesinde klorin bulundurduğu için ozon tabakasında incelmeler yaşanmaktadır (Biçici, 2008: 98). İşleme sokulduğu zaman dışarıya karbon yayan kaynaklar sadece ozon tabakasına ve insanoğluna zarar vermez, aynı zamanda hayvanlara ve bitkilere ciddi anlamda zarar vermektedirler. Bitkilerin yapraklarındaki gözenekleri kapatarak fotosentez yapmasını engellemektedir. Bu da ağaçların hatta büyük ormanların yok olmasına sebep olmaktadır. Yerküredeki kirlenmenin neticesinde oluşan asit yağmurları, ağaç ve bitkilerin yapılarını yakmakla birlikte toprağın barındırdığı çoğu minarellerin de yok olmasına veya kimyasının değişmesine sebep olmaktadır (MEB, 2002).

Rio Konferansı'nda 1992'den sonra izleyen yılları "*Sürdürülebilir Kalkınma Çağı*" olarak isimlendirerek bu sloganı çevresel kaynaklarda en başlara, daha sonra da ülkelerin, kurum ve kuruluşların belleklerine işlemiştir (French, 1995: 219). Ekonomi kaynaklarında Simon Kuznets tarafından hazırlanmış iktisadi büyüme ve kalkınma ile gelir eşitsizliğini konu alan Kuznets eğrisi 1990 yıllarında çevresel kirlilik ile entegre edilerek revize edilmiştir (Panayotou, 2000: 7).

### **1.6.1. Çevresel Kuznets Eğrisi**

Çevresel Kuznets Eğrisi olarak isimlendirilen bu ifade ilk olarak 1955 yılında Simon Kuznets tarafından ileri sürülen iktisadi büyüme ve kalkınma ile gelir dağılımı eşitsizliği arasındaki ters U şeklindeki ilişki olarak tanımlanmıştır (Saatçi ve Dumrul, 2011: 67). 1990'lı yıllarda benzer ilişki, çevre ile kişi başına düşen milli gelir arasında düşünülmüştür (Grossman ve Krueger, 1991: 1-57)

Şekil 1.1: Çevresel Kuznets Eğrisi



Kaynak: Dinda, 2004: 431-455

Şekil 1.1 incelendiğinde ilk olarak ekonomik büyümeyle birlikte çevre kirliliği ve gelir belirli bir düzeye gelene kadar artmaktadır. Gelir eşik noktasına ulaştıktan sonra ise çevre kirliliğinde azalma meydana gelmektedir (Stern, 2004: 1419-1439). Grossman ve Krueger'in 1990'lı yıllarda hazırlamış oldukları modelde, ekonomik büyümeden kaynaklı çevresel kirliliği üç başlıkta incelemiştir: a) ölçek b) yapısal c) teknolojik (Carson, 2010: 3-23).

a) *Ölçek etkisi*, ekonomideki yaşanan büyüme ile birlikte üretim miktarındaki artışı, doğal kaynak miktarındaki artışı, atık ve açığa çıkan emisyon miktarındaki artışı bağdaştırmaktadır. Ters U şeklindeki eğrinin başından eşik noktası gelirine kadar olan artışı açıklamakta kullanılmaktadır. Teknoloji sabitken üretim aşamasında kullanılan hammaddedeki artış hem daha fazla atık madde hem de emisyon miktarında artışa neden olarak doğanın daha fazla bozulmasına neden olmaktadır (Grossman ve Krueger, 1991: 3-4).

b) *Yapısal etki*, ekonominin kalkınma sonucunda piyasadaki hareketlerde yaşanan kayma ve değişimleri açıklamaktadır. Örneğin, büyümenin ilk baştaki dönemlerde rağbet gören sektör tarım iken, meydana gelen ekonomik büyüme ile rağbet, sanayi sektörüne daha sonra ise hizmet sektörüne kayacaktır (Aydın, 2014: 430).

c) *Teknolojik etki*, meydana gelen ekonomik büyüme ve yapısal değişim sonucunda yaşanan refah artışı araştırma ve geliştirmeye ayrılan fonun artmasına ve bu da teknolojik gelişmelere neden olmaktadır. İlerleyen teknoloji sayesinde önceden yaşanan katı, sıvı, gaz halinde oluşan kirlilik ortadan kalkarak çevresel kalitede artış gözlemlenecektir (Borghesi, 1999: 6-7).

## **BÖLÜM 2**

### **NÜKLEER ENERJİ VE EKONOMİK PERFORMANS**

Çalışmanın ikinci bölümünde, ekonomik performans kavramına yer verilerek nükleer enerjinin ekonomik etkileri incelenecektir. Nükleer enerji tüketiminde önemli yere sahip olan 11 ülkenin (Almanya, Amerika, Çin, Fransa, Güney Kore, Hindistan, İngiltere, Japonya, Kanada, Rusya ve Ukrayna) nükleer enerji konusunda izledikleri enerji politikaları, sahip oldukları nükleer güç reaktörleri, araştırma-geliştirme faaliyetleri, insan kaynakları ve personel gelişimi gibi konularda bilgiler verilerek seçilmiş ülkelerin nükleer enerji profilleri ortaya konulacaktır. Son olarak nükleer enerji ve ekonomik büyüme ile ilgili literatürde yapılmış çalışmalara değinilecektir.

#### **2.1. EKONOMİK PERFORMANS KAVRAMI**

İktisat literatüründe bir ülkenin ekonomik performansından bahsedilirken yaygın olarak ülkenin üretiminin proksisi olan Reel Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'ya (RGSYİH) bakılır. Reel gayri safi yurtiçi hasılda yaşanan bir artış, üretimin dolayısıyla ekonomik anlamda büyümenin arttığı anlamına gelmektedir. Çalışmada ekonomik performansın ölçüsü olarak ekonomik büyüme göstergeleri ele alınacaktır. Bu sebepten dolayı ekonomik büyümenin teorik olarak açıklanması konunun daha iyi anlaşılması adına faydalı olacağı düşünülmüştür.

Ekonomi kaynaklarında genel olarak ekonomik büyüme, ekonomideki çıktı miktarında veya reel milli gelirin her yıl artışı olarak ifade edilmektedir (Turan, 2008: 11). Ekonomik büyüme gerek sanayileşmiş ülkelerde gerekse sanayileşmekte olan ülkelerde de önemli hususlardan biri olmuştur. Fakat ekonomik büyüme ülkeler bazında farklılık göstermektedir. Gelişmiş ülkelerdeki büyüme incelendiğinde, üretim çıktılarına veya reel gayri safi yurt içi hasıla'nın artışına dikkat edilirken, gelişmekte olan ülkelerde ise hem reel gayri safi yurt içi hasıla veya üretim çıktısının artmasına hem de iktisadi kalkınmaya dikkat edilmektedir. İktisadi kalkınma ise iktisadi büyümeyi içerisine alan bir konu olmakla birlikte iş olanaklarını iyileştirme, gelir dağılımında yaşanan dengesizlikleri azaltma, okuma yazma oranlarını yükseltme, iktisadi ve toplumsal kurumları çağdaşlaştırma gibi konuların yanı sıra beşeri ve siyasi konuları da içerisinde barındırmaktadır (Seyidoğlu, 2006: 829).

İktisadi büyüme katkı sağlayan modeller, içsel büyüme modelleri ve dışsal büyüme modelleri olarak iki grupta incelenmektedir. Dışsal büyüme modelleri genel olarak teknolojik gelişmeleri dikkate almayıp teknolojiyi sabit tutarak sadece sermaye birikimini değerlendirmektedirler. İçsel büyüme modelleri temel olarak bilimsel ve teknolojik ilerlemenin büyüme yol açtığını savunmaktadırlar (Seyidoğlu, 2006: 844-845). İktisat literatüründe dışsal büyüme modelleri arasında, Harrod ve Domar Büyüme Modeli ve Neo-Klasik Büyüme Modeli yer alırken; içsel büyüme modelleri arasında ise, AK Modeli, Ar-Ge Modeli, Beşeri Sermaye Modeli ve Kamu Politikası Modeli yer almaktadır.

Harrod ve Domar Büyüme Modeli, R. F. Harrod ve Evsey D. Domar tarafından ortaya atılan birbirinden farklı ve bağımsız iki çalışmanın aynı düşünceyi ifade etmesinden sonra birlikte anılarak ortaya çıkan bir büyüme modelidir. Çalışmaların, farklılıklarından ziyade benzerliklerinin daha çok olması sebebiyle Harrod ve Domar Büyüme Modeli olarak isimlendirilmektedir (Turan, 2008: 27). Roy F. Harrod tarafından 1939'da yayınlanmış olan "An Essay in Dynamic Theory-Dinamik Teori'de Bir Makale" adlı yazısında temel sorun olarak uzun dönemde tam istihdama ulaşım ulaşamayacağı konusu ele alınmıştır (Harrod, 1939: 30-33). Elsev D. Domar 1947'de çıkardığı "Expansion and Employment- Genişleme ve İstihdam" yazısında ise tam istihdam gelir düzeyine erişmiş bir ekonominin dengesine zarar vermeden devamlı büyüebilmenin koşullarını incelemiştir (Domar, 1947: 50-55).

Dışsal bir ekonomik büyüme modeli olarak kabul edilen Solow Modeli (Neo Klasik Büyüme Modeli), 1956 yılında Robert M. Solow tarafından ortaya atılmıştır (Kılınç, 2013: 28-29). Bu model, iktisadi büyüme ile tasarruf ve sermaye birikimi arasındaki ilişkiyi açıklamaktadır. Ekonominin dışı kapalı ve rekabetçi piyasalara sahip olduğu varsayılarak, iktisadi büyümenin belirleyicilerini emek ve sermaye olarak göstermiştir (Solow, 1956: 65-94).

İçsel büyüme modellerinin önemli savunucularından olan P. Romer, R. Lucas ve S. Rebelo 1980 yılı içerisinde bilimsel ve teknolojik ilerlemenin büyüme yol açtığını ileri sürmüşlerdir (Haliloğlu, 2011: 37). İçsel büyümeyi savunan iktisatçılar, teknolojinin dışsal olarak kabul edilmesinin ekonomik büyümeyi açıklamada yeterli olmadığını savunmaktadırlar. Solow ve Harrod-Domar Büyüme Modelleri'nin aksine



piyasaların tam rekabet koşullarında değil eksik rekabet koşullarında faaliyet gösterdiği ve beşeri sermayenin büyümede önemli rol oynadığı varsayımı kabul edilmektedir (Romer, 1986: 1002-1037). Ekonomi literatüründe başlıca İçsel Büyüme Modelleri arasında P. Romer tarafından geliştirilen AR-GE Modeli, temeli maliyetleri minimum seviyede tutarak ürünlerin kalitesini maksimuma çıkarmayı hedeflemektedir (Arrow, 1962: 155-173). Lucas tarafından geliştirilen Beşeri Sermaye Modeli, beşeri sermayeyi üretim faktörleri arasında sayarak uzun dönem sürdürülebilir büyümeyi sağlayacak tek faktörün beşeri sermaye olduğunu varsaymaktadır (Romer, 1990: 337). R. Barro tarafından geliştirilen Kamu Politikası Modelinde ise kamu harcamalarının ekonomik büyümeyi hızlandırdığı savunulmaktadır (Ercan, 2002: 134-135).

## **2.2. NÜKLEER ENERJİNİN EKONOMİK ETKİLERİ**

Enerji, iktisadi büyümenin ana unsurlarından biri olmuştur (Bayraktutan ve diğerleri, 2012: 241). Günümüzde hemen hemen her faaliyette girdi olarak kullandığımız bir faktördür (Tuğrul, 2006: 27). Nüfusta ve kentleşmede meydana gelen artış ile hanehalkına sağlanan elektrik gereksiniminin artması, tarım sektöründe oluşan makineleşme ile elektriğe duyulan ihtiyacın artması ve endüstride üretim aşamasında kullanılan elektrik ihtiyacının artması gibi sebeplerden dolayı elektriğe duyulan talep artış göstermektedir (Gülbahar ve Kılınç, 2011:6).

Gelişmekte ve sanayileşmekte olan ülkelerin ekonomilerinin temellerinden bir tanesi enerji maliyeti olarak kabul edilmektedir (Muradov, 2012: 3). Nükleer enerji reaktörleri, diğer enerji reaktörlerine göre kurulum ve kapatma maliyeti olarak yüksek olsa da diğer reaktörlere göre işletme ve yakıt maliyeti bakımından ucuz olması ortalama elektrik üretimini daha ucuza sağlayabilmektedir (Farris, 2017: 3).

Enerji maliyetlerinin düşük olması ve üretim sonrası çıktıda oluşan değişimler gayrisafi yurtiçi hasılayı artırır ve iktisadi büyümeye pozitif etkiler katmaktadır (Cleveland ve Stern, 2004: 18). Bu sebepten dolayı nükleer enerji iktisadi büyümeyi sağlayan faktörler arasında yer almaktadır (Ferguson, 2007: 6). Teknolojik açıdan ülkelerin yenilenebilir enerji kaynaklarının hali hazırda beklenen seviyede olmaması sebebiyle, nükleer enerjiyi kullanılabilirliği yüksek alternatif enerji kaynağı olarak ön plana çıkarmaktadır (Yıldırım ve Gün, 2016: 141).

### 2.2.1. Endüstriyel Gelişimde Nükleer Enerjinin Yeri

Gelişmekte olan ülkelerin kalkınması, enerji üretimi ile mümkün olabilmektedir. Ülkelerin nükleer enerji geleceği ise o ülkede yaşayan insanların hoşgörülerini kazanmasına ve emniyetli bir şekilde bu hoşgörüyü devam ettirebilmesine bağlı bulunmaktadır. Bilhassa sanayileşmiş ülkeler için bu önemli bir koşul olarak görülmektedir (Özden, 1983). Gelişmekte olan ülkelerde nükleer enerjiden endüstriyel anlamda faydalanılmasa bile tıbbi anlanda, radyoaktif muayene ve çeşitli alanlarda yararlanılmaktadır (TAEK, 2005).

Gelişmemiş ülkeler enerji madenleri deposu olarak düşünülürse, petrolde yaşanan problemlerin alternatif enerji kaynaklarında yaşanmamasını düşünmek zordur. Her çeşit enerji madenini elde edebilen gelişmiş ülkeler, hammadde fiyatlarında yaşanabilecek artışlara, önümüzdeki yıllarda petroldeki gibi sessiz bir duruş sergilemeyebilirler. ABD ve Kanada'da nükleer enerji destekçilerinin savundukları tezlerden biri Irak savaşı akabinde petrol fiyatlarındaki artış ile gündeme düşen enerji bağımlılığı ve petrole olan esaretin nükleer enerji ile çözülebileceğini savunmuşlardır (Akkaya, 2001; Özden, 1983). 2003 yılında düzenlenen Asya 4. Nükleer İşbirliği Konferansı'nda, Japonya Atom Enerji Komisyonu Başkan Yardımcısı Bay Endo, nüfusta yaşanan yükseliş ve iktisadi büyümeye ile enerji talebinin artacağını ve bu artışın Asya ülkelerinin genelinde nükleer enerji ile karşılanabileceğini dile getirmiştir (FNCA, 2003).

Son yıllarda gelişmiş ülkelerde nükleer enerji alanında çalışmalarda bulunan endüstri sektörü, daha güvenli ve etkin iktisadi çıktı elde edebilen nükleer santrallerin yapımına yönelmişlerdir. Devlet bünyesindeki laboratuvarlarda ise nükleer yakıt, ileri santral tasarımları, nükleer silahlar ile ilgili tasarımlar gibi çeşitli Ar-Ge faaliyetleri üzerinde çalışmaktadır. Dolayısıyla, nükleer enerji için kalite, güvenlik ve teknoloji önemli konular arasında yer almaktadır (Tuğrul, 2003c,2004).

Enerjide, enerji kaynaklarının varlığı ve devamlılığı endüstriyel gelişim için önemli bir anahtar olmuştur (Hüseyinoğlu, 2006: 44). Özel kurumlar çerçevesinden incelendiğinde nükleer enerji reaktörleri, maliyet olarak pahalı gözükebilir fakat nükleer enerji üretim esnasında veya üretimden sonra sağladığı izotop teknolojisi gibi yararlı ve kazançlı teknolojilerle de büyük katkı sağlamaktadır. Ortaya çıkan radyoizotopların, tıp

alanında, gıda endüstrisinde ve bunun gibi alanlarda kullanılabilirliği sebebiyle özel kurumlara cazip gelmekte ve pazar açısından canlılık oluşturmaktadır (Bilge ve Tuğrul, 1990).

Nükleer alandaki uygulama ve bu uygulama sonrasında meydana gelen karı artırmak için iki önemli şart bulunmaktadır. Birincisi, nükleer enerji kullanım alanlarında (zirai, tıp, çevre ve sanayi) deneyimli olan ülkeler ile bağlantı kurarak destek almak; ikincisi ise hem toplumsal hemde ekonomik reaksiyonu azaltmak için çokça bu alanda gerekli kuruluş kurulması ve ekipman sağlanması olarak tanımlanmaktadır. Nükleer teknoloji gelişmiş ülkelerin endüstrilerini, birçok konu içerisinde bulunabildiği için endüstrinin enerji taleplerini sağlayarak zenginleştirmektedir (FNCA, 2003).

### **2.2.2. Nükleer Gücün Sosyo-Ekonomik Etkisi**

Nükleer enerjiden bilimsel ve teknolojik açıdan yararlanma, toplumsal ahlaki değerleri aynı seviyeye getirmeyi amaçlamaktadır. Sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile destekleyici bir yol izlemektedir (Hüseyinoğlu, 2006: 46). Nükleer enerji teknolojisini kullanan ülkelerdeki araştırma enstitüleri tarafından araştırılan nükleer bilgi, mevcut sanayi koşullarına katma değer sağlayarak sosyo-ekonomik açıdan fayda sağlamaktadır (FNCA, 2003).

Ekonomik gelişmeyi harekete geçirmek, ülkede bulunan ufak ve orta düzeydeki sanayi kuruluşlarını yapılandırmak için, nükleer araştırma merkezlerinde girişimci programları planlamak mümkün olabilmektedir. Kısa zaman içerisinde ciddi gelişmeler kateden Malezya bunun en güzel örneği olarak gösterilmektedir. Ulusal düzeydeki teknoloji ve bilim programlarına katılım sağlayan sanayi sektörü, dile getirdikleri sorunlar ile teknolojinin gelişmesine yardımcı olmaktadır. Sosyo-ekonomik olarak nükleer enerjinin yaygınlaşmasında nükleer teknolojilerin ve bilimin tanıtımının yapılması, alt yapının oluşturulması ve insan kaynaklarındaki gelişmenin desteklenmesi, küçük ve orta düzeydeki sanayi kuruluşlarının teknoloji transferlerinin hızlanması ve bunların kuruluşlara nasıl fayda sağlayabileceğinin anlatılması gibi önemli çıkış noktaları etkili olduğu gözlemlenmiştir (Baydoğan, 2006: 46-47).

### 2.2.3. Nükleer Santrallerin Personel İhtiyacı ve Eğitimi

Nükleer mühendisler genellikle nükleer güç sanayisinde veya devlet laboratuvarlarında çalışma yapmaktadırlar. Nükleer sektördeki çalışanlara olan ihtiyaç gelişmekte olan ülkelerde yüksek olduğu görülmektedir. Nükleer endüstri ağır bir sektör olduğu için nükleer alanda çalışan mühendislerin sayısının korunması ve artması nükleer sanayinin kararlılığını sağlamaktadır. Nükleer enerji aktivitelerinin artması ve desteklenmesi için alanında uzmanlaşmış insan kaynakları istihdam edilmelidir. Nükleer sanayide önemli konulardan biri kalifiyeli istihdam yüzdesini alternatif enerji sanayilerinden daha fazla oranda tutmayı sağlamaktır (NEA, 1992). Bu yüzden nükleer sanayide çalışacak personel için niteliği artırıcı sertifika programları nükleer enerji alanında önemli bir yer tutmaktadır (TAEK, 2005).

Nükleer enerji konusunun kamuoyu ve insanlar tarafından hoşgörü ile karşılanabilmesi için, halkın kuşkularının nasıl giderileceğinin düşünülmesi ve üretim safhasının tanıtımlarının yapılması aracılığıyla halkın bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Bu kuşkular arasında işletme safhasında ihtiyaç duyulan işgücü ve personel eğitimi ile ilgi şüpheler de yer almaktadır. Bu tür reaktörlerin çalışmaları için alanında hem pratikte hem de uygulamada uzman kadronun iş başında bulunması gerekmektedir (Hüseyinoğlu, 2006: 53)

Nükleer reaktörlerin üretim ve çıktı noktasında, güvenlik ve kaliteden vazgeçilmesi güç unsurlar arasında bulunmaktadır. Bu unsurları temin edecek daha sonrasında sürdürebilecek kalifiyeli personellerin nükleer programın başlangıcında yetişmiş ve ilerisi için yetiştiriliyor olması gerekmektedir. Nükleer reaktörlerin kurulumu aşamasında, yer seçimi, santrallerin işletimi ve bakım onarımı gibi temel konular öne çıkmaktadır. Nükleer enerji kullanımı için çalışmaya başlayan gelişmekte olan ülkeler, genel olarak yer seçimi noktasında uzman personeller ile bu görevi üstlenebilmektedir. Ancak lisanslama kısmı farklı evrelerden oluştuğu için çalışan mühendislerin veya personelin eğitim alarak uzmanlaşması hatta uzman personel takviye yapılması gerekmektedir. Nükleer reaktörlerin işletilmesine başlamadan önce uzman personellerce bir takım testler yapılmaktadır. Bundan dolayı reaktörde çalışan personellerin pratikte, uygulamada tecrübeli olması veya yurtdışında tecrübe edinmiş olması gerekmektedir (Tombakoğlu, 2009: 2).

Nükleer işletmede çalışacak personellerin belirlenen düzeyde eğitim alarak alanlarında uzmanlıklarına dair yeterlilik belgelerinin bulunmasının yanı sıra, nükleer inşası başladığı zaman itibari ile personellerin eğitimi ve lisanslandırma çalışmalarının başlaması gerekmektedir. Bu eğitimlerin teorik bilgilendirme kısmı ülke içerisinde, uygulama ve pratik kısmı da yurt dışında bu konuda uzmanlaşmış ülkelerde verilerek nükleer işleyiş hakkında tecrübe sahibi olmaları, güven, kalite ve güvenilirlik açısından önem teşkil etmektedir. Sonuç itibari ile nükleer enerji işletme, personel, enerji kullanımı, atık kontrolü gibi çeşitli faaliyet evrelerinde kurallara taviz verilmeden uyulması önemlidir. Ayrıca bu alanda bulunacak personelin lisans ve eğitimlerinde hiçbir nokta atlanmamalıdır (Hüseyinoğlu, 2006: 56-57).

#### **2.2.4. Nükleer Enerji ve Uluslararası İlişkiler**

Bir ülkenin gelişmişlik seviyesi o ülkede kullanılan enerji seviyesiyle doğru orantıdadır. Enerji için ihtiyaç duyulan madenler dünya genelinde dengeli olarak dağılım göstermediğinden dolayı gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler enerji ihtiyaçlarını ithal ederek karşılamaktadırlar. Enerjiyi dış kaynaklardan temin etme zorunluluğu, ekonomi kaynaklarında dışa bağımlılık olarak dile getirilmektedir. Bu dışa bağımlılık ve enerji kaynaklarının fiyatlarındaki dengesizlik sonucunda ekonomide ciddi problemler yaşanmaktadır. Enerji kaynaklarını maliyet bakımından ucuz, içerik ve sağladığı çıktı bakımından nitelikli ve devamlılığı olan enerji türlerini temin edebilen ülkeler diğer ülkelere nazaran pazarda ve kalkınma noktasında ilk sıralara yükselebilmektedir. Dolayısıyla uluslararası ilişkilerde enerji önemli rol oynamaktadır (Kırteke, 2014: 1-10).

Nükleer enerjinin kullanımı noktasında düzenlemeler, halkın güveni ve güvenliği için her zaman gerekli görülmektedir. Bu güven ortamını oluşturabilmek için insanların uyacağı, sağlığı ve emniyetiyle doğal yaşama zarar verilmemesine özen gösterilen geniş ve etkili yasal bir sınırlamaların getirilmesi gerekmektedir. Nükleer enerjinin kullanım alanlarının hemen hemen hepsi, uluslararası anlaşma veya ilgili dokümanlar uluslararası camiada onaylanmış yasalar çerçevesinde düzenlenmektedir. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) üyesi çoğu ülkenin taraf olduğu nükleer silahlanmanın engellenmesi, nükleer maddelerin korunması, olası bir nükleer kaza sonucunda gerçekleşecek karşılıklı yardımlar gibi uluslararası alanda sözleşmeler imzalanmaktadır. Bu sözleşmelerden önemli olan örnekler aşağıda belirtilmektedir.

- 1970 yılından bu yana yürürlükte bulunan, nükleer silahlanma ve bu yöndeki teknolojik gelişmeleri engellemeyi ve nükleer enerji kaynaklarının barış ve enerji için kullanılıp teşvik edilmesini sağlamayı hedefleyen *Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Antlaşması*
- 1987 yılında yürürlüğe giren, sözleşmede bulunan ülkelerin, sınırları içerisinde veya uluslararası transfer noktasında nükleer içeriklerin korunmasına ilişkin yükümlülükleri içeren *Nükleer Maddelerin Fiziksel Koruması Sözleşmesi*
- 1986 yılında yürürlüğe giren, nükleer kaza sonrasında oluşabilecek sonuçların ülke sınırını aşması durumunda Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (UAEA) vasıtasıyla yakın ülkeleri uyarmaya yönelik bir sistem yapan *Nükleer Kazaların Erken Bildirimi Sözleşmesi*
- 1987 yılında yürürlüğe giren, nükleer kaza sonucunda veya acil müdahale edilmesi gereken radyolojik durumlarda yapılacak desteğin ve yardımın hemen sağlanmasını hedefleyen *Nükleer Kaza veya Acil Radyolojik Durumlarda Yardım Sözleşmesi*
- 1996 yılında imzalanan nükleer güvenlik uygulama ve düzenleme alanında uluslararası kriterler belirlenerek işletmede bulunan güç reaktöründe üst düzey güvenlik düzeyi sağlamaya çalışan *Nükleer Güvenlik Sözleşmesi*
- 2001 yılında yürürlüğe giren, ulusal tedbirler ve uluslararası anlaşmaların gelişimi ile üst düzey güvenliğe ulaşmayı ve bunu sürdürmeyi planlayan bir sözleşme *Kullanılmış Yakıt Yönetimi ile Radyoaktif Atık Yönetim Güvenliği Ortak Sözleşmesi*

Bu sözleşmelere ek olarak, 1998 yılında Çek Cumhuriyeti ile Rusya ve Slovak Cumhuriyeti ile Ukrayna arasında nükleer santraller için gerekli maddeleri transfer etme işlemine dair sözleşmeler de örnek olarak gösterilebilmektedir. Malzeme tedarik süreci, deney için kullanılan ekipman temini, uzman personel desteği, teknik bilgi aktarımı gibi konularda komşu veya ülkeler arası ikili anlaşmalar imzalanmaktadır (IAEA, 2018).

### 2.3. SEÇİLMİŞ ÜLKELERDE NÜKLEER ENERJİ PROFİLLERİ

Nükleer enerji tarihinde 1934 yılında atomun parçalanmasıyla meydana gelen enerji, gerek siyasetçilerin gerekse bilim insanlarının ve endüstri alanında yer alan kişilerin dikkatlerini üzerine çekmiştir. İlk önce askeri alanda başlayan çalışmalar yerini ticari alanlara bırakmıştır. Gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülke nükleer alanda elde edilen bu çekirdek enerjisini elektrik enerjisine çevirmek için çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. 1970’li yıllarda gerçekleşen petrol krizi ile ülkeler diğer enerji kaynaklarına olan bağımlılıklarını azaltmak ve enerji arz güvenliğini sağlamak adına nükleer santrallere ilgi göstermişlerdir. İlerleyen yıllarda yaşanan büyük nükleer kazalar ışığında hem teknik hem de kurulma ve işletme noktasında nükleer emniyet kültürü ortaya çıkmıştır. Güvenlik konusunda uluslararası kurum ve kuruluşlar kurularak, nükleer santrallerde yaşanması ihtimal olan kazaları engellemek için denetlemeler yapılmaya başlanmıştır. Son zamanlarda birçok alanda kendilerine ait özelliklerden dolayı alternatif enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır (T.C. Enerji Bakanlığı, 2018).

2018 yılı itibariyle Dünya, elektrik talebinin %11’ini nükleer enerjiden sağlamaktadır. Ulusal düzeyde bakıldığında 12 adet ülke kendi elektriğinin %30’unu nükleer enerji kullanarak elde etmektedir. Bugün itibariyle, 30 ülkede 448 adet kullanımda olan nükleer güç reaktörü ve 15 ülkede inşaatı devam eden 59 reaktör bulunmaktadır (IAEA, 2018). Çalışmanın bu bölümünde ülkelerin nükleer enerji profillerine bakılarak nükleer enerjinin ülke bazında tarihi, kullanımda olan santralleri personel eğitimi, araştırma ve geliştirme faaliyetleri incelenecektir.

#### 2.3.1. Almanya’nın Nükleer Enerji Profili

Almanya, 1955 yılında nükleer enerji kullanarak enerji elde etmek amacıyla araştırmalara başlamıştır. Uluslararası işbirlikler ile reaktör prototipleri oluşturulmuştur. 1956 yılından 1969 yılına kadar Batı Almanya’da nükleer araştırma merkezleri kurulmuştur. Bu merkezlerin çoğu araştırma reaktörleri ile donatılmıştır. 1970 yılının başlarında nükleer güç ile ilgili şüpheler artmaya başlamıştır. Kuşku duyan nüfusun artmasından kaynaklı nükleer risklere ve nükleer gelişime karşı bir duruş ortaya çıkmıştır. Nitekim, 1979 yılında Three Mile Island nükleer kazası ve Çernobil nükleer kazası ile nükleer enerji risklerinin teoriden ibaret olmadığı anlaşılmıştır. 2010 yılından bu yana, Federal Hükümet, geleneksel enerji kaynaklarının yavaş yavaş yenilenebilir

enerjilerle değiştirildiği bir enerji karışımına odaklanmıştır. Bir geçiş dönemi için, nükleer enerji, enerji karışımının vazgeçilmez bir parçası olarak kalması gerektiği düşünülmektedir. Bunun yanında yeni nükleer santrallerin yapımına ilişkin yasal yasağın geçerliliği devam etmiştir. Üretim için izin verilen elektrik miktarına göre belirlenen 17 nükleer santralin işletme ömürleri, ek bir 12 yıla eşit bir şekilde daha fazla elektrik üretim hakkı verilmesiyle uzatılmıştır. Bu hak, her bir tesis için elektrik hacimlerine dönüştürülmüştür (IAEA, 2018; Jacobsson ve Lauber, 2006: 256-276).

Reaktör Güvenliği Kurumu (RSK) ve güvenli enerji tedarikine ilişkin Etik Komisyonu ve nükleer güvenliğin mutlak önceliği göz önüne alındığında, Federal Hükümet 2022 yılına kadar nükleer enerjinin kullanımını sonlandıracaktır. Değişikliğin Ağustos 2011 tarihinde yürürlüğe girmesiyle birlikte, Sekiz nükleer santral bloğunun enerji operasyonunun işletme lisansı iptal edilmiştir. Kalan bloklar daha sonra veya 2022 yılı sonuna kadar aşamalı bir yaklaşımla kalıcı olarak kapatılacaklardır (IAEA,2018).

### ***2.3.1.1. Enerji Politikası ve İstatistiği***

Almanya'nın enerji politikası, Federal Ekonomi ve Enerji Bakanlığı'nın sorumluluğunda bulunmaktadır. Enerji politikasının temel amacı uygun fiyatlı, güvenli ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Sürdürülebilir bir temelde enerji üretilmesi, en verimli ve çevreye uyumlu ekonomilerden birinin korunması planlanmaktadır. Bu süreç ise enerji geçişi ile amaca ulaşacaktır. Bu enerji geçişi aşağıdaki adımları bünyesinde bulundurmaktadır (BMWI, 2018):

- Yenilenebilir enerjinin diğer enerji türlerine göre daha büyük bir paya sahip olacaktır (Enerji kavramına göre, enerji arzının %60'ı ve elektriğin %80'i yenilenebilir enerji kaynakları tarafından 2050 yılına kadar üretilmelidir).
- Almanya, petrol ve doğal gaz ithalatına daha az bağımlı hale gelecektir.
- Paris Anlaşması uyarınca, çevreye zararlı olan sera gazı emisyonları, 2050 yılına kadar %80 ile %95 oranında azaltılacaktır.
- Enerji ihtiyaçları daha ekonomik ve verimli kullanımla azaltılacaktır.



- Enerji arzının yeniden yapılandırılması, büyümenin sağlanması ve sürdürülebilir ve güvenli işlerin oluşturulması için Almanya bir sanayi üssü olarak inovasyonun itici gücü olacak şekilde faaliyetlerde bulunacaktır.

2000 yılında, Federal Hükümet ve enerji şirketleri, nükleer enerji kullanımını ticari elektrik üretimi için durdurmayı kabul etmişlerdir. Yeni nükleer santrallerin yapımına ilişkin yasal bir kanun yürürlüğe konulmuştur.

Tablo 2.1: Almanya'nın Enerji İstatistikleri

	1980 <sup>1</sup>	1991	2000	2010	2015	2016	Bileşik yıllık büyüme oranı (%) 2000 ila 2016
<b>Enerji tüketimi [EJ] <sup>2</sup></b>							
Toplam ± net ithalat	11,35 (3,54)	14.61	14.40	14.22	13.26	13.45	-0,43
Katı maddeler <sup>3</sup>	3,41 (2,48)	4,84	3,57	3,23	3,29	3,18	-0,72
Sıvılar	5,44 (0,62)	5,53	5,50	4,68	4,49	4,57	-1,15
Gazlar	1,86 (0,30)	2,41	2,99	3,17	2,77	3,03	0,08
Nükleer	0,48 (0,13)	1,61	1,85	1,53	1,00	0,92	-4,27
Hidro	0,06 (0,00)	0,05	0,09	0,08	0,07	0,07	-1,56
Diğer / Yenilenebilir		0,19	0,40	1,59	1,81	1,87	10,12
<b>Enerji üretimi [EJ]</b>							
Toplam	5,11 (2,55)	6,97	5,63	5,69	5,07	4,89	-0,87
Katı maddeler <sup>3</sup>	3,70 (2,30)	4,44	2,53	1,92	1,79	1,66	-2,60
Sıvılar	0,20 (0,00)	0,15	0,13	0,11	0,10	0,10	-1,63
Gazlar	0,59 (0,11)	0,57	0,65	0,46	0,29	0,26	-5,52
Nükleer <sup>4</sup>	0,48 (0,13)	1,61	1,85	1,53	1,00	0,92	-4,27
Hidro	0,06 (0,00)	0,05	0,09	0,08	0,07	0,07	-1,56
Diğer / Yenilenebilir	0,10 (0,01)	0,15	0,38	1,59	1,82	1,88	10,52
<b>Net ithalat (İthalat-İhracat) [EJ]</b>							
Genel Toplam	6,24 (0,99)	7,64	8,77	8,53	8,19	8,56	-0,15

<sup>1</sup> Veriler, 1990 yılında yeniden birleşmeden önce Federal Almanya Cumhuriyeti'ne (FRG, Batı Almanya) aittir; Parantez içindeki rakamlar eski Alman Demokratik Cumhuriyeti (GDR, Doğu Almanya) verilerini göstermektedir.

<sup>2</sup> Enerji tüketimi = Birincil enerji üretimi + İkincil net ithalat (İthalat-İhracat).

<sup>3</sup> Katı yakıtlar kömür ve linyit gibi kaynaklar içermektedir.

<sup>4</sup> Nükleer enerji, ulusal enerji dengesinde ithal enerji olarak kabul edilmektedir.

Kaynak: Almanya Federal Ekonomi ve Enerji Bakanlığı veri tabanı

Elektrik miktarları prensip olarak tesisler arasında yasal olarak aktarılabileceğinden, kesin kapatma tarihlerini tahmin etmek mümkün değildir. 2011 yılında, Fukushima Daiichi nükleer santralindeki kazadan sonra, tüm Alman nükleer enerji santralleri için son kapatma tarihleri belirlenmiştir. Tablo 2.1 Almanya'da birincil

enerji tüketimine ve Alman yerli kaynaklarından elde edilen enerji üretimine genel bir bakış sunmaktadır. Tablo 2.1’de Almanya enerji istatistikleri incelendiğinde, dünyadaki en büyük enerji tüketicilerinden biri konumundadır. Günümüzde, enerji geçişinin uygulanmasının bir parçası olarak yenilenebilir kaynaklardan birincil enerji kaynaklarına geçmek için üretim kapasitelerini genişletmektedir. Birincil enerji tüketiminin yaklaşık %80’i hala fosil yakıtlar tarafından sağlanmaktadır. Ham petrol üretiminin yaklaşık %2’si ve doğal gaz üretiminin %10’u yerli üretimden elde edilmektedir. Doğal uranyuma olan talep neredeyse tamamen ithalat ile karşılanmaktadır. 1990 yılında Doğu Almanya’daki Wismut tesisinin kapatılmasından sonra Almanya’da doğal uranyum üretimi yapılmamaktadır (BMWİ, 2018; IAEA, 2018).

### 2.3.1.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış

2016 yılında, nükleer enerji santralleri brüt elektrik üretimine yaklaşık %13,1 oranında katkıda bulunmuştur. Bu rakam 84,6 TWh’ye karşılık gelmektedir. Almanya’da toplam 46 araştırma ve eğitim reaktörü inşa edilmiş ve işletilmiştir. Son zamanlarda çoğu araştırma reaktörü kapatılmış veya hizmet dışı bırakılmış olsa da, yedi araştırma tesisi (üçü 50 kW (th) 'den fazla termal gücü ve dört küçük eğitim reaktörü) hala çalışmaktadır.

Tablo 2.2: Almanya'nın Nükleer Santrallerin Durumu ve Performansı

REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE [MW (E)]	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH
Brokdorf	1410	1976.01.01	1986.12.22
EMSLAND	1335	1982.08.10	1988.06.20
Grohnde	1360	1976.06.01	1985.02.01
Gundremmingen-C <sub>1</sub>	1288	1976.07.20	1985-01-18
ISAR-2	1410	1982.09.15	1988.04.09
Neckarwestheim-2	1310	1982.11.09	1989.04.15
Philippsburg-2	1402	1977.07.07	1985.04.18

Kaynak: IAEA - Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS).

Tablo 2.2’de Almanya’daki nükleer enerji santrallerinin durumunu gösterilmiştir. Almanya’da, toplam brüt kapasitesi 10.0 GWe olan yedi nükleer enerji santrali faaliyet göstermektedir. Tablo 2.2’de bulunmayan net kapasitesi 3319 MWe olan 6 adet reaktörün inşaatı iptal edilmiş, 28 adet reaktör ise kalıcı olarak kapatılmıştır.

### **2.3.1.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri**

Nükleer santrallerin güvenli işletimi Federal Hükümet için en önemli öncelik olmakla birlikte bu alanda araştırmalar sürdürülmekte ve genişletilmektedir. 2016 yılında, Federal Ekonomi ve Enerji Bakanlığı (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie-BMWi) ve Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı (Bundesministerium für Bildung und Forschung-BMBF) Enerji Ar-Ge Programı, nükleer güvenlik ile ilgili araştırmaları desteklemiştir (BMBF, 2018; BMWİ, 2018).

BMWİ şu anda reaktör güvenlik araştırması için yaklaşık 21.4 milyon € (nükleer reaktörlerin kaza koşullarında tesis davranışına yönelik deneysel veya analitik çalışmaları içeren) finanse etmektedir. Nihai tasfiye ve nükleer atık yönetimi araştırması için yaklaşık 11.3 milyon € daha harcanmıştır (BMWİ, 2018).

BMBF, atık bertarafı, reaktör güvenliği araştırması ve radyasyon araştırması ile ilgili temel bilim konularına odaklanan proje ve kurumları yaklaşık 42 milyon €'luk fon ile desteklemektedir. Uzun vadeli bir enerji seçeneği olarak, BMBF şu anda füzyon reaktörlerinin geliştirilmesini araştırma projeleri ve kurumsal finansman (toplamda 130 milyon €) yoluyla desteklemektedir (BMBF, 2018).

### **2.3.1.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi**

Radyasyondan Korunma Yönetmeliği'nde yeterli ve nitelikli personelin sağlanması ihtiyacı önemli yer tutmaktadır. Personelin teknik yeterliliği için ayrıntılı gereklilikler kılavuzlarda belirtilmiştir. Buna ek olarak, kılavuzlar sorumlu vardiyalı personelin nitelikleri ve bakımlarının yanı sıra radyasyondan korunma konusunda sorumlu personelin niteliklerini de şart koşmaktadır. Yeterli personelin temin edilmesi için operatör tarafından alınan önlemler denetleyici otorite tarafından gözden geçirilmektedir (IAEA, 2018).

2018 yılında faaliyette olan Alman nükleer enerji santralleri, faaliyetlerinde deneyimli personel tarafından karşılanmaktadır. Bu çalışanlar, Essen'deki Simülasyon

Merkezi'nde (Simulatorzentrum), tesise özgü tam kapsamlı simülörler üzerinde düzenli olarak yeniden eğitime tabi tutulmaktadır (KSG, 2018).

Çalışan personelin yaşlanması nedeniyle personelin yetkinliğini ve miktarını korumak için ileriye dönük bir personel yönetim sistemi uygulanmaktadır. Beklenen emekliliklerin yanı sıra, istatistiksel tahminlerin, santral operatörleri tipik olarak, beş yıl öncesine kadar yeni işe alım ihtiyacını planlamaktadır. Sistemik eğitim programları, uzun süren '*paralel işe alım*' sistemi için uygulanmaktadır (IAEA, 2018).

### **2.3.2. Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) Nükleer Enerji Profili**

Atom Enerji Yasası 1954 yılında Atom Enerji Komisyonunu (AEC) nükleer enerjinin barışçıl amaçlar ile kullanılıp kullanılmadığını araştırmak için görevlendirmiştir. Reaktör tasarım tarzlarını keşfetmek için çok sayıda sanayi ve kamu kurumları kurulmuştur (Rosenberg, 1982: 25). Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Shippingport/Pennsylvania'da 1957 yılında ilk büyük ölçekli sivil nükleer santral faaliyete başlamıştır. 1960 yılında Illinois eyaletinde bulunan Grundy'de özel olarak finanse edilen Dresden Nükleer Üretim İstasyonu tam ölçekli ilk ticari nükleer enerji santrali olarak kurulmuştur. ABD kurumları düzenlemeye ve enerji konusunda geliştirmeye yönelik sorumlulukları atamak amacıyla 1974 yılında Enerjiyi Yeniden Yapılandırma Yasası ile AEC'yi görevinden almıştır. 1974 yılında bu yasa ile Nükleer Düzenleme Komisyonu (NRC) ve Enerji Araştırma ve Geliştirme İdaresi (ERDA) kurulmuştur (Payne ve Taylor, 2010: 301-307; İAEA, 2018).

NRC, nükleer reaktörlerin ve nükleer malzemelerin işlenmesi, taşınması ve taşınması ile ilgili diğer tesislerin güvenliğini ve lisanslanmasını sağlamakla görevli bağımsız düzenleyici otorite olarak hizmet vermek üzere kurulmuştur. 1977 yılında Enerji Organizasyonu Yasası imzalanarak ERDA'nın görevine son verilmiştir. Aynı yıl ABD Enerji Bakanlığı (DOE) bir kısım federal enerji faaliyetlerini tek bir bölüm altında birleştirmek ve böylece kapsamlı bir ulusal enerji planı için çerçeve sağlamak amacıyla kurulmuştur (Clarke, 1985: 474-487).

1960-1970 yılları arasında nükleer enerji sektörü hızla artan elektrik talebine karşın hızlı bir şekilde büyümüştür. Nükleer sanayi, planlanan nükleer güç birimlerinin büyüklüğünü, ticari reaktörlerin ilk turundan sonra hızla artırmıştır. 1973 yılında

inşaatına başlanan ancak 1979 yılında Three Mile adasında yaşanan kazadan, artan inşaat maliyetlerinden ve yeni yasal gerekliliklerden dolayı inşaat çalışmaları askıya alınan Watts Bar Unit-2, ABD'nin nükleer santral filosundaki en yeni ticari nükleer reaktör olarak gösterilmiş ve yapımı 2016 yılında tamamlanmıştır (Schneider ve Froggatt, 2012: 8-14).

### 2.3.2.1. Tahmini Mevcut Enerji Durumu

ABD, Dünya'nın en büyük tahmini fosil yakıt rezervlerine sahip ülkesi olarak gösterilmektedir. 2016 yılında tahmini geri kazanılabilir kömür rezervi 230 608 milyon ton olarak hesaplanmıştır. Toplam doğalgaz rezervleri 2015 yılına kadar %5 artışla 9 654 milyar metreküpe yükselmiştir. Kanıtlanmış ham petrol rezervleri 2015'te 4 803 milyon tonda neredeyse değişmemiştir. Tablo 5'te 1970 ve 2017 yılları arasında enerji ve elektrik arz ve talebine ilişkin istatistiksel veriler, üretim ve tüketimde uzun vadeli eğilimleri göstermektedir. 2010'dan 2017'ye kadar, son yıllarda toplam enerji üretimi ve ihracatı artmıştır. ABD, 2016 yılında doğal gaz ithalatı yaparak artan dış ithalata yönelik sanayi görünümünü etkili bir şekilde tersine çevirmiştir. Bu değişim büyük ölçüde doğal gaz ve kaya gazı çıkarma tekniklerinde sürekli yenilik yaşandığını göstermektedir (Ratner ve Glover, 2014: 1-35).

Tablo 2.3: ABD Enerji İstatistikleri

Yıl	1970	1980	1990	2000	2010	2017	Yıllık ortalama büyüme oranı 2000–2017 (%)
<b>Enerji Tüketimi</b>							
Genel Toplam	71,6	82,3	89,1	104	103	103	-0,06
Katı maddeler <sup>1</sup>	14,5	18,9	23,1	27	26,6	19,8	-1,8
Sıvılar <sup>2</sup>	31,1	36,1	35,4	40,4	37,4	38,2	-0,32
Gazlar	23	21,4	20,7	25,1	25,9	29,6	0,96
Nükleer	0,3	2,9	6,4	8,3	8,9	8,9	0,4
Hidro	2,8	3,1	3,2	3	2,7	2,9	-0,09
Diğer yenilenebilir malzemeler <sup>3</sup>	0	0,1	0,3	0,3	1,3	3,5	15,52

Enerji Üretimi							
Genel Toplam	67	70,9	74,6	75,3	79	92,4	1,21
Katı maddeler <sup>1</sup>	16,9	22,2	26,6	27,2	27,9	21,8	-1,29
Sıvılar <sup>2</sup>	24,2	21,6	18,7	15,8	15,2	25,9	2,94
Gazlar	22,9	21	19,3	20,7	23	29,4	2,07
Nükleer	0,3	2,9	6,4	8,3	8,9	8,9	0,4
Hidro	2,8	3,1	3,2	3	2,7	2,9	-0,09
Diğer yenilenebilir malzemeler <sup>3</sup>	0	0,1	0,3	0,3	1,3	3,5	15,52
Net İthalat							
Toplam	6	12,8	14,8	26,3	22,9	7,8	-6,88

<sup>1</sup>Katı enerji tüketimi ve üretimi kömür, kok, biyokütle odunu ve biyokütle atığından oluşmaktadır.

<sup>2</sup>Sıvı enerji tüketimi ve üretimi petrol ve biyoyakıtlardan oluşmaktadır. Ancak, 1970 veya 1980 için biyoyakıt verisi mevcut değildir.

<sup>3</sup>Yenilenebilir enerji tüketimi ve üretimi rüzgar, güneş ve jeotermalden oluşmaktadır ve birbirine eşit olduğu varsayılmaktadır. Ancak, 1970 veya 1980 için hiçbir rüzgar veya güneş verilerine ulaşılamamıştır. Kaynak: ABD Enerji Bilgi Yönetimi, Aylık Enerji İncelemesi, Mayıs 2018.

Nükleer enerji üretimi, tesis faaliyetlerinde artan verimlilik ve kesinti sürelerinin azalması nedeniyle, 2000'den 2017'ye kadar yıllık ortalama %0.4'lük bir artışla, son zamanlardaki reaktörlerin ömürlerinin doymasına rağmen, 2010'dan 2017'ye kadar sabit kalmıştır. Rüzgar ve güneş enerjisi gibi hidroelektrik olmayan yenilenebilir enerjiden enerji üretimi, 2000'den 2017'ye kadar %15.5'lik en büyük ortalama büyüme oranı olarak hesaplanmıştır (Ratner ve Glover, 2014: 1-35).

### 2.3.2.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış

Nükleer tesislerin çoğu ABD'nin doğu kesiminde yer almaktadır. 2017 yılında, nükleer santraller toplam ABD elektrik üretiminin %20'sinden fazlasını karşılayan 804,9 TW elektrik üretmektedir. ABD nükleer filosunun 2017 ağırlıklı ortalama birim kapasite faktörü, dünyanın geri kalanı için %75 iken, Amerika için %92 olarak belirlenmiştir. Waynesboro, Georgia yakınlarında bulunan Plant Vogtle'de iki adet nükleer ünitesinin inşaatı devam etmektedir. Güney Carolina'daki VC Summer tesisindeki iki benzer birimin inşaatı, program gecikmeleri ve bütçe aşımaları nedeniyle

iptal edilmiştir. 2013'ten beri ABD'deki altı ticari nükleer reaktör kapatılmıştır ve 12 reaktör 2025'te kapatılması planlanmaktadır (IAEA, 2018).

Tablo 2.4: ABD'de Faliyette Bulunan Nükleer Güç Reaktörleri

REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH	REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH
Ano-1	836	01.10.1968	06.08.1974	Monticello	647	19.06.1967	10.12.1970
Ano-2	993	06.12.1968	05.12.1978	Nine mile point-1	613	12.04.1965	05.09.1969
Beaver valley-1	921	26.06.1970	10.05.1976	Nine mile point-2	1277	01.08.1975	23.05.1987
Beaver valley-2	905	03.05.1974	04.08.1987	North anna-1	948	19.02.1971	05.04.1978
Braidwood-1	1194	01.08.1975	29.05.1987	North anna-2	944	19.02.1971	12.06.1980
Braidwood-2	1160	01.08.1975	08.03.1988	Oconee-1	847	06.11.1967	19.04.1973
Browns ferry-1	1101	01.05.1967	17.08.1973	Oconee-2	848	06.11.1967	11.11.1973
Browns ferry-2	1104	01.05.1967	20.07.1974	Oconee-3	859	06.11.1967	05.09.1974
Browns ferry-3	1105	01.07.1968	08.08.1976	Oyster creek	619	15.12.1964	03.05.1969
Brunswick-1	938	07.02.1970	08.10.1976	Palisades	805	14.03.1967	24.05.1971
Brunswick-2	920	07.02.1970	20.03.1975	Palo verde-1	1311	25.05.1976	25.05.1985
Byron-1	1164	01.04.1975	02.02.1985	Palo verde-2	1314	01.06.1976	18.04.1986
Byron-2	1136	01.04.1975	09.01.1987	Palo verde-3	1312	01.06.1976	25.10.1987
Callaway-1	1215	01.09.1975	02.10.1984	Peach bottom-2	1308	31.01.1968	16.09.1973
Calvert cliffs-1	863	01.06.1968	07.10.1974	Peach bottom-3	1309	31.01.1968	07.08.1974
Calvert cliffs-2	855	01.06.1968	30.11.1976	Perry-1	1256	01.10.1974	06.06.1986
Catawba-1	1146	01.05.1974	07.01.1985	Pilgrim-1	677	26.08.1968	16.06.1972
Catawba-2	1150	01.05.1974	08.05.1986	Point beach-1	591	19.07.1967	02.11.1970
Clinton-1	1062	01.10.1975	27.02.1987	Point beach-2	591	25.07.1968	30.05.1972
Columbia	1116	01.08.1972	19.01.1984	Prairie island-1	522	25.06.1968	01.12.1973

Comanche peak-1	1218	19.12.1974	03.04.1990	Prairie island-2	519	25.06.1969	17.12.1974
Comanche peak-2	1207	19.12.1974	24.03.1993	Quad cities-1	908	15.02.1967	18.10.1971
Cook-1	1045	25.03.1969	18.01.1975	Quad cities-2	911	15.02.1967	26.04.1972
Cook-2	1168	25.03.1969	10.03.1978	River bend-1	967	25.03.1977	31.10.1985
Cooper	769	01.06.1968	21.02.1974	Robinson-2	741	13.04.1967	20.09.1970
Davis besse-1	894	01.09.1970	12.08.1977	Salem-1	1169	25.09.1968	11.12.1976
Diablo canyon-1	1138	23.04.1968	29.04.1984	Salem-2	1158	25.09.1968	08.08.1980
Diablo canyon-2	1118	09.12.1970	19.08.1985	Seabrook-1	1246	07.07.1976	13.06.1989
Dresden-2	902	10.01.1966	07.01.1970	Sequoyah-1	1152	27.05.1970	05.07.1980
Dresden-3	895	14.10.1966	12.01.1971	Sequoyah-2	1125	27.05.1970	05.11.1981
Duane arnold-1	601	22.06.1970	23.03.1974	South texas-1	1280	22.12.1975	08.03.1988
Farley-1	874	01.10.1970	09.08.1977	South texas-2	1280	22.12.1975	12.03.1989
Farley-2	883	01.10.1970	05.05.1981	St. Lucie-1	981	01.07.1970	22.04.1976
Fermi-2	1122	26.09.1972	21.06.1985	St. Lucie-2	987	02.06.1977	02.06.1983
Fitzpatrick	813	01.09.1968	17.11.1974	Summer-1	973	21.03.1973	22.10.1982
Ginna	580	25.04.1966	08.11.1969	Surry-1	838	25.06.1968	01.07.1972
Grand gulf-1	1401	04.05.1974	18.08.1982	Surry-2	838	25.06.1968	07.03.1973
Harris-1	928	28.01.1978	03.01.1987	Susquehanna-1	1257	02.11.1973	10.09.1982
Hatch-1	876	30.09.1968	12.09.1974	Susquehanna-2	1257	02.11.1973	08.05.1984
Hatch-2	883	01.02.1972	04.07.1978	Three mile island-1	819	18.05.1968	05.06.1974
Hope creek-1	1172	01.03.1976	28.06.1986	Turkey point-3	802	27.04.1967	20.10.1972
Indian point-2	1020	14.10.1966	22.05.1973	Turkey point-4	802	27.04.1967	11.06.1973
Indian point-3	1040	01.11.1968	06.04.1976	Vogtle-1	1150	01.08.1976	09.03.1987
Lasalle-1	1137	10.09.1973	21.06.1982	Vogtle-2	1152	01.08.1976	28.03.1989
Lasalle-2	1140	10.09.1973	10.03.1984	Waterford-3	1168	14.11.1974	04.03.1985
Limerick-1	1130	19.06.1974	22.12.1984	Watts bar-1	1123	20.07.1973	01.01.1996
Limerick-2	1134	19.06.1974	12.08.1989	Watts bar-2	1165	01.09.1973	23.05.2016



Mcguire-1	1158	01.04.1971	08.08.1981	Wolf creek	1200	31.05.1977	22.05.1985
Mcguire-2	1158	01.04.1971	08.05.1983	Vogtle-3*	1117	12.03.2013	
Millstone-2	869	01.11.1969	17.10.1975	Vogtle-4*	1117	19.11.2013	
Millstone-3	1229	09.08.1974	23.01.1986				

Tablo 2.4'te "\*" eklenen reaktörler yapım aşamasındadır.

Kaynak: IAEA - Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS).

ABD nükleer enerji endüstrisi, 998 MW (e) toplam kapasiteye sahip 99 işletme ticari nükleer reaktör ile dünyanın en büyüğü olmuştur. Yapım aşaması devam eden 2 adet net kapasitesi 2234 MWe olan reaktör bulunmaktadır. Tablo 2.4'te bulunmayan 38 adet inşaatı iptal edilen, 4 adet inşaatı askıya alınan ve 34 adet kalıcı olarak kapatılan nükleer güç reaktörü bulunmaktadır.

### 2.3.2.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri

Nükleer alanda gerekli araştırma ve geliştirme faaliyetleri, özel sektör, Federal Hükümet ve ABD üniversiteleri tarafından yürütülmektedir. Özel şirketler reaktör teknolojisi, zenginleştirme teknolojisi ve nükleer yakıt tasarımı hakkında aktif olarak araştırmalar yapmaktadır. Özel araştırma finansmanı konusunda ana kurumlardan biri olan Elektrik Enerjisi Araştırma Enstitüsü (EPRI) elektrik ücretleri ile ilgili olarak, elektrik enerjisi endüstrisinin diğer alanlarının yanı sıra birçok nükleer alandaki Ar-Ge'yi yürütmektedir (EPRI, 2018).

Federal Hükümet, Ulusal Araştırma Konseyi (NRC) ve Enerji Bakanlığı'nın (DOE) Nükleer Enerji Ofisi (NEO) için bütçe tahsisleri ile Ar-Ge'yi desteklemektedir. Özel şirketler, DOE ile sözleşmeli olarak bir dizi ulusal laboratuvar işletmektedir. DOE, çoğu nükleer teknolojiye sahip 26 laboratuvar ve enstitüyü yönetmektedir (DOE, 2018).

NEO'nun programı ve öncelikli aktiviteleri, Nisan 2010'da yayınlanan Nükleer Enerji Araştırma ve Geliştirme Yol Haritası tarafından yönlendirilmektedir. Ancak Fukushima Daiichi kazasından bu yana, güvenlikle ilgili özel konuları ele almak için kazaya karşı dayanıklı yakıt formlarının ve kazaya toleranslı araçların geliştirilmesi gibi birçok faaliyette bulunmuştur. Aynı şekilde, bu faaliyetleri desteklemek için,

modelleme ve simülasyon için gelişmiş yüksek performanslı bilgi işlemler kullanılmaktadır (IAEA, 2018).

#### **2.3.2.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi**

Nükleer santrallerde, araştırma tesislerinde, üniversitelerde ve ulusal laboratuvarlarda çalışan personelin emekli olması birçok mesleki becerinin ve niteliğin kaybedilmesi demektir. Sınırlı sayıda nükleer santral inşaatı devam ederken, endüstrinin gelecekte ihtiyaç duyacağı eğitilmiş personel sayısında belirsizlikler yaşanmaktadır (Adamantiades ve Kessides, 2009: 5149-5166; IAEA, 2018).

DOE'nin Nükleer Enerjisi Ofisi, Nükleer Enerji Üniversite Programları (NEUP) aracılığıyla nükleer enerji ile ilgili akademik programların geliştirilmesini teşvik edecek aktif bir programa sahiptir. NEUP, bir inisiyatif altında üniversite desteğini pekiştirmek ve Nükleer Enerjisi Ofisi'nin teknik programlarında üniversite araştırmalarını daha iyi entegre etmek için 2009 yılında kurulmuştur. NEUP, Ar-Ge yapmak, altyapıyı geliştirmek ve öğrenci eğitimini desteklemek için ABD'deki üniversitelere katılarak, gelişmiş nükleer enerji işgücü kapasitesinin geliştirilmesine ve sürdürülmesine yardımcı olmaktadır (NEUP, 2018).

2007 yılında, nükleer sanayi Nuclear Uniform Curriculum Programı'nı (NUCP) geliştirmiş ve uygulamaya başlamıştır. NUCP, Nükleer Enerji Enstitüsü tarafından yönetilmektedir. Gerekliğinde iyi eğitilmiş bir işgücünün mevcut olmasını sağlamak için tasarlanmış standart bir sertifika programıdır. Endüstri mühendisleri, iki yıllık eğitim kurumları ile sertifika sahiplerinin nükleer santralde birtakım eğitimlerden muaf tutulmasına izin verecek şekilde eğitim almaktadır. Profesyonel bir örgüt olan Amerikan Nükleer Topluluğu, yükseköğretim kurumlarında nükleer enerjiyle ilgili akademik programların genişletilmesini de teşvik etmektedir (EPCE, 2018).

#### **2.3.3. Birleşik Krallık'ın Nükleer Enerji Profili**

Birleşik Krallık nükleer tarihe 1956-1971 yılları arasında ilk olarak Magnox reaktörü ile başlamıştır. 2000 yılına kadar nükleer santral noktasında yelpazesi geniş deneylere ev sahipliği yapmıştır. 2007 yılında halk ve hükümet toplantısından sonra 2008 Ocak ayında Beyaz Kitap adında bir bildirme yayınlanmıştır. Bu bildirme ile, Hükümet'in, özel sektörün genel olarak Birleşik Krallık'ın iklim değişikliğinin ve enerji

arzının güvenliğinin zorluklarını ele alma stratejisinin bir parçası olarak yeni nükleer santrallere yatırım yapma seçeneğinin kamu yararına olduğu yönündeki görüşünü ortaya koymaktadır. Birleşik Krallık Hükümeti, nükleer enerjiyi, yenilenebilir kaynaklar ve karbon yakalama-depolama ile birlikte karbondioksit ( $CO_2$ ) emisyonlarını 2050 yılına kadar %80 azaltacak temel unsurlar olarak görmektedir. Enerji şirketleri günümüzde 18 GW'lık yeni nükleer güç kapasitesini inşa edeceklerini açıklamışlardır. Hinkley Point C'deki ilk istasyonun 2025'in sonunda faaliyete geçeceğini planlamaktadırlar (NIA, 2018; IAEA, 2018).

### 2.3.3.1. Birleşik Krallık Enerji Politikaları ve Enerji İstatistikleri

Birleşik Krallık enerji politikasının genel amacı, güvenli, uygun fiyatlı ve temiz enerji tedarikini sağlamaktır. Bunu gerçekleştirmek için Hükümet, elektrik piyasasının verimli işleyişini sağlamaya, iklim değişikliği konusunda harekete geçmeye ve Birleşik Krallık'ın gelecek nesil nükleer santral karışımını tanımlamaya yardımcı olmaktadır (Helm, 2004: 10).

Tablo 2.5 her on yılda bir, 1970 ve 2000 yılları arasında ve daha sonra her beş yılda bir, 2000 ve 2015 yılları arasında Birleşik Krallığa ait enerji üretimi ve tüketimine yönelik verileri sunmaktadır.

Tablo 2.5: Birleşik Krallık Enerji İstatistikleri

	1980	1990	2000	2005	2010	2015	2016	Bileşik yıllık büyüme oranı (%) 2005-2015
<b>Enerji Tüketimi (EJ)</b>								
Toplam	8,56	8,94	9,83	9,89	9,19	8,19	8,07	-1,88
Katılar	3,07	2,8	1,61	1,67	1,37	1,05	0,52	-4,51
Sıvılar	3,19	3,23	3,21	3,27	2,94	2,82	2,85	-1,5
Gazlar	1,88	2,14	4,01	3,95	3,92	2,85	3,21	-3,2
Nükleer	0,41	0,72	0,87	0,8	0,59	0,72	0,71	-0,99
Hidro	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	2,5
Diğer / Yenilenebilir	-	0,03	0,1	0,18	0,36	0,72	0,77	14,57

Enerji Üretimi (EJ)								
Toplam	8,81	9,19	12,1	9,07	6,57	5,18	5,24	-5,45
Katılar	3,29	2,36	0,82	0,53	0,48	0,23	0,11	-8,23
Sıvılar	3,64	4,19	5,79	3,89	2,89	2,07	2,18	-6,09
Gazlar	1,46	1,9	4,54	3,69	2,32	1,63	1,67	-7,87
Nükleer	0,43	0,7	0,82	0,77	0,58	0,65	0,65	-1,7
Hidro	-	-	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	2,5
Diğer / Yenilenebilir	-	-	0,1	0,16	0,29	0,58	0,62	13,44
Genel Toplam	0,57	0,21	-1,8	1,41	2,85	3,29	3,1	8,79

Kaynak: Birleşik Krallık İşletme, Enerji ve Endüstriyel Strateji Bakanlığı

Tablo 2.5’de 1970 yılında yakıt tüketiminde %47, petrol %44 ve gaz %5 olarak belirlenmiştir. 1980 yılında ise yakıt kullanımında doğal gaz %22 ilerlerken petrol %37’lere ve katı yakıtlar %36’lara gerilemiştir. 2000’li yıllara bakıldığında, elektrik üretimindeki değişikliklerle, doğal gaz tüketimi, İngiltere’de tüm enerji tüketiminin %41’inden sorumlu olan baskın yakıt haline gelmiş ve katı yakıtlar 1990 yılında %31’ken 2000 yılında %16 düşmüştür. 2010 yılında ölçeğe yenilenebilir enerji kaynakları daha fazla katılmıştır. 2015 yılında tüketimdeki gazın payı 2010 yılında %43’ten %35’e gerilemiştir.

### 2.3.3.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış

2017 yılının Mart ayı sonu itibariyle, İngiltere’de faaliyet gösteren 9 GW’ye yakın, toplu kapasiteye sahip 15 lisanslı reaktör bulunmaktadır (IAEA, 2018).

Tablo 2.6: Birleşik Krallık’ın Nükleer Güç Reaktörlerinin Durumu

REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH	REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH
Dungeness b-1	525	01.10.1965	01.04.1985	Hinkley noktası b-1	480	01.09.1967	02.10.1978
Dungeness b-2	525	01.10.1965	01.04.1989	Hinkley noktası b-2	475	01.09.1967	27.09.1976
Hartlepool a-1	595	01.10.1968	01.04.1989	Hunterston b-1	480	01.11.1967	06.02.1976
Hartlepool a-2	585	01.10.1968	01.04.1989	Hunterston b-2	485	01.11.1967	31.03.1977

Heysham a-1	580	01.12.1970	01.04.1989	Sizewell b	1198	18.07.1988	22.09.1995
Heysham a-2	575	01.12.1970	01.04.1989	Torness-1	590	01.08.1980	25.05.1988
Heysham b-1	615	01.08.1980	01.04.1989	Torness-2	595	01.08.1980	03.02.1989
Heysham b-2	615	01.08.1980	01.04.1989				

Kaynak: IAEA - Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS).

Tablo 2.6’da bulunan 15 adet nükleer güç reaktörleri 8918 MWe net elektrik kapasitesine sahiptir. Reaktörler arasında en çok net kapasiteye sahip olan 22.09.1995 tarihinde ticari hayatına giriş yapan Sizewell b adlı reaktördür. Tablo 2.6’da bulunmayan 30 adet nükleer güç reaktörü kalıcı olarak kapatılmıştır.

### **2.3.3.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri**

Birleşik Krallık’ta, sivil nükleer Ar-Ge finansmanının çoğunluğu kamu sektöründen gelmektedir. Uygulamalı araştırmalar için ise, Birleşik Krallık Ulusal Nükleer Laboratuvarı (NNL), devlete ait bir ticari işletme olarak faaliyet göstermektedir. Hükümetlere teknik danışmanlık hizmetlerinin yanı sıra, doğrudan endüstriyel kullanımlar ile uygulamalı araştırmalar konusundaki çalışmaların birçoğuna yardımcı olmaktadır. İngiltere ayrıca nükleer füzyon araştırması yürütmektedir. Birleşik Krallık Atom Enerjisi Kurumu (UKAEA), Birleşik Krallık’ın füzyon teknolojisine yönelik araştırmalarına liderlik eden ve Oxfordshire bulunan Culham Merkezi Fusion Enerji’ye (CCFE) ev sahipliği yapan kamu kuruluşudur. UKAEA, dünyanın en gelişmiş nükleer füzyon reaktörü olan Ortak Avrupa Torus’u reaktörü, AB ile yıllık 50 milyon sterlinlik bir sözleşme ile işletilmektedir. Nükleer Ar-Ge’ye ilişkin yıllık düzenli harcamalara ek olarak, hükümet 2016-2021 yılları arasında 180 milyon sterlin nükleer inovasyona yatırım yapmayı planlamaktadır. 2018 yılında hükümet, yeni bir termohidrolik tesisi geliştirmek için 40 milyon sterlin, gelişmiş üretim ve inşaat için 20 milyon sterlin harcamayı planlamış ve Ulusal Füzyon Teknoloji Platformu oluşturma konusunda çalışmalarını hızlandırmıştır (Mathers, 2008; IAEA, 2018).

### **2.3.3.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi**

Gelişmiş nükleer endüstriye sahip diğer ülkelerde olduğu gibi, Birleşik Krallık’taki nükleer mühendislerin de büyük bir kısmının emeklilikleri yaklaşmaktadır. Bu kişilerin bilgi ve deneyimlerinden yoksun kalmak, İngiltere nükleer

sektörünün yeni nükleer enerji santrali inşaatı ve geniş bir nükleer hizmet dışı bırakma programından dolayı karşılaşılan zorluklar karşısında sıkıntılar yaşanılmasını sebep olacaktır. Hükümet, sektörle işbirliğine dayalı bir yaklaşımla beceri eksiklikleri tehdidini öngörmeye ve ele almaya çalışmıştır. Nükleer Ulusal Koleji, resmi olarak Şubat 2018'de açılmıştır. Hükümet ve endüstri fonlarıyla kurulan kolejler, endüstriye özgü kurslar vermeyi amaçlayan bir 'Sanal Kolej Modeli' aracılığıyla faaliyet göstermektedir. Endüstri Nükleer Beceri Strateji Grubu (NSSG) Aralık 2016'da stratejik planını yayınlamıştır. Birleşik Krallık'ın nükleer programlarını (sivil ve savunma) teslim etmek için gerekli vasıflı işçilerin istenilen vasıflara sahip olmasını sağlamayı amaçlamıştır. NSSG, İngiltere'nin Nükleer Sektör Anlaşması'nda sektöre yönelik becerilerin öncüsü olarak kabul edilmektedir. İngiltere hükümeti aynı zamanda okullarla çalışarak bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) becerilerine sahip gençlerin sayısını arttırmaya ve 2020 yılına kadar 3 milyon çırak eğitmeye kendini adanmıştır. Birleşik Krallık nükleer sektörü desteklemek için gerekli vasıflı personele bu programlar sayesinde ulaşarak gün geçtikçe ihtiyaç duyduğu nitelikli personelleri bünyesinde bulundurmaya başlamıştır (IAEA, 2018).

#### **2.3.4. Çin'in Nükleer Enerji Profili**

21. yüzyılda öne çıkan Çin Hükümeti, güvenliği sağlamak için nükleer enerjiyi kuvvetle ve verimli bir şekilde geliştiren politikalar sunmuştur. 2007 yılında, Nükleer Güç için 2005-2020 Orta ve Uzun Vadeli Kalkınma Planı'nın çıkarılması, Çin'deki nükleer enerjinin büyük ölçekli gelişiminin yeni bir aşamasını simgelemektedir. Çin Hükümeti 1990'lı yıllarda nükleer güç konusunda ılımlı bir politika izlemiştir. Nükleer enerji Çin'de ilk kez 1991 yılında Qinshan isimli nükleer enerji santralının şebekeye bağlanmasıyla başlamış, ardından 1994 yılında Fransa'dan ithal edilen Daya Bay nükleer enerji santrali faaliyete geçerek devam etmiştir. 2000 yılında ise Qinshan II. Aşama, Lingoo, Üçüncü Qinshan ve Tianwan gibi nükleer santraller inşa edilmiş ve ticari faaliyete geçmiştir. Fukushima Daiichi kazası sonrasında, Devlet Konseyi önlemler ile ilgili görüşmek üzere bir toplantı düzenlemiştir. Bu toplantıda, Çin'in nükleer tesisleri hakkında kapsamlı bir güvenlik denetiminin yapılması, nükleer enerji için orta ve uzun vadeli kalkınma stratejisinin ayarlanması ve geliştirilmesi gibi kararlar alınmıştır (Xu, 2008:1197-1205; Zhou ve Zhang, 2010: 4282-4288).

### 2.3.4.1. Çin Enerji Politikası ve İstatistikleri

Çin, fosil enerjinin verimli ve temiz kullanımıyla paralel olarak fosil olmayan enerji geliştirdiği için, “ekonomik, temiz ve güvenli” enerji kullanımına yönelik gelişiminin stratejik politikasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu amaçla Çin, kömür tüketim oranını kademeli olarak düşürmeyi, doğal gaz tüketim oranını yükseltmeyi ve rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji ve nükleer enerji gibi yenilenebilir enerjilerin tüketim oranlarını önemli ölçüde artırmayı hedeflemektedir (Meidan ve diğerleri, 2009: 591-616).

Çin'in Nükleer Güvenlik Anlaşması'ndaki Yedinci Ulusal Raporu'na ve 2013-2017 yılları arasında Çin Nükleer Enerji Birliği (CNEA) için Nükleer Enerji Operasyonu ve İnşaatı'nın Yıllık Faaliyet Raporu'na göre, Çin'deki termik elektrik üretiminin oranı adım adım azalmıştır. 2013 yılında %78.36'dan 2017 yılında %73,48'e düşmüştür. Rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi ile üretilen elektriğin oranı 2013 yılında %2.78 iken, 2017 yılında %5.34'e yükselmiştir. Nükleer enerjinin payı 2013 yılında %2.10'dan 2017 yılında %3.94'e yükselmiştir (IAEA,2018).

Tablo 2.7: Çin'in Enerji İstatistikleri

	1980	1990	2000	2010	2015	2016	Yıllık ortalama büyüme oranı 2000–2016 (%)
Toplam nihai enerji tüketimi	17,6	28,9	42,6	106,1	126	128,2	7,11
Katı maddeler	12,7	22	29,5	73,4	80,5	79,51	6,38
Sıvılar	3,65	4,8	9,46	18,45	23,1	23,46	5,8
Gazlar	0,55	0,61	0,94	4,24	7,46	8,21	14,5
Toplam enerji üretimi	18,7	30,4	39,5	91,8	106	101,8	6,08
Katı maddeler	13	22,5	28,9	69,95	76,8	70,83	5,73
Sıvılar	4,44	5,84	6,8	8,53	9,04	8,34	1,25
Gazlar	0,56	0,61	1,07	8,54	5,1	5,39	10,6
Nükleer, hidro ve diğer yenilenebilir	0,71	1,43	2,73	9,55	15,4	17,2	12,19

Kaynak: IAEA - Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS).

2013 yılında, Çin'in birincil enerji üretimi 3.588 milyar ton standart kömür eşdeğerine ulaşmıştır. Kömürün üretimi ve tüketimi, baskın yakıtı, dünyadaki en yüksek

düzeyinde ve Tablo 2.7’de göreceği üzere dünyanın en büyük petrol ürünleri tüketicisi konumunda bulunmaktadır.

### 2.3.4.2 Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış

Çin’de 2018 Temmuz ayı itibariyle İnşaat halinde ve faaliyette olan toplamda 41 adet nükleer enerji birimi bulunmaktadır. 2017 yılında nükleer kaynaklı toplam elektrik kullanımı genel elektrik kullanımının %4’ünü oluşturmuştur. 2013 yılından 2017 yılına kadar, yıllık üretim kapasitesi ve Çin nükleer güç birimlerinin şebeke enerjisi istikrarlı bir şekilde artmıştır. 2013 yılında, nükleer güç ünitelerinin yıllık üretim kapasitesi 112.1 milyar kWh/saat iken, ülkenin toplam üretim kapasitesinin %2.1’ini oluşturmuştur. 2014 yılında 130,6 milyar kW/s (%2,35), 2015 yılında 168.3 milyar kW/s (%3.01), 2016 yılında 210,5 milyar kW/s (%3,51), 2017 yılında ise 247 olarak ölçülmüştür (IAEA, 2018).

Tablo 2.8: Çin’in Nükleer Güç Tesislerinin Durumu ve Performansı

REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH	REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH
Changjiang-2	601	21.11.2010	12.08.2016	Qinshan 3-1	677	08.06.1998	31.12.2002
Daya bay-1	944	07.08.1987	01.02.1994	Qinshan 3-2	677	25.09.1998	24.07.2003
Daya bay-2	944	07.04.1988	06.05.1994	Qinshan-1	298	20.03.1985	01.04.1994
Fangchenggang-1	1000	30.07.2010	01.01.2016	Sanmen-1*	1000	19.04.2009	
Fangchenggang-2	1000	23.12.2010	01.10.2016	Sanmen-2*	1000	15.12.2009	
Fangjiashan-1	1012	26.12.2008	15.12.2014	Taishan-1*	1660	18.11.2009	
Fangjiashan-2	1012	17.07.2009	12.02.2015	Tianwan-1	990	20.10.1999	17.05.2007
Fuqing-1	1000	21.11.2008	22.11.2014	Tianwan-2	990	20.09.2000	16.08.2007
Fuqing-2	1000	17.06.2009	16.10.2015	Tianwan-3	1060	27.12.2012	14.02.2018
Fuqing-3	1000	31.12.2010	24.10.2016	Yangjiang-1	1000	16.12.2008	25.03.2014
Fuqing-4	1000	17.11.2012	17.09.2017	Yangjiang-2	1000	04.06.2009	05.06.2015
Haiyang-1	1000	24.09.2009		Yangjiang-3	1000	15.11.2010	01.01.2016
Hongyanhe-1	1061	18.08.2007	06.06.2013	Yangjiang-4	1000	17.11.2012	15.03.2017
Hongyanhe-2	1061	28.03.2008	13.05.2014	Yangjiang-5	1000	18.09.2013	12.07.2018
Hongyanhe-3	1061	07.03.2009	16.08.2015	Fangchenggang-3*	1000	24.12.2015	



Hongyanhe-4	1061	15.08.2009	19.09.2016	Fangchenggang-4*	1000	23.12.2016	
Ling ao-1	950	15.05.1997	28.05.2002	Fuqing-5*	1000	07.05.2015	
Ling ao-2	950	28.11.1997	08.01.2003	Fuqing-6*	1000	22.12.2015	
Ling ao-3	1007	15.12.2005	15.09.2010	Haiyang-2*	1000	20.06.2010	
Ling ao-4	1007	15.06.2006	07.08.2011	Hongyanhe-5*	1000	29.03.2015	
Ningde-1	1018	18.02.2008	15.04.2013	Hongyanhe-6*	1000	24.07.2015	
Ningde-2	1018	12.11.2008	04.05.2014	Shidao bay-1*	200	09.12.2012	
Ningde-3	1018	08.01.2010	10.06.2015	Taishan-2*	1660	15.04.2010	
Ningde-4	1018	29.09.2010	21.07.2016	Tianwan-4*	990	27.09.2013	
Qinshan 2-1	610	02.06.1996	15.04.2002	Tianwan-5*	1000	27.12.2015	
Qinshan 2-2	610	01.04.1997	03.05.2004	Tianwan-6*	1000	07.09.2016	
Qinshan 2-3	619	28.04.2006	05.10.2010	Yangjiang-6*	1000	23.12.2013	
Qinshan 2-4	619	28.01.2007	30.12.2011				

Tablo 2.8'de "\*" eklenen reaktörler yapım aşamasındadır.  
Kaynak: IAEA - Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS).

Tablo 2.8'de 2018 Temmuz ayı itibariyle inşaat halinde ve faaliyette olan toplamda 42 adet nükleer güç reaktörü bulunmaktadır. Net kapasitesi 12850 MWe olan 13 adet nükleer güç reaktörü de bulunmaktadır.

#### 2.3.4.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri

Çin nükleer enerji faaliyetlerinin başlangıcından günümüze kadar nükleer alanda dışa bağımlı olmadan iç araştırma ve geliştirme ile faaliyetlerini sürdürmüştür. 1991 yılında kurulan ilk nükleer santral olan Qinshan bağımsız olarak tasarlanmış ve faaliyete geçirilmiştir. Fransa'dan 1994 yılında ithal edilen Daya Bay'ın tasarım ve yapım teknolojisi satın alınmıştır. Nükleer enerji ile ilgili kurum ve kuruluşları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Çin Atom Enerjisi Enstitüsü
- Çin Nükleer Enerji Enstitüsü
- Şangay Nükleer Mühendislik Araştırma ve Tasarım Enstitüsü
- Çin Nükleer Enerji Teknolojileri Araştırma Enstitüsü

- Suzhou Nükleer Enerji Araştırma Enstitüsü
- Nükleer Enerji Operasyon Araştırma Enstitüsü
- Çin Radyasyon Koruması Enstitüsü
- Nükleer ve Yeni Enerji Teknolojisi Enstitüsü, Tsinghua Üniversitesi
- Çin Nükleer Enerji Mühendisliği Şirketi
- Devlet Nükleer Enerji Teknolojisi Araştırma ve Geliştirme Merkezi (Zhou ve Zhang, 2010; IAEA,2018).

#### ***2.3.4.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi***

Hükümet, üniversiteler ve kolejlerde nükleer güç binasının inşasını desteklemek, iş eğitimi güçlendirmek ve üniversiteler ve işletmelerle bilimsel araştırma kurumları arasında işbirliğini güçlendirmek suretiyle artan ihtiyaca cevap vermek için nükleer enerjiye olan yetenekleri geliştirmektedir. Üniversiteler ile işletmeler arasında yakın iş birlikleriyle Üniversitelerde bölümler kurulmakta, yüksekokullarda disiplin ve uzmanlık yapıları optimize edilerek kayıtlı öğrenci sayıları artırılmaktadır. Nükleer santral işletmecileri çeşitli alanlarda simülatör eğitimleri sağlayarak daha kalifiyeli ve yetenekli öğrenci yetiştirmeyi hedeflemişlerdir. Ayrıca ortaya çıkabilecek insan kaynaklı kazaları erken teşhis edip yetenekleri olup olmadıkları ölçülmektedir. Devamlı olarak iyileşme yaşanan eğitim sistemi ile donanımlı öğretim kadrosu oluşturulmuştur (Zhou ve diğerleri, 2011: 771-781).

#### **2.3.5. Fransa'nın Nükleer Enerji Profili**

Tarihsel olarak, nükleer enerjinin gelişimi, dört aşamaya ayrılmaktadır. Birinci aşamada, 1960'lı yıllarda endüstriyel bağımsızlık ve yerel teknolojik gelişme genel hedefi doğrultusunda çeşitli reaktör tasarımları teşvik edilmiştir. İkinci aşama, 1974-1981 yılları arasında ABD firması olan Westinghouse tarafından hazırlanan bir tasarımı, Fransız standardının geliştirilmesi için teklif etmişlerdir. Fransa, nükleer enerji santrali programına paralel olarak, başlangıçta kurulan altyapı üzerine inşa edilen güçlü bir yerli yakıt döngüsü endüstrisini geliştirmiş ve uygulamıştır. Üçüncü aşama, 1981 yılında Fransa elektrik şirketi olan Framatome, Westinghouse ile lisansını sonlandırmış ve yeni bir anlaşma müzakere ederek, yerli sanayiye daha çok özerklik tanımıştır. Framatome,

reaktör işletme ve bakım hizmetlerinde geniş bir yelpazede servis uzmanlığı ve yetenekleri geliştirmiştir. Dördüncü aşamada ise nükleer enerjide yeni bir dönem başlamıştır. 2000 yılında, Framatome nükleer faaliyetlerini Siemens (Almanya) ile işbirliği yaparak birleştirmiştir. Bu işbirliği, AREVA grubuna entegre edilmiş ve daha sonra AREVA NP (Nükleer Güç) olarak adlandırılmıştır. 2000-2010 yılları arasında AREVA NP tarafından tasarlanan dört adet 1600 mw'lık Avrupa Basınçlı Reaktör (EPR) yapımı, Olkiluoto (Finlandiya), Taishan (Çin) ve Flamanville (Fransa)'da başlatılmıştır. Bu projelere rağmen, Fransız nükleer sanayi ve özellikle de önde gelen şirketler EDF ve AREVA, düşen elektrik fiyatları ve 2011 Fukuşima kazasının ardından durgun bir uranyum piyasası bağlamında bazı zorluklarla karşılaşmışlardır (IAEA, 2018).

Bu zorlukları aşmak için Haziran 2015'te, Fransız nükleer endüstrisine yeni ivme kazandırmayı hedefleyen önemli kararlar alınmıştır:

- Yakıt döngüsü faaliyetleri AREVA için birincil aktiviteler olmuştur.
- AREVA Fransız hükümeti tarafından yeniden sermayelendirilmiştir.
- Şirketin ve personelin daha iyi yönetilmesi için sıkı bir performans planı başlatılmıştır.

Avrupa Komisyonu, Ocak 2017'de Fransız hükümeti tarafından AREVA'nın yeniden sermayelendirilmesini ve Mayıs 2017'de EDF tarafından AREVA'nın devralınması konusunda onay vermiştir (IAEA, 2018).

### ***2.3.5.1. Enerji Politikası ve İstatistikleri***

Fransa'da çeşitli metallerin ve birkaç fosil yakıt kaynağının madeni bulunmaktadır. Yüksek toparlanma maliyetleri nedeniyle, fosil yakıtların üretimi düşük seviyelerde tutulmuş ve gelecekte ülkenin enerji arzının önemli bir kısmını sağlaması beklenmemektedir. Çoğu hidroelektrik kaynağı azami kapasitede kullanılmaktadır. Bu nedenle, uluslararası fosil yakıt piyasalarının hassaslığını gidermek ve karşılaşmak için enerji verimliliği girişimleri ve bütün enerji kaynaklarını yerli üretim teknolojilerinin geliştirilmesi yoluyla enerji bağımsızlığının iyileştirilmesine büyük önem vermektedir. Fransız enerji politikası, Ağustos 2015'te hayata geçirilen Yeşil Büyüme Yasası tarafından enerji geçişi kapsamında belirlenen düzenleyici bir çerçevede tanımlanmaktadır. Bu yasa, öncelikleri ve eylemin hedeflerini yerine getirme araçlarını

belirleyen çok yıllık bir enerji planı ve sera gazlarının emisyonlarını azaltma ve düşük karbon ekonomisine geçiş yolunu özetleyen ulusal düşük karbon stratejisini amaçlamaktadır. Yasanın ana politika hedefleri şunlardır:

- Yeşil büyümeye katkıda bulunan endüstriyel sektörler için rekabetçi ve çekici bir ekonominin ortaya çıkmasını teşvik etmek.
- Enerji arzını sağlamak ve fosil yakıt ithalatı bağımlılığını azaltmak.
- Şirketler ve konut tüketicileri için rekabetçi enerji fiyatını korumak.
- Sera etkisi ve endüstriyel risklerin yanı sıra hava kirliliğini azaltarak ve yüksek nükleer güvenlik standartlarını, insan sağlığını ve çevreyi korumak.
- Her eve sürdürülebilir enerji erişimi sağlamak için sosyal farkındalık ve arazi entegrasyonunu sağlamak.
- Ulusal enerji politikalarını koordine ederken, bir dekarbonize ekonomi oluşturmak için Avrupa Enerji Birliği'nin oluşturulmasını desteklemek (Ateş ve Ateş, 2015: 80; IAEA, 2018).

Fransa'nın enerji politikasının temel makroekonomik etkileri arasında, enerji ticaret dengesinde ciddi iyileşme ve daha düşük seviyelerde iç enerji fiyatlarının stabilizasyonu bulunmaktadır. Fosil yakıt gücünün elektrik üretimi için nükleer enerji ile değiştirilmesi, enerji sektöründen atmosferik emisyonların ciddi bir şekilde azalmasına neden olmuştur (Civaner, 2011: 11).

Tablo 2.9: Fransa Enerji İstatistikleri

EJ'de	1990	2000	2010	2015	2017	Bileşik yıllık büyüme oranı (%) 2000 ila 2017
<b>Enerji Tüketimi*</b>						
Genel Toplam	9,5	10,7	10,8	10,6	10,5	-0,1
Katılar **	0,85	0,63	0,48	0,38	0,4	-2,7
Sıvılar	3,52	3,8	3,23	3	2,97	-1,4
Gazlar	1,12	1,55	1,66	1,55	1,65	0,4
Nükleer	3,27	4,29	4,53	4,56	4,21	-0,1
Hydro	0,21	0,26	0,24	0,21	0,2	-1,6
Diğer yenilenebilir malzemeler	0,45	0,48	0,7	0,84	0,91	3

Enerji Üretimi						
Genel Toplam	4,67	5,47	5,75	5,88	5,52	0,1
Katılar **	0,33	0,1	0	0	0	-100
Sıvılar	0,15	0,08	0,05	0,04	0,04	-4,1
Gazlar	0,11	0,06	0,03	8E-04	6E-04	-24
Nükleer	3,43	4,53	4,67	4,77	4,35	-0,2
Hydro	0,21	0,26	0,24	0,21	0,2	-1,6
Diğer yenilenebilir	0,44	0,42	0,71	0,8	0,89	4,5
Genel Toplam	5,06	5,62	5,54	4,9	5,19	-0,5

\* Enerji tüketimi = birincil enerji tüketimi + ikincil enerjinin net ithalat (İthalat-İhracat).

\*\* Katı yakıtlar kömür, linyit gibi madenleri içermektedir.

Kaynak: Fransa Ekolojik ve Kapsayıcı Dönüşüm Bakanlığı

Tablo 2.9'da 1971 ile 2015 arasında enerji ve elektrik arz ve talebi hakkında istatistiksel verileri gösterilmektedir. Tablo 2.9'da Fransa enerji bağımsızlığını iyileştirmek için birincil elektrik kaynağında nükleer enerjinin uzun vadedeki artışını görülmektedir. 1973 yılından bu yana, yurt içi birincil enerji tüketimi düzenli bir artışa maruz kalmıştır. Ancak 2010 yılından itibaren azalmıştır; yerli üretim, bu tüketimin yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır. Genel olarak enerji dengesinde, son yirmi yıl içinde esas olarak elektrik ihracatının artmasından dolayı iyileşme görülmektedir.

### 2.3.5.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış

Ar-Ge, mühendislik ve işletme kaynaklarını entegre ederek ve geri bildirimlerden en iyi şekilde yararlanarak tesislerin işletme hayatları boyunca tasarım ve iyileştirme çalışmalarına öncülük etmek için EDF (Electricite De France) proje mühendisliği lideri ve işletmecisi olması ön görülmektedir. Tüm EDF Nükleer enerji santralleri, Nükleer Güvenlik Kurumu (ASN)'nun kontrolü altında, her on yılda bir sistematik geri bildirim süreci ve kapsamlı bir periyodik güvenlik değerlendirme sürecinden geçmektedir (Civaner, 2011: 11).

Fukushima Daiichi kazasından sonra, dış tehlikelere (deprem ve sel gibi) ilişkin yeterli sınırlarla mevcut güvenlik seviyelerini teyit eden ve aşırı tehlikelerle başa

çıkarmak için ek hükümlerle sonuçlanan tamamlayıcı bir güvenlik değerlendirmesi yapılmıştır<sup>2</sup> (ASN, 2018).

Tablo 2.10: Fransa’da Faliyette Bulunan Nükleer Güç Reaktörleri

REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH	REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH
Belleville-1	1310	01.05.1980	09.09.1987	Fessenheim-1	880	01.09.1971	07.03.1977
Belleville-2	1310	01.08.1980	25.05.1988	Fessenheim-2	880	01.02.1972	27.06.1977
Blayais-1	910	01.01.1977	20.05.1981	Flamanville-1	1330	01.12.1979	29.09.1985
Blayais-2	910	01.01.1977	28.06.1982	Flamanville-2	1330	01.05.1980	12.06.1986
Blayais-3	910	01.04.1978	29.07.1983	Golfech-1	1310	17.11.1982	24.04.1990
Blayais-4	910	01.04.1978	01.05.1983	Golfech-2	1310	01.10.1984	21.05.1993
Bugey-2	910	01.11.1972	20.04.1978	Gravelines-1	910	01.02.1975	21.02.1980
Bugey-3	910	01.09.1973	31.08.1978	Gravelines-2	910	01.03.1975	02.08.1980
Bugey-4	880	01.06.1974	17.02.1979	Gravelines-3	910	01.12.1975	30.11.1980
Bugey-5	880	01.07.1974	15.07.1979	Gravelines-4	910	01.04.1976	31.05.1981
Cattenom-1	1300	29.10.1979	24.10.1986	Gravelines-5	910	01.10.1979	05.08.1984
Cattenom-2	1300	28.07.1980	07.08.1987	Gravelines-6	910	01.10.1979	21.07.1985
Cattenom-3	1300	15.06.1982	16.02.1990	Nogent-1	1310	26.05.1981	12.09.1987
Cattenom-4	1300	28.09.1983	04.05.1991	Nogent-2	1310	01.01.1982	04.10.1988
Chinnon b-1	905	01.03.1977	28.10.1982	Paluel-1	1330	15.08.1977	13.05.1984

<sup>2</sup> Nükleer Güvenlik Sözleşmesi (ASN web sitesinde yayınlanmıştır) toplantılarında sunulan raporlarda ayrıntılı olarak açıklanmıştır. 2016 yılında nükleer santraller 384 TWh veya toplam Fransız elektrik üretiminin %71'ini oluşturdu. Fransa, dünyanın ikinci en büyük nükleer enerji üreticisidir ve ortalama %79,5'lik bir kullanılabilirlik oranına sahiptir.

Chinon b-2	905	01.03.19 77	23.09.19 83	Paluel-2	1330	01.01.19 78	11.08.1984
Chinon b-3	905	01.10.19 80	18.09.19 86	Paluel-3	1330	01.02.19 79	07.08.1985
Chinon b-4	905	01.02.19 81	13.10.19 87	Paluel-4	1330	01.02.19 80	29.03.1986
Chooz b-1	1500	01.01.19 84	25.07.19 96	Penly-1	1330	01.09.19 82	01.04.1990
Chooz b-2	1500	31.12.19 85	10.03.19 97	Penly-2	1330	01.08.19 84	10.01.1992
Civaux-1	1495	15.10.19 88	29.11.19 97	St. Alban-1	1335	29.01.19 79	04.08.1985
Civaux-2	1495	01.04.19 91	27.11.19 99	St. Alban-2	1335	31.07.19 79	07.06.1986
Cruas-1	915	01.08.19 78	02.04.19 83	St. Laurent b-1	915	01.05.19 76	04.01.1981
Cruas-2	915	15.11.19 78	01.08.19 84	St. Laurent b-2	915	01.07.19 76	12.05.1981
Cruas-3	915	15.04.19 79	09.04.19 84	Tricastin-1	915	01.11.19 74	21.02.1980
Cruas-4	915	01.10.19 79	01.10.19 84	Tricastin-2	915	01.12.19 74	22.07.1980
Dampierre-1	890	01.02.19 75	15.03.19 80	Tricastin-3	915	01.04.19 75	29.11.1980
Dampierre-2	890	01.04.19 75	05.12.19 80	Tricastin-4	915	01.05.19 75	31.05.1981
Dampierre-3	890	01.09.19 75	25.01.19 81	Phenix	130	01.11.19 68	31.08.1973
Dampierre-4	890	01.12.19 75	05.08.19 81	Flamanville-3*	1600	03.12.20 07	

Tablo 2.10'da "\*" eklenen reaktörler yapım aşamasındadır.

Kaynak: EDF ve IAEA Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS).

Fransa Flamanville bölgesinde hali hazırda aktif olarak kullanılan 59 nükleer güç reaktörü (63130 MWe) bulunmaktadır ve Flamanville-3 adlı 1600 net kapasiteye sahip bir adet nükleer güç reaktörü de yapım aşamasındadır. Tablo 2.10'da bulunmayan 11 adet nükleer güç reaktörü kalıcı olarak kapatılmıştır.

### **2.3.5.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri**

1945 yılında Fransız hükümeti, hem sivil hem de askeri uygulamalar da dahil olmak üzere atom enerjisinin tüm yönlerinin gelişimini denetlemek için ulusal bir ajans olan Atom Enerjisi Komisyonu'nu (CEA) kurmuştur. Sorumlulukları, özellikle bazı endüstriyel faaliyetlerin yeni oluşturulan iştiraklere devredilmesiyle zaman içinde gelişmesine rağmen, özellikle reaktör tasarımı, yakıt kavramları, harcanan yakıtın yeniden işlenmesinde orta ve uzun vadede zenginleştirme, atık transmutasyonu ve bertarafının yanı sıra teknoloji transferi ve temel araştırmalar gibi Ar-Ge faaliyetlerinin çoğunu sürdürmüştür (CEAKIC, 2018).

2010 yılında, düşük karbonlu enerji alanında yürütülen araştırma ve geliştirme faaliyetlerini daha iyi yansıtmak için CEA'nın adı değiştirilmiş ve Atom Enerjisi ve Alternatif Enerjiler Komisyonu ismini almıştır. Fransa, işbirlikçi Ar-Ge'nin gelecekteki nükleer enerji sistemleri için umut verici teknolojileri araştırdığı, gelişmiş güvenlik, sürdürülebilirlik, çoğalma ve ekonomi konularını ele alan GIF'in (Generation IV International Forum) kurucu üyelerindedir (EIT, 2018).

### **2.3.5.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi**

1956 yılında CEA tarafından Yükseköğretim Bakanlığı, Enerji Bakanlığı ve Sanayi Bakanlığı yetkisi altında INSTN (Ulusal Nükleer Bilim ve Teknoloji Enstitüsü) oluşturulmuştur. Ana misyonu, CEA ve endüstriyel ortaklar tarafından geliştirilen bilgileri ve usulleri iletmek ve endüstri tarafından gerekli insan kaynaklarını geliştirerek nükleer endüstrinin büyümesini, operatörden araştırmacıya kadar herhangi bir yeterlilik seviyesinde desteklemektir. Profesyonele sürekli eğitim sunmanın yanı sıra, akademik diplomalarını (örneğin lisansüstü dereceleri) ve mühendis diplomalarını desteklemekte ve ödüllendirmektedir. ISO 2001 sertifikalıdır ve Avrupa Nükleer Eğitim Ağı'nın (ENEN) bir üyesidir (INSTN, 2018).

Uluslararası Nükleer Enerji Enstitüsü (I2EN), nükleer eğitime ve eğitime katılan tüm Fransız adayları bir araya getiren ve 2010 yılında oluşturulmuş bir iş birliği olarak nitelendirilmektedir. Misyonu, Fransa'daki yabancı ortaklara nükleer eğitim ve öğretim programları için en iyi eğitim çözümlerini sunmaktır. Güç ve insan kapasite inşasında Fransız uzmanlığından yararlanmasına olanak sağlamaktadır (I2EN, 2018).



### 2.3.6. Güney Kore Cumhuriyeti'nin Nükleer Güç Profili

Kore Cumhuriyeti, 1957 yılında Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu'nun (IAEA) üyesi olduktan sonra nükleer enerji faaliyetlerine başlamıştır. 1959'da atom enerjisinin barışçıl kullanımlarına yönelik küresel eğilime uygun Atom Enerjisi Bürosu kurulmuştur. 1970 yılından bu yana, ülkenin sanayileşme politikasına paralel olarak çok iddialı bir nükleer enerji programı gerçekleştirmiştir. Kore Cumhuriyeti, ulusal enerji politikasının ayrılmaz bir parçası olarak nükleer güç gelişimine güçlü bir bağlılık göstererek, küresel kırılganlıklara karşı dış kırılganlığı azaltmayı ve küresel fosil yakıt kıtlığına karşı sigortalama yaparak enerji temini konusunda yaşanılacak riskleri azaltmayı hedeflemektedir. Nükleer enerji teknolojisinin yerleştirilme süreci, tasarım, imalat, inşaat, işletme, bakım, yakıt üretimi ve güvenlik gibi konularda kısa sürede altyapı oluşturulması ile gerçekleştirilmiştir. Ocak 2014'te hükümet, ulusal enerji politikasının yönünü 2035 yılına kadar belirleyecek uzun vadeli bir strateji açıklamıştır. Nihai enerji tüketimini 2035 yılına kadar %13 azaltmayı amaçlayan İkinci Enerji Ana Planı, altı temel yönelimi içermektedir: 1) talep yönetimi politikaları, 2) dağıtılmış bir üretim sisteminin kurulması, 3) çevreyi ve güvenliği dengelemek, 4) enerji güvenliğinin ve istikrarlı bir enerji kaynağının geliştirilmesi, 5) her bir enerji kaynağının dengeli bir tedarik sistemi, 6) kamuoyunu yansıtan bir enerji politikası şeklinde sıralanabilir (NTI, 2018; IAEA, 2018).

#### 2.3.6.1. Enerji Politikası

Kore Cumhuriyeti'nin yoğun nüfusu ve gelişmiş sanayisi enerji talebini artırmaktadır. Ülke sınırlı enerji kaynaklarına sahip olduğu için, enerji ihtiyacının hemen hemen hepsini ithal ederek karşılamaktadır. Yaşanılan krizler sebebiyle nükleer enerji gibi alternatif enerji kaynaklarında da çalışmalar hızlandırılmıştır. Kore Cumhuriyeti'nin enerji politikasının öncelikleri arasında enerji bakımından kendi kendine yeterliliğini artırmak ilk sıralarda yer almaktadır. Enerji ithalatını ve dışa bağımlılığı azaltmak için alternatif enerji kaynakları üzerindeki çalışmalar devam etmektedir. 2015 yılında hükümet yenilenebilir ve alternatif enerji kaynakları için 40 trilyon won (yaklaşık 35 milyar dolar) bütçe ayrıldığını açıklamıştır. Ülkede çalışan 24 adet nükleer enerji santrali bulunmaktadır ve 4 adet santral de yapım aşamasındadır. Bu santraller ülkenin enerji ihtiyacının yaklaşık üçte birini karşılamaktadır. Kore Cumhuriyeti için nükleer enerji, stratejik öneme sahip bir alan olarak görülmektedir.

Ülke nükleer kapasitesini 2030 yılına kadar %43 oranında artırmayı hedeflemektedir (MTIE, 2018)

### 2.3.6.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış

2018 yılında Kore Cumhuriyeti'nde elektrik enerjisinin yaklaşık %30'unu sağlayan 22.5 GW (e) net kapasiteye sahip 23 operasyonel reaktör bulunmaktadır. Beş reaktör de yapım aşamasındadır (IAEA, 2018).

Tablo 2.11: Kore Cumhuriyeti'nin Nükleer Güç Tesislerinin Durumu ve Performansı

REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH	REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH
Hanbit-1	996	04.06.1981	25.08.1986	Kori-4	1012	01.04.1980	29.04.1986
Hanbit-2	988	01.12.1981	10.06.1987	Shin-kori-1	997	16.06.2006	28.02.2011
Hanbit-3	986	23.12.1989	31.03.1995	Shin-kori-2	997	05.06.2007	20.07.2012
Hanbit-4	970	26.05.1990	01.01.1996	Shin-kori-3	1416	16.10.2008	20.12.2016
Hanbit-5	994	29.06.1997	21.05.2002	Shin-wolsong-1	997	20.11.2007	31.07.2012
Hanbit-6	993	20.11.1997	24.12.2002	Shin-wolsong-2	993	23.09.2008	24.07.2015
Hanul-1	968	26.01.1983	10.09.1988	Wolsong-1	661	30.10.1977	22.04.1983
Hanul-2	969	05.07.1983	30.09.1989	Wolsong-2	632	25.09.1992	01.07.1997
Hanul-3	997	21.07.1993	11.08.1998	Wolsong-3	648	17.03.1994	01.07.1998
Hanul-4	999	01.11.1993	31.12.1999	Wolsong-4	635	22.07.1994	01.10.1999
Hanul-5	998	01.10.1999	29.07.2004	Shin-hanul-1*	1340	10.07.2012	
Hanul-6	997	29.09.2000	22.04.2005	Shin-hanul-2*	1340	19.06.2013	
Kori-2	640	23.12.1977	25.07.1983	Shin-kori-4*	1340	19.08.2009	
Kori-3	1011	01.10.1979	30.09.1985	Shin-kori-5*	1340	01.04.2017	

Tablo 2.11'de "\*" eklenen reaktörler yapım aşamasındadır.

Kaynak: IAEA - Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS).

Tablo 2.11, Aralık 2018 itibarıyla Kore Cumhuriyeti'nin nükleer enerji santrallerinin durumunu göstermektedir. Kore Cumhuriyeti 23 adet nükleer güç reaktörü bulunmaktadır. Yapım aşaması devam eden ve net kapasitesi 5360 MWe sahip dört adet nükleer güç reaktörüne sahiptir. Tablo 2.11'de bulunmayan Kori-1 576 MWe net kapasiteye sahip olan reaktör 18.06.2017 tarihinde kalıcı olarak kapatılmıştır.

### **2.3.6.3. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi**

Nükleer küresel araştırmacıları teşvik etmeye yönelik Nükleer İnsan Kaynakları Gelişimi Programı 2017 yılı sonu itibariyle uygulamaya konulmuştur. Programların ana içeriği aşağıdaki gibidir:

- Profesyonel bir küresel nükleer işgücü için küresel yeterlilik geliştirme programları uygulamak,
- Yeni nesil nükleer profesyoneller için küresel bir staj programı uygulamak,
- Nükleer endüstrideki işlerin durumunu analiz etmek ve işbirlikçi bir ağ kurmak,
- Nükleer endüstrideki insan kaynaklarının durumu hakkında araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde bulunmak.

Hanyang Üniversitesi, 1958 yılında Kore Cumhuriyeti'nde ilk nükleer mühendislik departmanını kurmuştur. 2017 yılından itibaren, nükleer mühendislik alanında uzman 17 üniversite bulunmaktadır (KONİCOF, 2018).

### **2.3.7. Hindistan'ın Nükleer Enerji Profili**

Hindistan'daki Atom Enerjisi Programı'nın oluşturulmasındaki önemli bir adım, 1948 yılında Atom Enerjisi Yasası'nın hayata geçirilmesi olarak görülmektedir. Daha sonra 1962 yılında bu yasa tekrardan güncellenmiştir. 1954 Ağustos ayında ise Atom Enerji Dairesi (DAE) kurulmuştur (DAE, 2018; IAEA, 2018).

Bakanlık, AEC tarafından belirlenen politikaların uygulanmasından sorumlu tutulmuştur. Nükleer Enerji, ilgili yüksek teknolojiler gerektiren alanlarda araştırma, teknoloji geliştirme ve ticari faaliyetlerde bulunmaya katkı sağlamaktadır. Nükleer enerji programı için güçlü bir araştırma ve geliştirme temelinin atılması, erken fark edilerek 1954 yılında Trombay'da Bhabha Atom Araştırma Merkezi (BARC) olarak adlandırılan bir araştırma ve geliştirme merkezi kurmaya karar verilmiştir. Merkezde APSARA (1956), CIRUS (1960), DHRUVA (1985) gibi araştırma reaktörleri ve kritik tesisler kurulmuştur (BARC, 2018).

#### **2.3.7.1. Enerji Politikası**

Hindistan Hükümeti'nin enerji politikası, enerji kaynaklarında kendi kendine yeterliliğe ulaşmayı ve çevreyi enerji kaynaklarının kullanılmasından dolayı ortaya

çıkan olumsuz etkilerden korumayı ve bunları en uygun maliyetle sağlamayı amaçlamaktadır. Enerji politikalarının ana unsurları şunlardır:

- Tüm yerli enerji kaynaklarının çevresel etkilerini gözeterek hızlı kullanımı,
- Enerji verimliliğinin artırılması amacıyla enerji tasarrufu ve yönetimi,
- Madencilik, üretim, iletim, endüstriyel süreçler ve ulaştırma gibi enerji ile ilgili tüm operasyonlarda yüksek verimli makineler ve süreçler kullanarak ülkedeki mevcut kapasitenin kullanımını optimize etmek,
- “Temiz kömür” ve ilgili teknolojilerin sera gazı emisyonlarını içerecek şekilde benimsenmesi,
- Nükleer ve hidroelektriklerin hızlandırılmış gelişimi,
- Kentsel ve kırsal toplulukların enerji ihtiyacını karşılamak için biyo yakıtlar da dahil olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi ve kullanılması,
- Enerji alanında araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yoğunlaştırılması ve bir “Ulusal Enerji Fonu” kurulması,
- Enerji sektöründe çeşitli düzeylerde çalışan personel için eğitim organizasyonu yapılması olarak sıralanabilir (IAE, 2018; Balachandra ve diğerleri, 2010: 6428-6438).

### 2.3.7.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış

Hindistan'ın iki kaynar su reaktöründen (BWR) oluşan Tarapur'daki ilk nükleer enerji santralinin inşası 1964 yılında başlamıştır. (BARC, 2018; IAEA, 2018).

Tablo 2.12: Hindistan'ın Nükleer Güç Reaktörlerin Durumu

REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH	REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH
Kaiga-1	202	01.09.1989	16.11.2000	Rajasthan-4	202	01.10.1990	23.12.2000
Kaiga-2	202	01.12.1989	16.03.2000	Rajasthan-5	202	18.09.2002	04.02.2010

Kaiga-3	202	30.03.2002	06.05.2007	Rajasthan-6	202	20.01.2003	31.03.2010
Kaiga-4	202	10.05.2002	20.01.2011	Tarapur-1	150	01.10.1964	28.10.1969
Kakrapar-1	202	01.12.1984	06.05.1993	Tarapur-2	150	01.10.1964	28.10.1969
Kakrapar-2	202	01.04.1985	01.09.1995	Tarapur-3	490	12.05.2000	18.08.2006
Kudankulam-1	932	31.03.2002	31.12.2014	Tarapur-4	490	08.03.2000	12.09.2005
Kudankulam-2	932	04.07.2002	31.03.2017	Kakrapar-3*	630	22.11.2010	
Madras-1	205	01.01.1971	27.01.1984	Kakrapar-4*	630	22.11.2010	
Madras-2	205	01.10.1972	21.03.1986	Kudankulam-3*	917	29.06.2017	31.03.2023
Narora-1	202	01.12.1976	01.01.1991	Kudankulam-4*	917	23.10.2017	30.11.2023
Narora-2	202	01.11.1977	01.07.1992	Pfbr*	470	23.10.2004	
Rajasthan-1	90	01.08.1965	16.12.1973	Rajasthan-7*	630	18.07.2011	
Rajasthan-2	187	01.04.1968	01.04.1981	Rajasthan-8*	630	30.09.2011	
Rajasthan-3	202	01.02.1990	01.06.2000				

Tablo 2.12'de te “\*” eklenen reaktörler yapım aşamasındadır.

Kaynak: IAEA - Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS).

Hindistan'da yer alan nükleer güç reaktörlerinin durumu Tablo 2.12'de gösterilmektedir. Hindistan 2018 yılı itibariyle 6240 MWe toplam net elektrik kapasiteli 22 adet nükleer reaktöre sahiptir. Ayrıca 7 adet 4824 MWe toplam net kapasiteli nükleer güç reaktörleri yapım aşamasındadır. Hindistan'da bulunan Kudankulam-1 ve Kudankulam-2 adlı reaktörler 932 MWe net kapasiteye sahiptir ve net kapasite olarak en büyük kapasiteye sahip reaktörlerdir.

### 2.3.7.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri

Nükleer enerjiyle ilgili Ar-Ge çalışmalarının çoğu, Hindistan Hükümeti kapsamındaki Atom Enerjisi Dairesi tarafından finanse edilmekte ve yürütülmektedir. Bununla birlikte, nükleer santrallerde sızıntıyı önlemek için yapılan ekstra duvar için araştırmaların yapılması Atom Araştırma Merkezi Bölümü dışında bazı akademik araştırma kurumlarınca da yürütülmektedir. Aşağıda Hindistan'da nükleer alanda araştırma yapan kurumlardan bahsedilmiştir;

- Haydarabad'da atomik minerallerin araştırılmasından sorumlu Atomik Maden Müdürlüğü kurulmuştur.
- Raja Ramanna İleri Teknoloji Merkezi (RRCAT) ve Değişken Enerji Cyclotron Merkezi (VECC), lazerler, hızlandırıcılar ve uygulamaları konusunda ileri araştırmalar yürütmektedir.
- Plazma Araştırma Enstitüsü (IPR), plazma fiziği ve ilgili teknolojilerde araştırma yapmaktadır.
- DAE'nin diğer Ar-Ge kurumları, biyoloji bilimleri gibi Yüksek teknoloji alanlarında ve ayrıca fizik, kimya, biyoloji ve matematik gibi temel bilimler alanlarında ileri düzey araştırma çalışmaları yürütmektedirler.
- Akademik kurumlar ve üniversiteler, ihtiyaçlara göre belirli alanlarda Ar-Ge desteğini de genişletmektedir.
- Nükleer Bilimler Araştırma Kurulu ve Ulusal Matematik Yüksek Kurulu (NBHM), nükleer bilim ve teknoloji ve matematik alanlarında ulusal enstitüler ve üniversitelerde araştırma faaliyetlerini desteklemektedir.
- Homi Bhabha Ulusal Enstitüsü (HBNI), DAE'de temel araştırma ve teknoloji geliştirme arasındaki bağlantıyı sağlayan bir "Üniversite" olarak kabul edilmiştir (RRCAT, 2018; AMD, 2018; GCNEP, 2018; DAE, 2018).

#### ***2.3.7.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi***

Programda başarıya ulaşmada iyi yetişmiş bilim adamlarının ve mühendislerin olmasının önemini farkına varılması ile 1957 Ağustos ayında, Bhabha Atom Araştırma Merkezi'nde (BARC) bir eğitim okulu kurulmuştur. Ardından, nükleer enerji santralleri için eğitim ihtiyacı ortaya çıktığında, Nükleer Eğitim Merkezleri (NTC), Hindistan Nükleer Güç Limited Şirketi (NPCIL) tarafından kurulmuştur. İnsan kaynaklarının artan ihtiyaçlarını karşılamak için Raja Ramanna İleri Teknoloji Merkezi, Indore (2000) ve Nuclear Fuel Complex, Hyderabad (2001)'da eğitim okulları kurmuştur. Hyderabad ve Indore'deki NTC'ler ve eğitim okulları, mühendisler ve bilim adamlarının eğitimi konusunda BARC Eğitim Okulu'na bağlantılı durumdadır. Böylece, insan kaynakları gelişimine DAE tarafından erken aşamalardan itibaren büyük önem verilmiştir (AMD, 2018; GCNEP, 2018; IAEA, 2018).

### 2.3.8. Japonya'nın Nükleer Enerji Profili

Japonya 19 Aralık 1954 tarihli 186 sayılı Atom Enerjisi Temel Yasası'nın yürürlüğe girmesiyle atom enerji gelişimini, demokratik yönetim, gönüllü eylem ve açık bilginin üç temel ilkesine uygun olarak barışçıl amaçlar için kullanılması konusunda teşvik etmiştir. 1956 yılında, Atom Enerjisi Komisyonu'nun başlatılması, atom enerjisi geliştirme ve kullanımının teşvik edilmesine ilişkin konularda Başbakan için bir danışma kurulu oluşturulmuştur. Aynı yıl nükleer enerjinin araştırılması, geliştirilmesi ve kullanılması için uzun dönemli planlar (Uzun Süreli Program) yapılmıştır. Bu planlar 1956-2000 yılları arasında uygulanmış ve beş yılda bir revize edilerek güncellenmiştir. 1974 yılında, elektrik enerjisini geliştirmeye yönelik “*Elektrik Üretim Tesislerine Komşu Alanların Ayarlanması Hakkında Kanun*”, “*Elektrik Gücü Geliştirme Teşvik Yasası*” ve “*Elektrik için Özel Hesap Kanunu*” üç temel kanun çıkarılmıştır. Bu yasalar nükleer istasyonların uygun yerleşimini sağlama konusunda da yardımcı olmuştur. 1978 yılında, Nükleer Güvenlik Komisyonu, Atom Enerjisi Komisyonu'ndan ayrılarak ayrı bir kurum olarak görevini sürdürmüştür (AEC, 2018).

1986 yılında nükleer güç vizyonunun genel değerlendirmesi, 2030 yılına kadar enerji kullanılabilirliği ve elektrik enerjisi gereksinimleri için uzun vadede beklentilerin ve güvenlik tedbirlerinin daha da güçlendirildiği “*Güvenlik 21*” olarak isimlendirilen bir program hazırlanmıştır. 1990 yılında Japonya, artış gösteren petrol talebini ve küresel sera gazı etkisini azaltmak için alternatif enerji kaynaklarını kapsayacak biçimde tedarik hedeflerini yenilemiştir. Japonya, Ocak 2001'de idari reformlar gerçekleştirerek, Nükleer ve Endüstriyel Güvenlik Ajansı (NISA), Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI) Doğal Kaynaklar ve Enerji Ajansı'nın özel bir kurumu olarak kurulmuştur. Buna ek olarak, Atom Enerjisi Komisyonu (AEC) ve Nükleer Güvenlik Komisyonu (NSC) diğer bakanlıklara ve kurumlara yüksek düzeyde bağımsız ve uygun talimatlar vermiştir (IAEA, 2018).

11 Mart 2011'de Tohoku bölgesinin Pasifik kıyısında tsunami sebebi ile meydana gelen depremde Tokyo Elektrik Güç Şirketi (TEPCO) Fukushima Daiichi Nükleer Santrali ve Fukushima Daini Nükleer Santrali ciddi zarar görmüştür. Özellikle, TEPCO'nun Fukushima Daiichi Nükleer Enerji İstasyonu'nda, Uluslararası Nükleer ve

Radyolojik Olay Ölçeği'nde (INES) 7. seviyede ölçülen çok ciddi bir kaza meydana gelmiştir (Engin, 2013: 583-584).

Eski AEC reformu için değiştirilen Kanun uyarınca, Japonya Atom Enerji Komisyonu (JAEC) 2014 yılında yeniden kurulmuştur. Haziran 2017 yılında Bakanlar Kurulu tarafından çıkarılan, nükleer enerji kullanımına ilişkin devlet politikası olarak Nükleer Enerji İçin Temel Politika adı altında bir program yayınlamıştır (AEC, 2018).

### 2.3.8.1. Japonya Enerji İstatistikleri

Geçmişte, Japonya büyük miktarda ucuz ham petrol ithal etmiştir. 1973 yılında petrol tüketimi toplam enerji tüketiminin %75,5'ini oluşturmuştur. 1973'te ortaya çıkan petrol krizi sonrasında Dünya genelinde olduğu gibi Japonya'da da petrol fiyatlarının artmasına neden olmuştur. Petrol arzında yaşanan krizden dolayı Japonya, birincil enerji kaynağı olarak petrol bağımlılığını azaltmak için petrol yerine daha fazla nükleer enerji, doğal gaz ve kömür kullanmaya karar vermiştir (IAEA, 2018).

Tablo 2.13: Japonya Enerji İstatistikleri

	1980	1990	2000	2010	2015	(EJ) 2016	Yıllık ortalama büyüme oranı (%) (2000'den 2016'ya)
<b>Enerji Tüketimi**</b>							
Genel Toplam	15,9	19,7	22,7	22	20	19,8	-0,84
Katı maddeler	2,80	3,32	4,2	5	5,15	5,04	1,15
Sıvılar	10,30	11	11,2	8,86	8,14	7,88	-2,16
Gazlar	1,01	2,06	3,06	3,99	4,66	4,73	2,76
Nükleer	0,78	1,88	2,86	2,46	0,08	0,15	-16,86
Hydro	0,86	0,82	0,75	0,72	0,73	0,65	-0,85
Diğer yenilenebilir malzemeler	0,18	0,58	0,68	0,95	1,26	1,39	4,53



Enerji Üretimi							
Genel Toplam	2,48	3,59	4,48	4,32	2,2	2,31	-4,05
Katı maddeler	0,55	0,19	0,07	0,03	0,03	0,03	-4,38
Sıvılar	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	-2,13
Gazlar	0,1	0,09	0,11	0,15	0,11	0,11	0,43
Nükleer	0,78	1,88	2,86	2,46	0,08	0,15	-16,86
Hydro	0,86	0,82	0,75	0,72	0,73	0,65	-0,85
Diğer yenilenebilir Malzemeler	0,18	0,58	0,68	0,94	1,23	1,35	4,38
Genel Toplam	13,4	16,3	18,5	17,7	17,8	17,5	-0,35
Stok değişimi	0,03	-0,2	-0,2	-0,1	0,01	0,06	-

Kaynak: Japonya Doğal Kaynaklar ve Enerji Ajansı “Genel Enerji İstatistikleri”

1973 yılında Japonya'nın petrol bağımlılığı, %75.5 iken 2010 yılında % 40.3'lere gerilemiştir. Ülke, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesini kömürle (%22.7), doğal gazla (%18,2) ve nükleer enerjiyle (%11.2) sağlamıştır. Ancak, 2011 yılında Büyük Doğu Japonya Depremi'nden sonra nükleer santrallerin kapatılmasıyla birlikte, nükleer enerjiye alternatif olarak fosil yakıt tüketimi büyük ölçüde artmış ve 2012 yılında toplam enerji tüketimi içindeki petrolün payı %44,5'e yükselmiştir. Enerji üretim sektöründe, 2016 yılında petrol kaynaklı elektrik enerjisi üretimi yenilenebilir enerjinin genişlemesi ve nükleer santrallerin yeniden başlatılması nedeniyle azalmıştır (ENECHO, 2018).

### 2.3.8.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış

Japonya, aktif olarak çalışan çok sayıda nükleer güç reaktörü bulunmaktadır. 2017 yılında toplam gücün yaklaşık %4'ünü nükleer enerjiden karşılamıştır. Japonya Hükümeti 16 Temmuz 2015'te Uzun Vadeli Enerji Arzı ve Talep Görünümünü yayınlamıştır. Planda, Hükümet nükleer enerjiye bağımlılığını 2030 yılına kadar %20–22'ye düşürme hedefini koymuştur. Mayıs 2016 itibarıyla, nükleer enerji üretiminin toplam kapasitesi 45775 MWe'dir (ENECHO, 2018; IAEA, 2018).

Tablo 2.14: Japonya Nükleer Güç Tesislerinin Durumu ve Performansı

REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH	REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH
Fukushima-daini-1	1067	16.03.1976	20.04.1982	Ohı-2	1120	08.12.1972	05.12.1979
Fukushima-daini-2	1067	25.05.1979	03.02.1984	Ohı-3	1127	03.10.1987	18.12.1991
Fukushima-daini-3	1067	23.03.1981	21.06.1985	Ohı-4	1127	13.06.1988	02.02.1993
Fukushima-daini-4	1067	28.05.1981	25.08.1987	Onagawa-1	498	08.07.1980	01.06.1984
Higashimatsura-2	529	01.02.1977	30.03.1981	Onagawa-2	796	12.04.1991	28.07.1995
Higashimatsura-4	1127	15.07.1992	25.07.1997	Sendai-1	846	15.12.1979	04.07.1984
Hamaoka-3	1056	18.04.1983	28.08.1987	Sendai-2	846	12.10.1981	28.11.1985
Hamaoka-4	1092	13.10.1989	03.09.1993	Shika-1	505	01.07.1989	30.07.1993
Hamaoka-5	1325	12.07.2000	18.01.2005	Shika-2	1108	20.08.2001	15.03.2006
Higashi dori-1 (tohoku)	1067	07.11.2000	08.12.2005	Shimane-2	789	02.02.1985	10.02.1989
Ikata-2	538	01.08.1978	19.03.1982	Takahama-1	780	25.04.1970	14.11.1974
Ikata-3	846	01.10.1990	15.12.1994	Takahama-2	780	09.03.1971	14.11.1975
Kashiwazaki kariwa-1	1067	05.06.1980	18.09.1985	Takahama-3	830	12.12.1980	17.01.1985
Kashiwazaki kariwa-2	1067	18.11.1985	28.09.1990	Takahama-4	830	19.03.1981	05.06.1985
Kashiwazaki kariwa-3	1067	07.03.1989	11.08.1993	Tokai-2	1060	03.10.1973	28.11.1978
Kashiwazaki kariwa-4	1067	05.03.1990	11.08.1994	Tomari-1	550	18.04.1985	22.06.1989
Kashiwazaki kariwa-5	1067	20.06.1985	10.04.1990	Tomari-2	550	13.06.1985	12.04.1991
Kashiwazaki kariwa-6	1315	03.11.1992	07.11.1996	Tomari-3	866	18.11.2004	22.12.2009
Kashiwazaki kariwa-7	1315	01.07.1993	02.07.1997	Tsuruga-2	1108	06.11.1982	17.02.1987
Mihama-3	780	07.08.1972	01.12.1976	Ohma*	1325	07.05.2010	
Ohı-1	1120	26.10.1972	27.03.1979	Shimane-3*	1325	12.10.2007	

Tablo 2.14'de "\*" ile gösterilen reaktörler yapım aşamasındadır.

Kaynak: IAEA - Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS).

Tablo 2.14’de Japonya’nın mevcut durumdaki nükleer güç reaktörleri gösterilmektedir. Japonya Hükümeti 2016 yılının Mayıs ayında nükleer enerji üretiminin toplam kapasitesi 45,775 MWe olarak duyurmuştur. Ohma ve Shimane-3 güç reaktörleri yapım aşamasındadır. Tablo 2.14’de bulunmayan içlerinde Fukushima-Daiichi reaktörlerinin de bulunduğu 18 adet reaktör kalıcı olarak kapatılmıştır.

### **2.3.8.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri**

Araştırma ve geliştirme için devletin sorumlulukları Eğitim, Kültür, Spor, Bilim ve Teknoloji Bakanlığı (MEXT) Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI) arasında paylaşılmaktadır. MEXT, bilim ve teknoloji için nükleer enerjinin planlanmasından ve yönetilmesinden sorumlu tutulmuştur. MEXT, nükleer yakıt döngüsü, FBR’ler ve hızlandırıcılar da dahil olmak üzere birçok nükleer araştırma ve geliştirme alanında önemli bir rol oynamıştır. 2001 yılında kurulan MEXT, 2005 yılında kurulan Japonya Atom Enerjisi Ajansı’nın (JAEA) çalışmalarını denetlemektedir. Doğal Kaynaklar ve Enerji Ajansı, hafif su reaktörlerinin reaktör tasarımlarını geliştirme çalışmaları da dahil olmak üzere çeşitli faaliyetlerde bulunmaktadır (MEXT, 2018).

### **2.3.9. Kanada’nın Nükleer Enerji Profili**

Kanada, İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra sivil nükleer enerji programı geliştiren ülkelerden biri olmuştur. CANDU isimli reaktörleri, diğer reaktörlerin yakıt ve çalışma sistemlerini geliştirerek keşfetmişlerdir. CANDU reaktörleri Kanada’da ve yurtdışında başarıyla satılmış ve işletilmiştir. Kanada’nın kendi CANDU reaktör teknolojisininin 1952 yılında Kanada Atom Enerji Şirketi (AECL) tarafından geliştirilmesinden bu yana nükleer enerjide bir dünya lideri olarak görülmektedir (AECL, 2018; CNSC, 2018).

Tarihte kök salmış olan nükleer enerji, Kanada’nın mevcut temiz enerji karışımının önemli bir parçası olmuştur. Nükleer enerjinin ülkenin düşük karbon geleceği hedefine ulaşmada önemli bir rol oynamaya devam etmesi hedeflenmektedir. Bu yalnızca nükleer enerjinin Kanada’daki temiz enerji karışımına yaptığı katkıları değil, Kanada’nın nükleer bilim ve teknoloji yeteneklerine yapılan yatırımları ve küçük modüler reaktörler de dahil olmak üzere yeni nükleer teknolojilerin potansiyel uygulamalarını incelemeyi de içermektedir (IAEA, 2018; CNSC, 2018).

### **2.3.9.1. Kanada Enerji Politikası**

Kanada Anayasası'nda, federal ve il düzeylerindeki hükümetin enerji ile ilgili sorumlulukları açıkça belirtilmiştir. İl hükümetleri, ülkenin doğal kaynaklarının çoğunun doğrudan yöneticileri olarak görevlendirilmiştir. İl sınırları içinde enerji yönetimi sorumluluğunu üstlenmektedirler. Federal hükümet, uluslararası ticaret ve enerji altyapısının yanı sıra nükleer enerji ve uranyumun düzenlenmesi, federal ve Kuzey topraklarında enerji kaynaklarının yönetiminden sorumludur (Doern ve diğerleri, 2001). Kanada enerji politikasını yönlendiren temel ilkeler şunlardır:

*Piyasa yönelimi:* Rekabetçi piyasalar, Kanada'nın enerji ihtiyaçlarına duyarlı, verimli, rekabetçi ve yenilikçi bir enerji sistemi sağlarken, arz, talep, fiyat ve ticareti belirlemenin en etkili yolu olarak görülmektedir.

*Hedeflenen müdahaleler:* Piyasalar politika hedeflerine ulaşamadığında, hükümetin düzenleme veya başka yollarla müdahale etmesi gerekmektedir. Bu politika hedefleri, bilim ve teknoloji, sağlık, güvenlik ve çevresel sürdürülebilirlik konularını içermektedir (Doern ve diğerleri, 2001: 3-10).

Kanada Hükümeti, güvenli ve rekabetçi fiyatlara sahip enerjinin kullanılabilirliği ve enerji altyapısının korunması gibi konularda çalışarak, Kanada ekonomisinin büyümesini ve rekabet gücünü artırırken, aynı zamanda çevre sorumlu üretim ve enerji kullanımını sağlamaya yönelik de emek harcamayı amaçlamaktadır. 2015 yılı Mayıs ayında Kanada, sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar 2005 seviyesinin yüzde 30 altına düşürme taahhüdünü açıklamıştır. Bu taahhüt, emisyonların azaltılmasında federal, eyalet ve bölgesel yönetimlerin ortak çabalarıyla mümkün hale gelmiştir. 2016 Aralık ayında federal, eyalet ve bölgesel hükümetler temiz büyüme ve iklim değişikliği ile ilgili Pan-Kanada projesini açıklamıştır. Proje, Kanada'nın 2030 sera gazı emisyonu azaltma taahhüdünü ve uzun vadeli düşük sera gazı emisyonu geliştirme stratejisini hedeflemektedir. Kanada, temiz enerji inovasyonunda federal yatırımlar da dahil olmak üzere Pan-Kanada çerçevesini hayata geçirmektedir (IAEA, 2018; Doern ve diğerleri, 2001: 8-20).

### 2.3.9.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış

Nükleer enerji, Kanada'da elektrik arzının yaklaşık %15'ini üreten Ontario ve New Brunswick'te 21 ticari nükleer güç reaktörü bulunmaktadır. Bu reaktörler, Ontario eyaletindeki elektrik arzının yaklaşık %60'ını ve New Brunswick eyaletinde %33'ünü kapsamaktadır. Kanada aynı zamanda dünyanın en büyük ikinci uranyum üreticisidir. Saskatchewan'daki madenlerden gelen toplam dünya üretim kapasitesinin %20'sinden fazlasını oluşturmaktadır. Kanada'nın uranyum üretiminin %85'i, dünya çapında nükleer enerjide kullanılmak üzere ihraç edilmektedir (IAEA, 2018).

Tablo 2.15: Kanada'nın Nükleer Santrallerin Durumu ve Performansı

REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH	REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH
Bruce-1	760	01.06.1971	01.09.1977	Darlington-4	878	01.07.1985	14.06.1993
Bruce-2	760	01.12.1970	01.09.1977	Pickering-1	515	01.06.1966	29.07.1971
Bruce-3	750	01.07.1972	01.02.1978	Pickering-4	515	01.05.1968	17.06.1973
Bruce-4	750	01.09.1972	18.01.1979	Pickering-5	516	01.11.1974	10.05.1983
BRUCE-5	817	01.06.1978	01.03.1985	Pickering-6	516	01.10.1975	01.02.1984
Bruce-6	817	01.01.1978	14.09.1984	Pickering-7	516	01.03.1976	01.01.1985
Bruce-7	817	01.05.1979	10.04.1986	Pickering-8	516	01.09.1976	28.02.1986
Bruce-8	817	01.08.1979	22.05.1987	Point Lepreau	660	01.05.1975	01.02.1983
Darlington-1	878	01.04.1982	14.11.1992	Khmelnitski-3*	1035	03.01.1986	
Darlington-2	878	01.09.1981	09.10.1990	Khmelnitski-4*	1035	02.01.1987	
Darlington-3	878	01.09.1984	14.02.1993				

Tablo 17'de "\*" ile gösterilen reaktörler yapım aşamasındadır.

Kaynak: IAEA - Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS).

Tablo 2.15'te Kanada'da bulunan 21 adet nükleer güç reaktörlerini göstermektedir ve Khmelnitski-3 ve Khmelnitski-4 reaktörleri yapım aşamasındadır. Tablo 2.15'te bulunmayan Güney Ukrayna-4 yapımı askıya alınmıştır.

### **2.3.9.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri**

Kanada'da nükleer araştırma ve geliştirme 1940 yılında başlamıştır. Federal hükümet, 1952'deki kuruluşundan bu yana Kanada'nın Atomik Enerji Şirketi'nde (AECL) bir araştırma ve geliştirme programı finanse etmiştir. AECL, hükümetin önceliklerinin yanında sağlık, nükleer güvenlik, enerji ve çevre alanlarında temel sorumluluklarını destekleyen Federal Nükleer Bilim ve Teknoloji Çalışma Planı'nın yönetimi yoluyla federal hükümet için nükleer bilim ve teknolojiye olanak sağlamaktadır. Planın altındaki çalışmalar, AECL ile sözleşmeli olarak Chalk River Laboratuvarları tarafından yönetilen ve işletilen Kanada Nükleer Laboratuvar'ı (CNL) tarafından sağlanmaktadır. AECL ayrıca CNL'den, ticari olarak üçüncü şahıslara hizmet sunumu ile yenilenen bilim ve site destek altyapısı için 1,2 milyar dolarlık bir yatırımın sağlanmasına olanak sağlayan Chalk River Laboratuvarlarının bilim ve teknoloji boyutunu artırmasını istemiştir (CNL, 2018; AECL, 2018).

2018 Mart ayında, 60 yılı aşkın bir süredir devam eden Ulusal Araştırma Evrensel reaktörü kapatılmıştır. Katkıları arasında, CANDU nükleer filusunun devam eden çalışmasını, teknolojik endüstriyel ilerlemeleri ve Nobel ödüllerine yol açan araştırmaları destekleyen, bir milyardan fazla insanın yararlandığı cankurtaran tıbbi izotoplar sağlamak olmuştur. Günümüzde, CNL, nükleer malzeme merkezi planı da dahil olmak üzere, Chalk River Laboratuvarlarını yeniden canlandırmak için çalışmaktadır. 2026 yılına kadar küçük bir modüler reaktör gösterisine ev sahipliği yapmak için belirli bir hedef belirlenmiştir. Diğer Kanadalı özel sektör kuruluşları da nükleer teknolojinin gelişimini aktif olarak takip etmektedir. STERN Laboratuvarları, PWR, BWR ve CANDU reaktör teknolojisinin geliştirilmesine yardımcı olmak için özel ve kamu sektörlerindeki müşteriler için nükleer güvenilirlik ve güvenlik deneyleri gerçekleştirmektedir. British Columbia'daki araştırma tesisleri, dedektör gelişimi, yüksek sıcaklık süper iletken testi ve siklotron bazlı medikal izotop üretimi dahil olmak üzere birçok çeşitli nükleer araştırma geliştirme ilgi alanları sunmaktadır (STERN, 2018; IAEA, 2018).

### **2.3.9.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi**

Nükleer enerji programını desteklemek amacıyla Kanada'da insan kaynakları geliştirilmesiyle ilgili güçlü çalışmalar gerçekleştirilmiştir. En az dört üniversite 2018

yılında Kanada'da bir nükleer mühendislik programı sunmaktadır. 2002 yılında, Nükleer Mühendislikte Üniversite Mükemmelliği Ağı (UNENE), nükleer teknolojilerde araştırma ve eğitim yürütmek üzere nükleer santral işletmecileriyle birlikte Kanada'nın önde gelen üniversitelerinin ortaklığıyla oluşturulmuştur. UNENE, yedi eğitim ortağı ve 12 Kanada üniversitesinin ortaklığı ve diğer eğitim ve öğretim girişimleriyle birlikte Nükleer Mühendislik Mastırı ve programı yürüten araştırmalar yürütmektedir. Ar-Ge programları, Kanada'daki nükleer zorlukları ve fırsatları yansıtmak için düzenli olarak güncellenmektedir. Chalk River Laboratuvarların'da eğitim geliştirme için kullanılmış ve hem Kanadalı hem de uluslararası birçok bilim adamı ve öğrenci nükleer araştırmalar yürütülmektedir. Kanada Nükleer Laboratuvarı tarafından yönetilen laboratuvarlar, bir reaktör okul programı dahil olmak üzere çeşitli eğitim geliştirme fırsatları sunmaktadır (UNENE, 2018; CNL,2018). Kanadalı üniversitelerden oluşan bir şirket birliği tarafından işletilen ve kamu tarafından finanse edilen bir atom altı fizik laboratuvarı olan TRIUMF, nükleer tıp ve parçacık hızlandırıcı gelişimi konusunda öğrencilere konferanslar ve seminerler vermektedir. TRIUMF, bir siklotron ve bir proton terapisi (kanseri tedavi merkezi) de dahil olmak üzere önde gelen bilimsel tesislere sahiptir (TRIUMF, 2018).

### **2.3.10. Rusya Federasyonu'nun Nükleer Enerji Profili**

Rusya'nın nükleer tarihine bakıldığında 1937 yılında Leningrad Radyum Enstitüsü'nde atom çekirdeğinin yapısı üzerine deneysel çalışmalar ile çalışmalara başlamıştır. İlerleyen yıllarda nükleer reaksiyonlar için fizibilite çalışmaları devam ederken Avrupa'nın en büyük Siklotron'u<sup>3</sup> 1939 yılında bu enstitüde kurulmuştur. II. Dünya savaşı ile atom çalışmaları sekteye uğramış, 1943 yılında Moskova'da şuan ki ismi Kurchatov Enstitüsü olan özel bir fizik laboratuvarı oluşturulmuştur. 1946 yılında kontrollü bir uranyum fisyon reaksiyonu başarıya ulaşmıştır. 1948'de ilk endüstriyel nükleer reaktörü hizmete açılmıştır. Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin (SSCB) aktif katılımıyla Uluslararası Nükleer Bilgi Sistemi kurulmuştur. 1973-1986 yılları arasında çeşitli reaktörler alanında çalışmalar ve başarılar yaşanmıştır. 1986 yılında insanlık için çok acı olan Çernobil nükleer enerji santrali 4. reaktöründe bir kaza gerçekleşmiştir. 1992 yılında SSCB Atom Enerjisi ve Endüstri Bakanlığı'nın yerini alan

<sup>3</sup> Yüklü parçacıkları dairesel bir yörüngede ve sabit bir manyetik alanda hareket ettiren bir parçacık hızlandırıcısıdır.

Rusya Federasyonu Atom Enerjisi Bakanlığı kurulmuş ve 1993 yılında ABD ile Rusya arasında nükleer silahsızlanma antlaşması imzalanmıştır. 1998 yılında silah sınıfı plütonyum bazlı karışık oksit yakıtın üretilmesine yönelik süreç, Rusya Federasyonu Nükleer Reaktörler Devlet Araştırmaları Merkezi Araştırma Enstitüsü'nde geliştirilmiş ve ticari uygulamaya dönüştürülmüştür (NTI, 2018; Vargo, 1999: 505-511).

### ***2.3.10.1. Rusya Federasyonu Enerji Politikaları ve İstatistikleri***

Rusya Federasyonu 2000 yılında imzaladığı enerji politikası ile, 2020 yılına kadar olan dönemde izlenecek politikaların belirlendiği enerji stratejisi ile enerji politikasını yönlendirmektedir. Bu strateji, sürdürülebilir kalkınma, enerji verimliliğinde artış, çevresel etkiyi azaltma, enerji gelişimi, rekabet gücü gibi ana öncelikleri özetlemektedir. Önümüzdeki 10-15 yıl için enerji sektörünün yapısal politikasının amaçları arasında şunlar bulunmaktadır:

- Doğal gaz kullanımının verimliliğinin artırılması ve özellikle ekolojik olarak sıkıntılı bölgelerde yerli tüketim payının artırılması,
- Hidrokarbon hammaddelerinin derinlemesine işlenmesi ve kapsamlı kullanımı,
- Kömür üretim hacimlerinin güçlendirilmesinin yanı sıra kömür kalitesinin artırılması,
- Yerel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi (hidro,rüzgar enerjisi ve turba, gibi),
- Rekabetçi ve ekolojik olarak temiz enerji santrallerine dayalı olarak elektrik üretiminin geliştirilmesine öncelik verilmesi,
- Birinci nesil nükleer enerji santrallerinin güvenliği ve güvenilirliğinin artırılması (Balzer, 2005: 210-225; Woehrel, 2009).



Tablo 2.16: Rusya'nın Enerji İstatistikleri

	1980	1990	2000	2010	2015	2017	Bileşik yıllık büyüme oranı (%) (2000 ile 2017)
<b>Enerji Tüketimi [EJ] **</b>							
Toplam		34,4	27,8	32,8	32,8	35,8	1,41
Katı maddeler***		7,7	5,24	4,35	5,35	5,37	0,13
Sıvılar		9,5	7,53	10,3	11,5	12,1	2,68
Gazlar		14,5	13,2	16,8	14,7	16,9	1,38
Nükleer		0,42	0,46	0,6	0,71	0,74	2,69
Hidro		0,6	0,6	0,59	0,55	0,61	0,16
<b>Enerji Üretimi [EJ]</b>							
Toplam		48,2	40,7	50,7	53,5	56,4	1,82
Katı maddeler***		7,8	5,6	6,99	8,49	9,25	3,14
Sıvılar		16,7	13,6	21,3	22,4	22,7	2,9
Gazlar		20,9	19,7	22	21,4	23,1	1,31
Nükleer		0,42	0,46	0,6	0,71	0,74	2,69
Hidro		0,6	0,6	0,59	0,55	0,61	0,16
Genel Toplam		-14	-13	-17,7	-20,7	-20,6	2,59

\*\* Enerji tüketimi = Birincil enerji tüketimi + İkincil enerjinin net ithalatı (İthalat-İhracat).

\*\*\* Katı yakıtlar kömür, linyit gibi kaynaklar içermektedir.

Kaynak: IAEA Enerji ve Ekonomik Veri Bankası; Ülke Bilgileri.

Tablo 2.16'da tarihsel enerji verilerine genel bir bakış sunulmaktadır. Nükleer enerjinin toplam enerji tüketimindeki payı yaklaşık %2 iken, hidro enerji Rusya Federasyonu'ndaki en önemli yenilenebilir enerji kaynağı olmaya devam etmektedir. Enerji tüketiminde hidro enerjinin payı da yaklaşık %2'dir.

### 2.3.10.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış

Rusya Federasyonu'ndaki nükleer güç, diğer endüstrilerin gelişimi için bir lokomotif olarak görülmektedir. Yeni reaktör teknolojilerinin geliştirilmesi de dahil olmak üzere nükleer enerjinin rolünün büyütülmesi hedeflenmektedir. Yakıt döngüsünü kapatmayı ve hızlı reaktörleri bunun anahtarı olarak görmeyi amaçlayan bir program izlemektedirler. En önemli Rus politikalarından biri nükleer mal ve hizmet ihracatı olarak görülmektedir. Nükleer enerji santrali ihracatı, 2018 yılında ABD doları cinsinden yabancı siparişler 133 milyar dolara ulaşmıştır. İnşaatı için 20'den fazla nükleer güç reaktörü planlanmış ve onaylanmıştır (NTİ, 2018; IAEA,2018).

Tablo 2.17: Rusya'nın Nükleer Güç Tesislerinin Durumu ve Performansı

REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH	REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH
Balakovo'da -1	950	01.12.1980	23.05.1986	Leningrad 2-1	1085	25.10.2008	26.11.2018
Balakovo'da -2	950	01.08.1981	18.01.1988	Leningrad-1	925	01.03.1970	01.11.1974
Balakovo'da -3	950	01.11.1982	08.04.1989	Leningrad-2	925	01.06.1970	11.02.1976
Balakovo'da -4	950	01.04.1984	22.12.1993	Leningrad-3	925	01.12.1973	29.06.1980
Beloyarsk-3	560	01.01.1969	01.11.1981	Leningrad-4	925	01.02.1975	29.08.1981
Beloyarsk-4	820	18.07.2006	31.10.2016	Novovoronezh 2-1	1114	24.06.2008	27.02.2017
Bilibino-1	11	01.01.1970	01.04.1974	Novovoronezh 4	385	01.07.1967	24.03.1973
Bilibino-2	11	01.01.1970	01.02.1975	Novovoronezh-5	950	01.03.1974	20.02.1981
Bilibino-3	11	01.01.1970	01.02.1976	Rostov-1	950	01.09.1981	25.12.2001
Bilibino-4	11	01.01.1970	01.01.1977	Rostov-2	950	01.05.1983	10.12.2010
Kalinin-1	950	01.02.1977	12.06.1985	Rostov-3	950	15.09.2009	17.09.2015
Kalinin-2	950	01.02.1982	03.03.1987	Rostov-4	1011	16.06.2010	06.10.2018
Kalinin-3	950	01.10.1985	08.11.2005	Smolensk-1	925	01.10.1975	30.09.1983
Kalinin-4	950	01.08.1986	25.12.2012	Smolensk-2	925	01.06.1976	02.07.1985
Kola 1	411	01.05.1970	28.12.1973	Smolensk-3	925	01.05.1984	12.10.1990
Kola 2	411	01.05.1970	21.02.1975	Akademik lomonosov-1*	32	15.04.2007	31.12.2019

Kola 3	411	01.04.1977	03.12.1982	Akademik lomonosov-2*	32	15.04.2007	31.12.2019
Kola 4	411	01.08.1976	06.12.1984	Baltık-1*	1109	22.02.2012	
Kursk-1	925	01.06.1972	12.10.1977	Kursk 2-1*	1115	29.04.2018	21.09.2023
Kursk-2	925	01.01.1973	17.08.1979	Leningrad 2-2*	1085	15.04.2010	25.01.2022
Kursk-3	925	01.04.1978	30.03.1984	Novovoronezh 2-2*	1114	12.07.2009	30.12.2019
Kursk-4	925	01.05.1981	05.02.1986				

Tablo 19'da “\*\*” işareti gösterilen reaktörler yapım aşamasındadır.

Kaynak:IAEA - Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS).

Tablo 2.17, Rusya'nın nükleer santrallerinin mevcut durumunu göstermektedir. Rusya Federasyonu'nun faaliyette bulunan 37 adet nükleer güç reaktörleri bulunmaktadır ve mevcut programların genişletilmesi planlanmaktadır. Tablo 2.17'de görüleceği üzere yapım aşamasında olan 6 adet nükleer güç reaktörü bulunmaktadır

### **2.3.10.3. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi**

Rusya Federasyonu'nun endüstri personeli yetiştirmeye yönelik izlediği politikalar, personel potansiyelini korumak ve daha iyi potansiyele ulaşmak için hizmet vermeye yöneliktir. Yılda 10000 kişiye kadar eğitilebileceği düşünülen yönetim ve mühendislik personelinin ileri mesleki eğitimi için altı merkez ve enstitü bulunmaktadır. Genç personeller, 7 sanayi alanına yönelik olarak 20 yükseköğretim kurumunda, 21 teknik kolej ve profesyonel teknik okulda eğitime tabi tutulmaktadırlar. Endüstri eğitim kurumlarında eğitilmiş toplam kişi sayısı 6000'den fazladır bunlara yüksek öğretim kurumu öğrencileri de dahil edildiğinde bu sayı 18500'ün üzerine çıkmaktadır. Endüstri alanında bilimsel personelin eğitiminde, endüstri işletmeleri temelinde kurulan 30 lisansüstü okulun ve her yıl yaklaşık 500 mühendisi eğiten enstitülerin de son derece önemli bir yeri vardır. Eğitim ve prosedür kağıtları, simülatörler ve eğitim ekipmanları, Fransa, Almanya, Japonya, Suriye Arap Cumhuriyeti, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri ile uluslararası bilimsel ve mühendislik işbirliği çerçeveleri içinde geliştirilmiştir. 350'den fazla Rus mühendis yurtdışında eğitim almıştır. Endüstri alanındaki enstitülerinde yabancı öğrencilerin eğitimi gün geçtikçe artarak devam etmektedir (Katsava ve Condrey, 2005: 343-356; IAEA,2018).

### 2.3.11. Ukrayna'nın Nükleer Enerji Profili

Ukrayna'daki nükleer enerji, 1970'li yılların başında Çernobil'de ilk nükleer reaktör inşasıyla başlamış ve bu reaktör 1977 yılında faaliyete geçmiştir. Ukrayna'daki bu faaliyet Sovyetler Birliği'nin bir parçası olarak geliştirilmiştir. Teknik ve bilimsel nükleer kompleksin önemli bir kısmı (15 güç reaktörleri, uranyum cevheri madenciliği ve işleme işletmeleri, metalik zirkonyum ve hafniyum üretimi tesisleri, birkaç Ar-Ge enstitüsü) Ukrayna'da kurulmuştur (NTI, 2018).

Çernobil nükleer enerji santralinde 4. reaktör kazasından sonra, 1990 Ağustos ayında Ukrayna Sovyet Sosyalist Cumhuriyeti yeni nükleer reaktör inşası konusunda bir moratoryum kabul etmiştir. Zaporozhye nükleer enerji santrallerinin 6. ünitesindeki inşaat işleri ve Khmel'nitski ve Rovno nükleer enerji santrallerinin yapımı durdurulmuştur (Günel, 2006: 185).

SSCB'nin çöküşü ile birlikte enerji sektörünün yapısı derinden etkilenmiş ve çeşitli işletmelerin ayrılması merkezi yönetim sistemlerinin kaybına yol açmıştır. Aralık 1991'de tüm nükleer enerji işletmeleri, Ukrayna Devleti Nükleer Enerji Mühendisliği ve Endüstrisi Operasyonel Sorumluluğu'na dahil edilmiştir (02.012.1991 tarihli ve 354 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı uyarınca). Ocak 1993 yılında, Ukrayna'daki nükleer enerjinin güvenli bir şekilde işletilmesini sağlayan Devlet Yönetim Sistemi'ni oluşturmak amacıyla Ukrayna Devlet Nükleer Enerji Kullanımı Komitesi yeniden yapılandırılmıştır (IAEA, 2018).

#### 2.3.11.1. Ukrayna Enerji Politikası

Ukrayna'nın enerji politikası ve en önemli öncelikleri “2030 yılına kadar Ukrayna Enerji Stratejisi” adlı enerji stratejilerini içeren raporda belirtilmiştir. 24 Temmuz 2013 tarihinde Bakanlar Kurulunca onaylanan bu belge, aşağıdaki hedefleri içermektedir (Woehrel, 2009):

- En düşük toplam maliyetle enerji ürünleri talebinin güvenilir ve uygun bir şekilde karşılanması için şartların oluşturulması, ekonomik olarak da gerekçelendirilmesi,
- Ülkenin enerji güvenliğinin iyileştirilmesi,
- Tüketime ve enerji ürünlerinin kullanımının artırılması,

- Çevre üzerindeki insan etkilerini azaltmak ve FEC (Yakıt ve Enerji Kompleksi) endüstriyel güvenliği alanında halkın korunmasını sağlamak.

Bu hedefler ışığında, Ukrayna Enerji Stratejisi'nin temel görevleri ve uygulama alanları şunlardır:

- Yakıt ve Enerji Sektöründe etkili bir yönetim ve düzenleme sistemi oluşturulması ve enerji kaynakları pazarındaki rekabetçi ilişkilerin güçlendirilmesi,
- Enerji kaynaklarının piyasalarında ve ilgili hizmet pazarlarında kademeli liberalleşme sürecinin ve rekabetçi ilişkilerin geliştirilmesi,
- Yeni teknolojiler, ileri standartlar, izleme, kontrol ve muhasebe sistemleri, enerji ürünlerinin nakliyesi ve tüketimi, ve enerji tasarrufunu teşvik etmek için piyasaya dayalı araçların geliştirilmesi ile ekonominin enerji tüketiminde önemli bir azalma sağlanması için ön koşulların oluşturulması,
- Madencilik ekonomisine ilişkin iç enerji kaynaklarının üretimi ve üretimindeki artış ile birlikte yenilenebilir ve konvansiyonel olmayan enerji kaynaklarından elde edilen elektrik ve enerji ürünleri hacmindeki artış,
- Enerji ürünleri tedarikinin dış kaynaklarının çeşitlendirilmesi,
- Yakıt ve Enerji Kompleksi FEC'in işletmelerinin güvenilir işleyişi ve geliştirilmesi için uygun koşulların oluşturulması, üretim maliyetlerinin geri ödenmesini ve nihai tüketicilere teslim edilmesini sağlamak zorunda olan enerji ürünleri için ekonomik açıdan haklı fiyatlandırma politikasında uygun bir denge sağlamak,
- Özel yatırımları çekmek için koşulların belirlenmesi, yenilikçi teknolojiler ve en gelişmiş en iyi işletim uygulamaları,
- FEC geliştirme hedeflerinin uygulanması için ulusal yasal çerçeveye, uluslararası anlaşmalarda ve Avrupa Enerji Kanunları'nda belirtilen sayısız taahhütlere uygun yasal ve düzenleyici destekler olarak belirtilebilir (IAEA, 2018; Woehrel, 2009).

### 2.3.11.2. Nükleer Güç Reaktörleri: Genel Bakış

2014 itibariyle Ukrayna'da dört nükleer santralde çalıştırılan su soğutmalı su kontrollü reaktörlere sahip 14 güç ünitesi bulunmaktadır. Devlet İhtisas Şirketi'nin (SSE) faaliyet işlemlerini yürüttüğü Çernobil nükleer güç santralının üç güç ünitesi hizmet dışı bırakmıştır. Nükleer enerji sektöründe olağan hale gelen bu durum, bir yandan durgunluk üretmeye yönelik genel eğilimlere karşılık gelirken, diğer yandan da kendine özgü özelliklere sahiptir. Bir bütün olarak ele alındığında, nükleer güç sektörünün durumu aşağıdaki gibi karakterize edilebilir:

- Toplam enerji karışımında nükleer güç santrali elektrik üretiminin payının artması 1990 yılından 2014 yılına kadar olan dönemde %25.5'ten %48.6'ya yükselmiştir.
- Aynı dönemde toplam elektrik üretiminin % 39.0 azalması da nükleer güç durumunu karakterize eden bir diğer göstergedir.

Toplam elektrik üretiminin azaltılması, ne nükleer güç santrali kurulu gücünün azaltılmasıyla ne de operasyonel güvenilirlikte azalma ile bağlantılı değildir. Aslında, Kapasite Faktörü, 2014 yılı (%72.9) 1990 yılına göre (%62,9) artış göstermiştir. Nükleer güç santralının temel mod çalışması dikkate alındığında, belirtilen rakamlar nükleer güç santrali operasyonunun yüksek stabilitesini göstermektedir (IAEA, 2018; NTI, 2018).

Tablo 2.18: Ukrayna'nın Nükleer Santrallerin Durumu ve Performansı

REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH	REAKTÖR ÜNİTESİ	NET KAPASİTE MW(E)	İNŞAAT TARİHİ	TİCARİ TARİH
Khmelnitski-1	950	01.11.1981	13.08.1988	Güney Ukrayna-2	950	01.07.1981	06.04.1985
Khmelnitski-2	950	01.02.1985	15.12.2005	Güney Ukrayna-3	950	01.11.1984	29.12.1989
Rovno-1	381	01.08.1973	22.09.1981	Zaporozhye-1	950	01.04.1980	25.12.1985
Rovno-2	376	01.10.1973	29.07.1982	Zaporozhye-2	950	01.01.1981	15.02.1986
Rovno-3	950	01.02.1980	16.05.1987	Zaporozhye-3	950	01.04.1982	05.03.1987

Rovno-4	950	01.08.1986	06.04.2006	Zaporozhye-4	950	01.04.1983	14.04.1988
Güney Ukrayna-1	950	01.08.1976	02.12.1983	Zaporozhye-5	950	01.11.1985	27.10.1989

Kaynak: IAEA - Güç Reaktörü Bilgi Sistemi (PRIS).

Yukarıda yer alan Tablo 20 Ukrayna’da bulunan nükleer santrallerin durumunu ve performanslarını göstermektedir. Tablo 2.18’de görüldüğü üzere Ukrayna’nın 14 adet nükleer güç reaktörü bulunmaktadır. Rovno 1 ve Rovno 2 dışındaki diğer reaktörlerin net kapasitesi 950 MW(E) olarak görülmektedir. Bu farkın sebebi inşaat tarihinin en eski olması yani yapılan ilk reaktör olmalarından kaynaklanmaktadır.

### **2.3.11.3. Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetleri**

SENNEGC Energoatom, Yerel ve Yabancı Enstitüler ve uzman kuruluşların ilgili alt bölümleri tarafından nükleer tesislere faydalı mühendislik ve teknolojik destek sağlanmaktadır. Ukrayna Bilim Ar-Ge Enstitüleri, akademik kurumlar ve Ukrayna Bilim Akademisi kurumlarının yanında Çek Cumhuriyeti, Slovakya ve diğer ülkelerin organizasyonları ile birlikte mühendislik ve teknolojik destek konusunda birçok çalışmalar yürütülmektedir. SENNEGC Energoatom için, mühendislik ve teknik destek, her bir nükleer güç santral sahasında mevcut olan ilgili mühendislik alt bölümleri tarafından sağlanmakta olup, endüstriyel görevler, SENNEGC Energoatom’un Merkez Ofisi ve Ayrılmış Varlık “*Bilim ve Teknoloji Merkezi*” alt bölümleri tarafından yerine getirilmektedir. Bilim ve Teknoloji Merkezi, bölgelerdeki nükleer sanayiye bilim ve mühendislik desteği sağlamaktadır (EBRD, 2018; IAEA, 2018).

### **2.3.11.4. İnsan Kaynakları ve Personel Gelişimi**

Ukrayna’da, nükleer sektörün personel eğitimi için oluşturulan ve işleyen bir sistem bulunmaktadır. Bu sistem Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu’nun önde gelen IAEA üyesi devletlerin personel eğitiminde edindiği eğitim ve genelleştirilmiş deneyimlere yönelik önerilen sistematik yaklaşıma dayanmaktadır. Personel eğitim sistemi, güvenli tesisler için gerekli bilgi ve beceriyi kazanmak ve korumak, personelin eğitimini ve eğitmenini sağlamak için araştırma organizasyonları, işletmeler, kamu yönetimi ve yönetmelikleri ile birlikte çalışmaktadır. Ayrıca Ukrayna Düzenleyici Kurumu, nükleer güç santral personelinin lisansını yürütmektedir (IAEA, 2018).

## 2.4. LİTERATÜR TARAMASI

İktisadi büyüme ile enerji tüketimi ilişkisi bilim insanlarınca giderek önemli bir konu haline gelmektedir (Şimşek ve Aydın, 2018: 729). Literatürdeki çalışmalarda, iktisadi büyüme ile enerji tüketimi arasında birçok analiz yapılmış, ortaya çeşitli sonuçlar çıkmıştır. Bu sonuçların daha iyi anlaşılması için büyüme, koruma, yansızlık, geri bildirim (feedback) hipotezleri geliştirilmiştir (Yiğit, 2017: 39).

*Büyüme hipotezine* göre, enerji kullanımı ile iktisadi büyüme arasındaki etkileşim pozitif bir yöne sahiptir ve nedensellik enerji kullanımından iktisadi büyümeye doğrudur. Enerji kullanımında meydana gelecek bir birimlik artış veya azalış aynı şekilde iktisadi büyümede de artış veya azalışa neden olacaktır. *Koruma hipotezi*, nedenselliğin iktisadi büyümeden enerji kullanımına doğru olduğunu savunmaktadır. *Yansızlık hipotezinde* ise, ne büyümeden enerji kullanımına, ne de enerji kullanımından büyümeye bir nedensellik söz konusu değildir veya önemsenmeyecek kadar az olduğunu ileri sürmektedir. Son olarak *geri bildirim (feedback) hipotezi* ise nedenselliğin karşılıklı, yani enerji kullanımından ekonomik büyümeye ve ekonomik büyümeden de enerji kullanımına doğru olduğu yönündedir (Öztürk ve Acaravcı, 2011: 2885; Yiğit, 2017: 39).

Yoo ve Jung (2005) çalışmalarında 1977-2008 dönemi için Kore’de nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Vektör Hata Düzeltme yöntemi ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir Granger nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Başka bir ifadeyle ilgili çalışma Kore’de büyüme hipotezinin geçerli olduğunu belirtmektedir.

Yoo ve ve Ku (2009) çalışmalarında altı ülkenin çeşitli dönem aralıkları (Arjantin 1974-2005, Almanya 1971-2005, Fransa 1965-2005, İsviçre 1969-2005, Kore 1977-2005, Pakistan 1972-2005) ile nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Vektör Hata Düzeltme yöntemi ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda Kore’de nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye tek yönlü, Fransa ve Pakistan’da ekonomik büyümeden nükleer enerji kullanımına doğru tek yönlü, İsviçre’de bir Granger nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Arjantin ve Almanya’da bu nedenselliğin çok az veya söz konusu olmadığı tespit edilmiştir. Başka



bir ifade ile çalışmada Kore büyüme hipotezi, İsviçre geri bildirim hipotezi, Fransa ve Pakistan koruma hipotezi, Arjantin ve Almanya yansızlık hipotezi desteklenmektedir.

Wolde Rufael (2010) çalışmasında 1969-2006 dönemi için Hindistan'da nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Granger Nedensellik Testi (Toda Yamamoto versiyonu) ile araştırmıştır. Analiz sonucunda nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir Granger nedensellik tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile çalışmada büyüme hipotezi desteklenmektedir.

Wolde Rufael ve Menyah (2010) çalışmalarında 1971-2005 dönemi için ABD, Birleşik Krallık, Kanada, Fransa, Hollanda, Japonya, İspanya, İsveç, İsviçre'de nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Granger Nedensellik Testi (Toda Yamamoto versiyonu) ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda Japonya, Hollanda, İsviçre'de nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü, Kanada ve İsveç'te ekonomik büyümeden nükleer enerji kullanımına doğru tek yönlü, ABD, Birleşik Krallık, Fransa, İspanya'da hem nükleer enerji kullanımdan ekonomik büyümeye hem de ekonomik büyümeden nükleer enerjiye doğru çift yönlü bir granger nedensellik tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada Japonya, Hollanda, İsviçre büyüme hipotezi, Kanada ve İsveç koruma hipotezi, ABD, Birleşik Krallık, Fransa, İspanya geri bildirim hipotezi desteklenmektedir.

Menyah ve Wolde Rufael (2010) çalışmalarında 1960-2006 dönemi için ABD'de nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Granger Nedensellik Testi (Toda Yamamoto versiyonu) ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda hem nükleer enerji kullanımdan ekonomik büyümeye hem de ekonomik büyümeden nükleer enerjiye doğru çift yönlü bir Granger Nedensellik tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada geri bildirim hipotezi desteklenmektedir.

Lee ve Chiu (2011b) çalışmalarında 1971-2006 dönemi için ABD, Birleşik krallık, Kanada, Fransa, Japonya'da nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Panel Eşbütünleşme yöntemi ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda uzun dönemde ekonomik büyümeden nükleer enerji kullanımına doğru tek yönlü olduğu, kısa dönemde nedenselliğin çok az veya söz konusu olmadığı tespit

edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada uzun dönemde koruma hipotezi, kısa dönemde yansızlık hipotezi desteklenmektedir.

Heo ve diğerleri (2011) çalışmalarında 1969-2006 dönemi için Hindistan'da nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Granger Nedensellik Testi ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir Granger Nedensellik tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada büyüme hipotezi desteklenmektedir.

Wolde-Rufael (2012) çalışmasında 1977-2007 dönemi için Tayvan'da nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Granger Nedensellik Testi (Toda Yamamoto versiyonu) ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda nedenselliğin çok az veya söz konusu olmadığı tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada yansızlık hipotezi desteklenmektedir.

Aslan ile Çam (2013) çalışmalarında 1985-2009 dönemi için İsrail'de nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Nedensellik Testi ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir Granger Nedensellik tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada büyüme hipotezi desteklenmektedir.

Mbarek ve diğerleri (2015) çalışmalarında 2001-2012 dönemi için Fransa'da nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Granger Nedensellik Testi ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir Granger Nedensellik tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada büyüme hipotezi desteklenmektedir.

Mbarek ve diğerleri (2017) çalışmalarında 2001-2012 dönemi için Fransa'da nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Granger Nedensellik Testi ve VECM yöntemi ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda hem nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye hem de ekonomik büyümeden nükleer enerjiye doğru çift yönlü bir Granger Nedensellik tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada geri bildirim hipotezi desteklenmektedir.

Apergis ile Payne (2010) çalışmalarında 1980-2005 dönemi için ABD, Almanya, Belçika, Birleşik Krallık, Bulgaristan, Finlandiya, Fransa, Güney Kore, Hindistan, Hollanda, İspanya, İsveç, İsviçre, Japonya, Kanada, Pakistan'da nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Panel Vektör Hata Düzeltme ve Panel Nedensellik metodları ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda kısa dönemde nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü, uzun dönemde hem nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye hem de ekonomik büyümeden nükleer enerjiye doğru çift yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada kısa dönemde büyüme hipotezi, uzun dönemde geri bildirim hipotezini desteklenmektedir.

Apergis ve diğerleri (2010) çalışmalarında 1984-2007 dönemi için ABD, Arjantin, Belçika, Brezilya, Bulgaristan, Birleşik Krallık Finlandiya, Fransa, Güney Afrika, Güney Kore, Hindistan, Hollanda, İspanya, İsveç, İsviçre, Japonya, Kanada, Macaristan, Pakistan'da nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Vektör Hata Düzeltme metodu ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda kısa dönemde nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü, uzun dönemde hem nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye hem de ekonomik büyümeden nükleer enerjiye doğru çift yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada kısa dönemde büyüme hipotezi, uzun dönemde geri bildirim hipotezini desteklenmektedir.

Lee ve Chiu (2011a) çalışmalarında 1965-2008 dönemi için ABD, Almanya, Birleşik Krallık, Kanada, Fransa, Japonya'da nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Granger Nedensellik (Toda-Yamamoto Versiyonu) metodu ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda Japonya'da ekonomik büyümeden nükleer enerji kullanımına doğru tek yönlü, Kanada, Almanya ve Birleşik Krallık'ta hem nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye hem de ekonomik büyümeden nükleer enerjiye doğru çift yönlü, Fransa ve ABD'de nedenselliğin çok az veya söz konusu olmadığı tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada Japonya koruma hipotezi, Kanada, Almanya ve Birleşik Krallık geri bildirim hipotezi, Fransa ve ABD yansızlık hipotezi desteklenmektedir.

Nazlıoğlu ve diğerleri (2011) alışmalarında 1980-2007 dönemi için ABD, Almanya, Birleşik Krallık, Belçika, Kanada, Finlandiya, Fransa, Hollanda, Japonya, Kore, Macaristan, İşpanya, İsveç, İşvire’de nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Panel Granger Nedensellik ve Granger Nedensellik (Toda-Yamamoto Versiyonu) metodları ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda Macaristan’da nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü, Birleşik Krallık ve İşpanya’da ekonomik büyümeden nükleer enerji kullanımına doğru tek yönlü, diğer ülkelerde nedenselliğin çok az veya söz konusu olmadığı tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada Macaristan büyüme hipotezi, Birleşik Krallık ve İşpanya koruma hipotezi ve diğer ülkeler yansızlık hipotezi desteklenmektedir.

Chu ve Chang (2012) alışmalarında 1971-2010 dönemi için ABD, Almanya, Birleşik Krallık, Kanada, Fransa, Japonya’da nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi nykleme Paneli ve Granger Nedensellik metodları ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda ABD, Birleşik Krallık, Japonya’da nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu, Kanada, Fransa, Almanya’da nükleer enerji kullanımı ile ekonomik büyüme nedenselliğin çok az veya söz konusu olmadığı tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada ABD, Birleşik Krallık, Japonya büyüme hipotezini, Kanada, Fransa, Almanya ise tarafsızlık hipotezini desteklenmektedir.

Omri ve Chaibi (2014) alışmalarında 1990-2011 dönemi için ABD, Arjantin, Belçika, Birleşik Krallık, Brezilya, Bulgaristan, Kanada, Finlandiya, Fransa, Macaristan, Hindistan, Japonya, Hollanda, Pakistan, İşpanya, İsveç, nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Dinamik Eşanlı Denklem Panel Veri metodunu ile araştırmışlardır. Belçika ve İşpanya’da nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu, Bulgaristan, Kanada, Hollanda, İsveç’te ekonomik büyümeden nükleer enerji kullanımına doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğu, Arjantin, Brezilya, Fransa, Pakistan, ABD’de nükleer enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedenselliğin olduğu ve Finlandiya, Macaristan, Hindistan, Japonya, İşvire, Birleşik Krallık’ta nedenselliğin çok az veya söz konusu olmadığı tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada Belçika ve İşpanya büyüme hipotezi, Bulgaristan, Kanada, Hollanda, İsveç koruma hipotezi,

Arjantin, Brezilya, Fransa, Pakistan, ABD geri bildirim hipotezi ve Finlandiya, Macaristan, Hindistan, Japonya, İsviçre, Birleşik Krallık tarafsızlık hipotezi desteklenmektedir.

Chang ve diğerleri (2014) çalışmalarında 1971-2011 dönemi için ABD, Almanya, Birleşik Krallık, Kanada, Fransa, Japonya'da nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Granger Nedensellik Testi ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda Almanya'da nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu, Birleşik Krallık'ta nükleer enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedenselliğin olduğu, Kanada, Fransa, ABD, Japonya'da nedenselliğin çok az veya söz konusu olmadığı tespit edilmiştir. Başka bir ifade ile çalışmada Almanya büyüme hipotezi, Birleşik Krallık geri bildirim hipotezi ve Kanada, Fransa, ABD, Japonya tarafsızlık hipotezi desteklenmektedir.

Omri ve diğerleri (2015) çalışmada 1990-2011 dönemi için ABD, Arjantin, Belçika, Birleşik Krallık, Brezilya, Bulgaristan, Kanada, Finlandiya, Fransa, Macaristan, Hindistan, Japonya, Hollanda, Pakistan, İspanya, İsveç, İsviçre nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Dinamik Eşanlı Denklem Panel Veri metodu ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda Belçika ve İspanya'da nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik olduğu, Bulgaristan, Kanada, Hollanda, İsveç'te ekonomik büyümeden nükleer enerji kullanımına doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğu, Arjantin, Brezilya, Fransa, Pakistan, ABD'de nükleer enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedenselliğin olduğu, Finlandiya, Macaristan, Hindistan, Japonya, İsviçre, Birleşik Krallık'ta az veya herhangi bir nedensellik olmadığı tespit edilmiştir. Belçika ve İspanya büyüme hipotezini, Bulgaristan, Kanada, Hollanda, İsveç koruma hipotezini, Arjantin, Brezilya, Fransa, Pakistan, ABD geri bildirim hipotezini, Finlandiya, Macaristan, Hindistan, Japonya, İsviçre, Birleşik Krallık tarafsızlık hipotezini desteklemektedir.

Saidi ve Mbarek (2016) çalışmalarında 1990-2013 dönemi için ABD, Birleşik Krallık, Kanada, Fransa, Japonya, Hollanda, İspanya, İsviçre, İsveç'te nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Panel Eşbütünleme Testi ve

Granger Nedesellik Testi metodları ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda nükleer enerji tüketimi söz konusu örneklem dönemi ve seçilen ülkeler açısından GSYH'yı olumlu etkilemediği sonucuna ulaşmışlardır. Çalışmada tarafsızlık hipotezi desteklenmiştir.

Ozcan ve Arı (2016) alışmalarında 1980-2012 dönemi için Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği rgt yesi 13 ülkede nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Panel Eşbütünleme Testi metodu ile araştırmışlardır.. Analiz sonucunda nükleer enerji kullanımı ile ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedenselliğin olduğu tespit edilmiştir. Çalışma geri bildirim hipotezini desteklemektedir.

şimşek ve Aydın (2018) alışmalarında 1997-2016 dönemi için gelişmiş ülkelerde nükleer enerji kullanımı ve ekonomik büyüme arasındaki etkileşimi Panel Veri Analizi metodu ile araştırmışlardır. Analiz sonucunda nükleer enerji kullanımının ekonomik büyümeye olumlu yönde etkilediği ve nükleer enerji kullanımından ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik tespit edilmiştir. Çalışma büyüme hipotezini desteklemektedir.

## **BÖLÜM 3**

### **NÜKLEER ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK PERFORMANS ARASINDAKİ İLİŞKİNİN EKONOMETRİK ANALİZİ**

Bu bölümde gelişmiş ülkelerde nükleer enerji tüketimi ile ekonomik performans arasındaki ilişki panel veri yöntemiyle analiz edilmeye çalışılacaktır. Öncelikle yönteme yönelik teorik bilgiler verildikten sonra, analiz sonucunda elde edilen bulgulara yer verilerek ekonomide karar vericilere tavsiye niteliğinde politika önerilerinde bulunulacaktır.

#### **3.1. PANEL BİRİM KÖK TESTİ**

Panel veri analizleri hem birim etkiyi hem de zaman etkisini analize dahil edebildiği için son dönemlerde literatürde yer alan çalışmalarda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Zaman etkisinin de panel verilerde incelenmesi, panel veriyi oluşturan sürecin durağan olup olmadığına bakılmasının gerekliliğini göstermektedir. Panel veri analizlerinde durağanlık sürecini tespit edebilmek amacıyla farklı özellikleri içeren

panel birim kök testleri geliştirilmiştir. Birim kök testlerinin teorik açıdan incelenmesine geçmeden önce durağanlık kavramı hakkında bilgi vermek faydalı olacaktır.

Ortalaması ve varyansı zamandan bağımsız iken kovaryansı zamanlar arası farka bağlı olan zaman serilerine durağan denilmektedir (Gujarati, 1999: 713). Bu ifadenin formüller ile gösterilmiş hali denklem (1), (2) ve (3)'te yer almaktadır:

$$E(Y_t) = \mu \quad (1)$$

$$var(Y_t) = \sigma^2 \quad (2)$$

$$cov(Y_t, Y_{t+s}) = cov(Y_t, Y_{t-s}) = Y_s \quad (3)$$

Bu üç özelliği içerisinde barındıran zaman serileri zayıf durağan veya kovaryans durağan olarak adlandırılırken; bu özelliklere ilave olarak seri normal dağılım da gösteriyor ise o zaman güçlü durağan olarak seri tanımlanır (Güriş, 2015: 203).

Panel birim kök testleri, hipotezlerinin kuruluşu ve test istatistiklerinin hesaplanması açısından Dickey Fuller (1979) ve Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) testlerinden türetilmişlerdir. Panel birim kök testlerinin, zaman serisi birim kök testlerinden ayrıştığı konuların başında panel serilerin asimptotik davranış sergileyebilme ihtimalleri gelir. Panel serilerde birimler arasında ilişki olduğu zaman testlerin asimptotik özellikleri de bu ilişkiden dolayı etkilenebilecektir. Bundan dolayı birimler arasında korelasyonun olmadığı varsayımı ile gerçekleştirilen testlere birinci nesil; birimler arasında korelasyonun olmasını göz önünde bulundurarak durağanlık testi yapan birim kök testlerine de ikinci nesil birim kök testleri adı verilir (Güriş, 2015: 204). Çalışmada hangi birim kök testlerinin kullanılacağına birimler arasındaki kesitsel bağlılığın olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılan Pesaran CD testi sonuçlarına bakılarak karar verilecektir. Bu testte yer alan hipotezlere denklem (4) ve denklem (5)'de yer verilmektedir:

$$H_0 = cor(u_{it}, u_{jt}) = 0 \quad i \neq j \quad \text{Birimler arasında bağıllık yoktur.} \quad (4)$$

$$H_1 = cor(u_{it}, u_{jt}) \neq 0 \quad i \neq j \quad \text{Birimler arasında bağıllık vardır.} \quad (5)$$

### 3.2. PANEL EŞBÜTÜNLEŞME TESTLERİ

Zaman serisi analizinde değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiyi belirlemek amacıyla geliştirilen eşbütünleşme yaklaşımı, panel veri analizinde de aynı isimle adlandırılır. Çalışmada eşbütünleşme testi olarak Westerlund Panel Eşbütünleşme testi kullanılacaktır. Bu yüzden bu testin teorik altyapısının açıklanması okuyucu açısından faydalı olacaktır.

#### 3.2.1. Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi

Westerlund 2007 yılındaki çalışmasında panel veri analizinde eşbütünleşmenin olup olmadığını denemek için, hata düzeltme modeli temelli 4 istatistiğe dayanan panel eşbütünleşme testi geliştirmiştir. Bu testlerin tabanında, her bir birimin kendi hata düzeltmesine sahip olup olmadığına karar verilmesiyle eşbütünleşmenin varlığını denemek vardır. Örneğin denklem (6)'da bulunan regresyon incelendiğinde;

$$\Delta Y_{it} = \delta'_i d_t + \lambda'_i \Delta X_{it} + \gamma_i Y_{it-1} + \varphi_i X_{it-1} + e_{it} \quad (6)$$

bu regresyonda  $d_t$ , deterministik öğeler (sabit ve trend) vektörüdür,  $\lambda_i$  uzun dönem,  $\gamma_i$  ve  $\varphi_i$  kısa dönem parametreleridir. Üç durum ele alınabilmektedir;

1.  $d_t = \{\emptyset\}$
2.  $d_t = 1$
3.  $d_t = (1, t)$

Pedroni testinde olduğu gibi, otoregresif parametre ( $\rho$ ) iki şekilde değerlendirilmektedir. Birinci tür istatistiklerde her bir panel için veya tüm panel için "Panel varyans oranı istatistikleri" adı verilmektedir. İkinci tür istatistiklerde ise, tüm birimler için otoregresif parametre sabittir ( $\rho_i = \rho$ ); "grup ortalaması varyans oranı istatistikleri" ismini almıştır ve  $\rho$  birimden birime değişiklik göstermektedir.

$P_a$  ve  $P_t$  test istatistikleri tüm panele ait bilgiler ile hesaplamaktadır. Hipotezler:

$H_0: \rho_i = 0$  (tüm  $i$ 'ler için)

$H_0: \rho_i < 0$  (tüm  $i$ 'ler için)

olarak oluşturulduktan sonra istatistikler:



1.  $\rho_a$  istatistiği:  $\rho_a = (\sum_{i=1}^N L_{i11})^{-1} \sum_{i=1}^N L_{i12}$
2.  $\rho_t$  istatistiği:  $\rho_t = \hat{\sigma}^{-1} (\sum_{i=1}^N L_{i11})^{-1/2} \sum_{i=1}^N L_{i12}$

şeklinde hesaplanmaktadır.

Grup ortalama istatistikleri  $G_a$  ve  $G_t$  'nin elde edilmesine, her birim için tahmin edilen  $\rho_i$ 'ler ve  $\rho_t$ 'lerin t oranlarının ağırlıklı ortalaması hesaplanarak başlanmaktadır. Hipotezler,

$$H_0: \gamma_i = 0 \text{ (tüm } i\text{'ler için)}$$

$$H_0: \gamma_i < 0 \text{ (en az bir } i \text{ için)}$$

olarak oluşturulduktan sonra istatistikler;

3.  $G_a$  istatistiği:  $G_a = \sum_{i=1}^N L_{i11}^2 L_{i12}$
4.  $G_t$  istatistiği:  $G_t = \sum_{i=1}^N \hat{\sigma}_i^{-1} L_{i11}^{-1/2} L_{i12}$

gibi hesaplanmaktadır.

Her iki grup testte de,  $H_0$  hipotezinin reddedilmesi, panelin tümü için eş bütünlüşme ilişkisinin reddi anlamına gelmektedir.

### 3.2.2. Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi, Ortalama Grup Tahmincisi ve Dinamik Sabit Etkiler Tahmincisi

Panel eşbütünlüşme testi sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli ilişki tespit edilmiş ise, uzun ve kısa dönemli ilişkiler literatürde yer alan çeşitli yöntemlerle tahmin edilebilmektedir. Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) ve Panel Dinamik En Küçük Kareler (PDOLS) yöntemleri sadece uzun dönem parametrelerini tahmin etmektedir. Oysa Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi (PMGE), Ortalama Grup Tahmincisi (MGE) ve Dinamik Sabit Etkiler (DFE) yöntemleri hem kısa dönem hem de uzun dönem parametre tahmininde bulunmaktadır. Bu yüzden çalışmada eşbütünlüşme çıkması halinde PMGE, MGE ve DFE yöntemleri kullanılarak tahmin sonuçları elde edilecek sonrasında ise Hausman Testi ile bu üç yöntem arasında hangisinin tercih edileceğine karar verilecektir.

### 3.3. VERİ SETİ VE EKONOMETRİK MODEL

Çalışmada nükleer enerjiyi dünyada en çok tüketen 11 ülke analize dahil edilmiştir. Bu ülkeler Almanya, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Birleşik Krallık, Çin, Fransa, Güney Kore, Hindistan, Japonya, Kanada, Rusya ve Ukrayna'dır. Bu ülkelerdeki nükleer enerji tüketimi ile ekonomik performans arasında uzun veya kısa dönemli bir ilişkinin olup olmadığı Stata 15 programı kullanılarak analiz edilecektir. Ekonomik performans göstergesi olarak literatürde yer alan Odularu ve Okonkwu (2009), Mucuk ve Demirsel (2009) ve Arslan (2011) gibi çalışmalar örnek alınarak reel gayrisafi yurtiçi hasıla (RGSYH) göstergesi Dünya Bankası Ekonomi Kalkınma Göstergeleri veri tabanından temin edilerek alınmıştır. Nükleer Enerji Tüketimi (NE) verisi ise British Petroleum (BP) tarafından Dünya enerjisinin istatistiksel incelenmesine yönelik hazırlanan raporlardan milyon ton petrol eşdeğer birimi olarak derlenmiştir. 1997-2017 arasındaki dönem ele alınmış ve daha güvenilir sonuçlar elde edebilmek için yıllık olarak derlenen veriler normalleştirilerek analize dahil edilmiştir. Ekonometrik analizde kullanılan model denklem (7)'de gösterilmiştir:

$$RGSYH_{it} = \alpha_i + \delta_{it} + \beta_{1i}NE_{it} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

Denklem (7)'deki  $i=1, \dots, N$  panel veri analizindeki her bir ülkeyi;  $t=1, \dots, T$  ise zamana ait dönemi göstermektedir.  $\alpha$  ülkeye özgü sabit etkilerin olasılığını,  $\delta$  deterministik eğilimleri ve  $\varepsilon$  parametresi de uzun dönem ilişkiden sapmaları ifade eden tahmini kalıntıları göstermektedir.

### 3.4. EKONOMETRİK YÖNTEM VE BULGULAR

Panel veri analizinde daha sağlıklı sonuçlara ulaşabilmek için değişkenler arasında yatay kesit bağımlılığının araştırılması gerekir. Yatay kesit boyutunun (N) küçük, zaman boyutunun (T) büyük olduğu panel modellerinde kesitler arasında korelasyonların olabileceği Pesaran (2004) tarafından vurgulanmaktadır. Çalışmada da  $N=11$   $T=20$  ya da  $N < T$  olması münasebetiyle yatay kesit bağımlılığına ve homojenliğe bakılması gerekmektedir. Yatay kesit bağımlılığının dikkate alınmaması durumunda yanıltıcı ve tutarsız sonuçlar elde edilebilir (Chudik ve Pesaran, 2013).

Tablo 3.1: Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

Test Adı	Test Değeri	Olasılık Değeri / Kritik Değer
----------	-------------	--------------------------------

<i>Pesaran CD<sub>LM</sub></i>	28.199	p=0.0000
<i>Friedman R</i>	50.543	p=0.0000
<i>Frees Q</i>	0.2760	Frees Q Dağılımına göre kritik değerler $\alpha = 0.10 : 0.1294$ $\alpha = 0.05 : 0.1695$ $\alpha = 0.01 : 0.2468$
<i>Breusch Pagan LM</i>	190.595	p=0.0000

Tablo 3.1’de yer alan yatay kesit bağımlılığı test sonuçları incelendiğinde birimler arasında bağıllık yoktur sıfır hipotezi kabul edilmez. Başka bir ifadeyle Pesaran CD<sub>LM</sub>, Friedman R, Frees Q ve Breusch Pagan LM testi sonuçlarına göre birimler arasında bağıllık tespit edilmiştir. Bu durumda Pesaran Panel Birim Kök Testi heterojen otoregresif katsayılar için kullanılması önerilir (Apergis ve Payne, 2010: 546). İkinci nesil birim kök testi olan Pesaran Panel Birim Kök Testi veya Yatay Kesit Genelleştirilmiş Dickey Fuller Testi (CADF) sonuçlarına Tablo 3.2’de yer verilmiştir.

Tablo 3.2: Pesaran Panel Birim Kök Testi Sonuçları

	<i>Değişkenler</i>		CADF		<i>Değişkenler</i>	
<i>Düzyey</i>	<i>Sabit</i>	RGSYH	3.20567 (0.9993)	<i>Birinci Farklar</i>	RGSYH	-5.18000*** (0.000)
		NE	0.15203 (0.5604)		NE	-5.51789*** (0.000)
	<i>Sabit+Trend</i>	RGSYH	-0.49604 (0.3099)		RGSYH	-4.95863*** (0.000)
		NE	-0.00680 (0.4973)		NE	-4.72192*** (0.000)

t-bar değerlerinin altında, parantez içerisinde gösterilen değerler olasılık değerini ifade etmektedir.

\*\*\*, \*\* ve \* sırasıyla %1, %5 ve %10 anlam düzeyini göstermektedir.

Pesaran CADF birim kök testi sonucuna göre RGSYH ve NE değişkenleri düzey seviyede durağan değil iken değişkenlerin birinci derece farkları alındığında %1 anlam

düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı çıkarak durağanlaştıkları görülmektedir. Bu yüzden ekonometrik analize bu değişkenlerin birinci farkları alınarak devam edilecektir.

Ekonometrik analizlerde sistemi etkileyen kalıcı şoklar olmasına rağmen, değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin olup olmadığının sınanması testin gücünü artıracaktır. Bu amaçla Westerlund Panel Eşbütünleşme testi yapılacaktır. Bu test dört istatistik üzerine kurulu olması ve dolayısıyla esnek bir yapı içermesi; hata düzeltme modelinin uzun ve kısa dönem parametrelerinde heterojenliğe izin vermesi ve birimler arasında korelasyon olması durumunda dirençli kritik değerler özçıkırım sonucu vermesi gibi üstünlüklere sahip olduğu için çalışmada bu eşbütünleşme testi tercih edilmiştir (Tatoğlu, 2012: 240). Tablo 3.3'te Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi sonuçlarına yer verilmiştir.

Tablo 3.3: Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları

İstatistik	Değer	Z-Değeri	p- Değeri
$G_t$	-3.812	-7.532	0.000
$G_a$	-16.351	-5.600	0.000
$P_t$	-13.834	-8.828	0.000
$P_a$	-21.676	-12.520	0.000

Akaike bilgi kriterine göre gecikme uzunluğu 1; öncül uzunluk (0-1 aralığında) 0.09 olarak program tarafından belirlenmiştir.

Tablo 3.3'te yer alan  $G_t$ ,  $G_a$ ,  $P_t$  ve  $P_a$  test istatistik değerleri, z değerleri ve olasılık değerleri sonuçlarına göre “eşbütünleşme yoktur” şeklindeki  $H_0$  hipotezi reddedilmektedir. Olasılık (p) değerlerinin 0.05'den küçük olması Reel Gayri Safi Yurtiçi Hasıla ile Nükleer Enerji Tüketimi değişkenleri arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisi olduğunu göstermektedir.

Westerlund Panel Eşbütünleşme sonucunda ilgili değişkenler arasında uzun dönemli ilişki tespit edildiği için artık uzun ve kısa dönemli ilişkiler, literatürde yer alan farklı yöntemlerle ortaya konulabilir. Daha öncede belirtildiği üzere Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi (PMGE), Ortalama Grup Tahmincisi (MGE) ve Dinamik Sabit Etkiler (DFE) yöntemleri hem kısa dönem hem de uzun dönem parametre tahmininde kullanılabilir. Çalışmada bu yöntemlerin tahmin sonuçlarına yer

verilerek hangisinin tercih edilmesi gerektiğine yönelik gerçekleştirilecek testlerle nihai tahmin yöntemine karar verilecektir. Tablo 3.4, Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi (PMGE) sonuçlarını vermektedir.

Tablo 3.4: Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi Sonuçları

D.RGDP	Katsayı	Standart Hata	z	p> z	[% 95 Güven Aralığı]	
ec NE	0.2986275	0.1205924	2.47	0.013	0.0622708	0.5349842
SR ec	-0.1784912	0.0543061	-3.28	0.005	-0.0496416	0.3515248
NE	0.0243715	0.0271847	0.89	0.370	-0.0289095	0.0776524
D1.						
Sabit Terim	0.1536479	0.0096794	15.87	0.000	0.1346766	0.1726193

Log-olabilirlik değeri= 151.4888 olarak program tarafından hesaplanmıştır.

Tablo 3.4'te yer alan sonuçlara göre hata düzeltme parametresi -0.178 olarak bulunmuştur. Görüldüğü üzere negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu için iki değişken arasında uzun dönemli bir ilişkinin olduğu söylenebilir. Bu hata düzeltme parametresi, serilerin durağan olmaması halinde meydana gelen kısa dönem sapmaların bir sonraki dönemde dengeye gelme hızını ifade etmektedir. Bu açıklamaya göre, bir dönemde oluşan dengesizliklerin yaklaşık %18'i bir sonraki dönemde düzelecek ve uzun dönemde dengeye yaklaşması sağlanacaktır. Bunun yanında nükleer enerji tüketiminin uzun dönem parametresi pozitif bir değer olan 0.29 bulunmuş ve istatistiksel olarak %5 anlam düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Ancak kısa dönem parametresi 0.02 bulunmuş ve istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır. Böylelikle Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi yöntemine göre nükleer enerji tüketimi kısa dönemde ekonomik performans üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkiye sahip değildir. Uzun dönemde ise nükleer enerji tüketiminde yaşanan %1'lik bir artış, ekonomik performans üzerinde yaklaşık % 0.3 (0.298) oranında bir artışa yol açmaktadır.

Nükleer enerji tüketimi ve ekonomik performans arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkileri tahmin etmek için kullanılabilir bir diğer yöntem Ortalama Grup Tahmincisi (MGE) yöntemidir. Bu yöntemle ait tahmin sonuçları Tablo 3.5'te gösterilmektedir.

Tablo 3.5: Ortalama Grup Tahmincisi Sonuçları

D.RGDP	Katsayı	Standart Hata	z	p> z	[% 95 Güven Aralığı]	
ec NE	0.2063145	0.3539581	0.58	0.560	-0.4874306	0.9000596
SR ec	-0.1031454	0.0653936	-1.57	0.115	-0.2313145	0.0250237
NE	-0.0086361	0.0353788	-0.24	0.807	-0.0779772	0.060705
D1. Sabit Terim	0.1324688	0.0191305	6.92	0.000	0.0949737	0.1699639

Tablo 3.5'teki sonuçlar incelendiğinde hata düzeltme parametresinin negatif çıktığı (-0.103) ancak istatistiksel olarak anlamlı olmadığı ( $p=0.115$ ) görülmektedir. Bu durum Ortalama Grup Tahmincisi yöntemine göre nükleer enerji tüketimi ve ekonomik performans arasında uzun dönemli bir ilişkinin olmadığı sonucunu ortaya koymaktadır. Dikkat edileceği üzere nükleer enerji tüketimi değişkeninin kısa ve uzun dönem parametreleri istatistiksel olarak anlamsız çıkmaktadır.

Nükleer enerji tüketimi ve ekonomik performans arasındaki kısa ve uzun dönem ilişkileri belirleyebilmek için kullanılabilir literatürdeki bir diğer yöntem ise Dinamik Sabit Etkiler Tahmincisi (DFE) yöntemidir. Bu yöntemle ait tahmin sonuçları da Tablo 26'da gösterilmektedir.

Tablo 3.6: Dinamik Sabit Etkiler Tahmincisi Sonuçları

D.RGDP	Katsayı	Standart Hata	z	p> z	[% 95 Güven Aralığı]
--------	---------	---------------	---	------	----------------------

ec	NE	0.232194	0.0785642	2.95	0.034	0.1874306	0.3742596
SR	ec	-0.028239	0.0166399	-1.70	0.090	-0.0608527	0.0043747
	NE	0.0721499	0.03288	2.19	0.028	0.0077062	0.1365936
	D1.						
	Sabit Terim	0.1698702	0.0176328	9.63	0.000	0.1353106	0.2044299

Tablo 3.6’da yer alan Dinamik Sabit Etkiler Tahmincisi sonuçlarına göre hata düzeltme parametresi negatif (-0.0282) ve istatistiksel olarak %10 anlam düzeyinde anlamlıdır. Bu da nükleer enerji tüketimi ve ekonomik performans değişkenleri arasında uzun dönemli bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu bilgiler ışığında bir dönemde oluşan dengesizliklerin yaklaşık % 2.8’i bir sonraki dönemde düzelme gösterecek ve uzun dönem dengesine doğru yaklaşacaktır. Bunun yanında nükleer enerji tüketiminin kısa ve uzun dönem parametreleri %5 anlam düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif işaretlidir. Uzun dönemde nükleer enerji tüketimindeki %1’lik artış, ekonomik performansı %0.23 oranında artırmaktadır.

Havuzlanmış Ortalama Grup (PMG), Ortalama Grup (MG) ve Dinamik Sabit Etkiler (DFE) tahmincilerine ait sonuçlar elde edildikten sonra hangi tahmincinin seçileceğine yönelik olarak ilgili literatürde sıklıkla kullanılan Hausman Testi’ne başvurulacaktır. Hausman testi MG ile PMG tahmincileri arasında ve MG ile DFE tahmincileri arasında seçim yapılmasına olanak sağlayacaktır. Havuzlanmış Ortalama Grup ve Dinamik Sabit Etkiler tahmincisinde uzun dönem parametresi bütün birimler için sabit ya da başka bir ifade ile homojen iken; Ortalama Grup Tahmincisinde bütün birimler için değişmekte yani heterojen olmaktadır. Bundan dolayı uzun dönem homojenliği sınamak için başvuru olan Hausman testi sonuçlarına Tablo 3.7’de yer verilmektedir.

Tablo 3.7: Hausman Test Sonuçları

Tahminciler	Ki-Kare Değeri	Olasılık (p) Değeri
-------------	----------------	---------------------

MG, PMG	0.050	0.8267
MG, DFE	0.000	0.9922

Tablo 3.7’de yer alan Hausman Testi sonuçlarına bakıldığında ilk olarak MG ve PMG tahminicileri arasında uygulanan testte  $H_0$  hipotezi reddedilememiş ve Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisinin daha etkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonrasında MG ve DFE tahminicileri arasında yapılan Hausman testinde de yine benzer şekilde  $H_0$  hipotezi kabul edilmiş ve Dinamik Sabit Etkiler tahmincisinin Ortalama Grup tahminine göre daha etkin olduğu tespit edilmiştir. Başka bir ifadeyle olasılık değerlerinin 0.05’den büyük olması MG tahmincisine karşı PMG ve DFE tahmincilerinin kullanılması gerektiği sonucunu vermektedir. Böylelikle uzun dönem parametrelerinin birimden birime değişmediği yani homojen olduğu sonucuna ulaşılır.

Yapılan ekonometrik analizde Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi ve Dinamik Sabit Etkiler Tahmincisi ile elde edilen sonuçlar kullanılabilir. Çalışmada hata düzeltme parametresi %1 anlam düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı çıkan ve birimler bazında da tahminci sonuçları elde edilebilen Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi ön planda tutulacaktır. Birimler için Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisine ait sonuçlar Tablo 3.8’de yer verilmiştir.

Tablo 3.8: Ülkeler için Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi Sonuçları

D.RGDP	Katsayı	Standart Hata	z	p> z	[% 95 Güven Aralığı]	
ec NE	0.2986275	0.1205924	2.48	0.013	0.0622708	0.5349842
ABD ec	-0.1233472	0.0403451	3.05	0.011	-0.2824222	0.0757279
NE	0.1125677	0.0749468	1.50	0.133	-0.0343253	0.2594607
D1. Sabit Terim	-3.424104	1.353839	-2.53	0.011	-6.077580	-0.7706275



B.Britanya ec	-0.127799	0.0539982	-2.37	0.018	-0.2336344	-0.0219654	
	NE	0.0329399	0.025078	1.31	0.189	0.082092	0.0162121
	D1. Sabit Terim	0.1618334	0.0293684	5.51	0.000	0.1042723	0.2193945
Almanya ec	-0.4906323	0.2964676	-1.65	0.098	-1.071698	0.0904335	
	NE	-0.0004729	0.1993593	-0.00	0.998	-0.39121	0.3902642
	D1. Sabit Terim	0.1754902	0.0643081	2.73	0.006	0.0494486	0.3015317
Japonya ec	-0.0099106	0.0737634	-0.13	0.893	-0.1544843	0.1346631	
	NE	-0.0643139	0.2291759	-0.28	0.779	-0.5134903	0.3848626
	D1. Sabit Terim	0.1475682	0.0883479	1.67	0.095	-0.0255905	0.3207269
Kanada ec	-0.3619517	0.2135503	-1.69	0.090	-0.7805027	0.0565993	
	NE	0.0663307	0.0448015	1.48	0.139	-0.021478	0.15414
	D1. Sabit Terim	0.1662114	0.0236662	7.02	0.00	0.1198265	0.2125963
Rusya ec	-0.051310	0.01567099	-3.27	0.001	-0.08202549	-0.0205963	
	NE	0.078239	0.1997195	0.39	0.695	-0.313204	0.469682
	D1. Sabit Terim	0.1092108	0.0509598	2.14	0.032	0.0093315	0.2090902

G.Kore ec	-0.1737212	0.051217	-3.39	0.001	-0.2741048	-0.0733377
	0.0359338	0.0679703	0.53	0.597	0.1691531	0.0972854
	0.1582614	0.0219985	7.19	0.000	0.1151452	0.2013776
Çin ec	0.1039267	0.0168327	6.17	0.000	0.0709352	0.1369182
	0.061992	0.0564878	1.10	0.272	0.1727061	0.0487221
	0.1757431	0.0117779	14.92	0.000	0.1526588	0.1988273
Ukrayna ec	-0.1915563	0.0949347	-2.02	0.044	-0.3776249	-0.0054878
	0.1735821	0.1032718	1.68	0.093	-0.028827	0.3759912
	-4.619845	1.1999999	3.85	0.000	-6.971801	-2.26789
Fransa ec	-0.0872915	0.0352870	-2.47	0.013	-1.564529	-0.181301
	0.0829243	0.0581567	1.42	0.217	-0.0144287	0.1802773
	0.1725589	0.0304712	5.66	0.000	0.1128364	0.2322814
Hindistan ec	0.101286	0.0194926	5.20	0.000	0.0630813	0.1394908
	0.0449549	0.028367	1.58	0.113	-0.0106434	0.1005533
	0.1647876	0.0087645	18.80	0.000	0.1476094	0.1819657

Tablo 3.8’de de görüldüğü üzere tek bir uzun dönem parametresi tahmin edilmiştir. Bu parametre değeri de 0.298 olarak hesaplanmıştır. Ancak hata düzeltme parametreleri, kısa dönem parametreleri ve sabit parametreler ülkelere göre değişmektedir. Elde edilen sonuçlara göre sadece Japonya’da hata düzeltme parametresi negatif çıksa bile istatistiksel olarak anlamlı çıkmamaktadır. Başka bir ifadeyle bu ülkede nükleer enerji tüketimi ile ekonomik performans arasında uzun dönemli anlamlı bir ilişki mevcut değildir. Buna karşılık Rusya, Güney Kore, Çin ve Hindistan %1 anlam düzeyinde; ABD, Büyük Britanya, Fransa ve Ukrayna %5 anlam düzeyinde ve Kanada ile Almanya’da %10 anlam düzeyinde hata düzeltme parametreleri anlamlı ve negatif çıkmaktadır. Dolayısıyla bu ülkelerde nükleer enerji tüketimi ve ekonomik performans değişkenleri arasında uzun dönemli bir ilişki vardır. Bu ülkelerin kısa dönem parametreleri incelendiğinde Ukrayna dışında diğer ülkelerin parametreleri istatistiksel olarak anlamsız çıkmaktadır. Ukrayna’da ise kısa dönem parametresi %10 anlam düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmaktadır. Bu da ilgili ülkenin görece olarak diğer ülkelere göre gelişmişlik düzeyinin az olmasına ve son dönemde yaşadığı politik ve ekonomik krizler neticesinde küçülen ekonomisine bağlanabilir. Genel olarak bakıldığında, nükleer enerjiyi dünyada en çok tüketen ve analize dahil edilen ilgili ülkelerde nükleer enerji tüketiminin ekonomik performans üzerinde kısa dönemde etkili olmadığı sonucuna ulaşılabılır. Ayrıca Almanya, Kanada, Fransa ve Güney Kore’de hata düzeltme parametresi diğer ülkelere göre nispeten yüksektir. Bu ülkelerde kısa dönemde meydana gelen sapmaların uzun dönem dengesine yaklaşma hızı diğer ülkelere göre daha fazladır. Ülkelerin ilgili değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkilerine yönelik elde edilen bulgular irdelenip iktisadi açıdan politika karar vericiler bu bilgiler ışığında politikalar uygularlarsa eğer, ekonomilerde etkinliğin sağlanması ve dolayısıyla ekonomik performansın bundan olumlu etkilenmesi beklenen bir durum olacaktır. Analiz bölümünün son aşamasında genel olarak ilgili değişkenlerde ele alınan ülkeler için bir nedensellik ilişkisinin olup olmadığına bakmak için Pairwise Dumitrescu Hurlin Panel Nedensellik Testi’ne başvurulmuştur. Aşağıda yer alan Tablo 29 Pairwise Dumitrescu Hurlin Panel Nedensellik Testi sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 3.9: Pairwise Dumitrescu Hurlin Panel Nedensellik Testi Sonuçları

Sıfır Hipotezler:	W-Stat.	Zbar-İstatistiği.	p olasılık değeri
-------------------	---------	-------------------	-------------------

NE homojen olarak sebebi değildir RGSYİH'nin	4.91631	3.09140	0.0020
RGSYİH homojen olarak sebebi değildir NE'nin	4.99484	3.18550	0.0014

Tablo 3.9'da yer alan nedensellik sonuçları incelendiğinde %1 anlam düzeyinde ele alınan 11 ülkede nükleer enerji tüketimi ile ekonomik büyümenin proksisi olan reel gayrisafi milli hasıla arasında çift yönlü bir Granger nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulgu analize dahil edilen ülkeler için literatürde yer alan Geri Besleme (Feedback) Hipotezi'nin geçerli olduğunu göstermektedir.



## SONUÇ

Enerji, ilk insandan bu yana üretimi ve refah düzeyini artırmanın yanında insanoglu için hayati ihtiyaçlarını yerine getirmeye yardımcı olmak adına kullanılan en temel unsurlar arasında yer almaktadır. Günümüzde enerji, ülkelerin sosyo-ekonomik kalkınma ve ekonomik performans göstergelerinin merkezinde tutulmaktadır. Enerjinin üretim yapısındaki kullanım sürecine bakıldığında ilk olarak geleneksel, başka bir ifadeyle fosil kaynaklı enerji kaynaklarına başvurulduğu görülmektedir. Ancak zamanla ülkelerde gözlemlenen ekonomi ve refah düzeyinin artışı ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının ortaya çıkması, geleneksel enerji kaynaklarının yerini alternatif enerji kaynaklarına bırakmasına yol açmıştır. Sanayileşme ve makineleşmenin yaygınlaşması, kentleşme sürecinin hızlanması enerjiye olan talebi daha da artırmıştır. 1970'li yıllarda gerçekleşen petrol krizi ile petrol rezervlerine sahip olan ülkeler, petrol tedarik eden ülkelere karşı ambargo uygulayarak, ülkelerin ekonomilerini ve sosyal yaşamlarını

olumsuz etkilemişlerdir. Oluşan bu kriz ortamından kurtulmak ve enerji konusunda dışa bağımlılığı azaltmak için çalışan ülkeler tarafından, alternatif enerji kaynakları arayışı adına araştırma ve geliştirme çalışmaları yapılmış ve yeni enerji kaynakları kullanılmaya başlanmıştır. Enerji kaynaklarının çeşitliliği göz önüne alındığında, çevresel etkilerinin yanı sıra maliyet unsurunun da enerji seçiminde önemli bir etken olduğu görülmektedir. Alternatif enerji kaynaklarına kıyasla yeni olarak nitelendirilen ve genellikle elektrik üretiminde faydalanılan nükleer enerjiden, diğer enerji kaynaklarına göre hacim ve birim olarak daha fazla enerji elde edilmektedir. Yaşanan petrol krizi sonrasında karşı nükleer enerji, alternatif bir enerji kaynağı olarak görülmüştür.

Nükleer enerji tarihinde meydana gelen nükleer kazalarla, nükleer enerjinin kullanımına yönelik şüpheler oluşmaya başlamışsa da, günümüzde uluslararası anlaşmalar ve takip sistemleriyle güvenlik seviyeleri artırıldığı için, gelişmiş ülkeler tarafından tercih edilen enerji kaynakları arasında ilk sıralarda yer almaktadır.

Bu çalışmanın amacı nükleer enerji ile ekonomik performans arasındaki ilişkiyi panel veri analizi yardımıyla açıklayarak politika karar vericilerine ekonomik açıdan büyüme hedeflerinde başarılı olmaları için sürdürülebilir kalkınmaya yönelik uygun ve çevre dostu politikalar önermektir.

Bu amaç doğrultusunda 1997-2017 dönemine ait nükleer enerjiyi Dünya’da en çok tüketen 11 ülkenin (Almanya, Amerika, Çin, Fransa, Hindistan, Japonya, İngiltere, Kanada, Kore, Rusya, Ukrayna) yıllık verileri analize dahil edilmiştir. Analizde ilk olarak sağlıklı sonuçlar elde etmek için yatay kesit bağımlılığına ve homojenliğe bakılarak birimler arasında bağıllık bulunmayan sıfır hipotezi red edilmiştir. Birimler arasında yatay kesit bağımlılığının olduğu tespit edildiği için ikinci nesil birim kök testi olan Pesaran CADF birim kök testine başvurulmuştur. Birim kök testi sonucunda analize dahil edilen değişkenlerin düzey seviyede durağan değil iken, birinci derece farkları alındığında durağanlaştıkları gözlenmiştir. Nükleer enerji tüketimi ve ekonomik performansın göstergesi olan reel gayrisafi yurtiçi hasıla arasında uzun dönemli bir ilişki olup olmadığını test etmek amacıyla yapılan Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Westerlund Panel Eşbütünleşme testi sonucunda değişkenler arasında uzun dönemli bir

ilişki olduğu için kısa ve uzun dönemli ilişkileri, genel olarak literatürde tercih edilen Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi (PMGE), Ortalama Grup Tahmincisi (MGE) ve Dinamik Sabit Etkiler (DFE) yöntemleriyle sınanmıştır. Bu yöntemlere ait sonuçlar elde edildikten sonra hangi tahmincinin seçileceğine yönelik olarak ilgili literatürde sıklıkla kullanılan Hausman Testi'ne başvurulmuş ve PMG ile DFE tahmincilerinin kullanılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada hata düzeltme parametresi %1 anlam düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı çıkan ve birimler bazında da tahminci sonuçları elde edilebilen Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi ön planda tutulmuştur. Bu tahmin edicinin sonuçlarına göre, Japonya'da nükleer enerji tüketimi ile ekonomik performans arasında uzun dönemli anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bu bulunamayan ilişki 2011 yılında meydana gelen Fukushima Daiichi nükleer felaketi sonrasında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeleri ve nükleer enerji santrallerini son yıllarda kapatmak istemeleriyle ilişkilendirilebilir. Buna karşılık Rusya, Güney Kore, Çin ve Hindistan %1 anlam düzeyinde; ABD, Büyük Britanya, Fransa ve Ukrayna %5 anlam düzeyinde ve Kanada ile Almanya'da %10 anlam düzeyinde hata düzeltme parametreleri anlamlı ve negatif çıkmıştır. Başka bir ifadeyle bu ülkelerde nükleer enerji tüketimi ve ekonomik performans değişkenleri arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu analiz sonucunda tespit edilmiştir. Bu ülkelerin kısa dönem parametrelerine bakıldığında, Ukrayna dışında diğer ülkelerin parametreleri istatistiksel olarak anlamsız çıkmaktadır. Ukrayna'da ise kısa dönem parametresi %10 anlam düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmaktadır. Bu da ilgili ülkenin görece olarak diğer ülkelere göre gelişmişlik düzeyinin az olmasına ve son dönemde yaşadığı politik ve ekonomik krizler neticesinde küçülen ekonomisine bağlanabilir.

Genel olarak bakıldığında, nükleer enerjiyi Dünya'da en çok tüketen ve analize dahil edilen ilgili ülkelerde, nükleer enerji tüketiminin ekonomik performans üzerinde kısa dönemde etkili olmadığı ancak uzun dönemde bu iki değişken arasında pozitif bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılabilir. Ayrıca, Almanya, Kanada, Fransa ve Güney Kore'de hata düzeltme parametresi diğer ülkelere göre nispeten yüksektir. Bu ülkelerde kısa dönemde meydana gelen sapmaların uzun dönem dengesine yaklaşma hızı diğer ülkelere göre daha fazladır. Ülkelerin ilgili değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkilerine yönelik elde edilen bulgular irdelenip iktisadi açıdan politika karar vericiler bu bilgiler ışığında politikalar uygularlarsa, ekonomilerde etkinliğin sağlanması ve

dolayısıyla ekonomik performansın bundan olumlu etkilenmesi beklenen bir durum olacaktır. Bundan sonraki çalışmalar için doğrusal olmayan ekonometrik yöntemlerle analizlerin yapılması, uygulama alanının genişletilmesi, analize dahil edilen değişken ve gözlem sayısının artırılması gibi konuların dikkate alınarak ampirik çalışma sayısının artırılması ilgili literatüre katkı sağlayacaktır.



## KAYNAKLAR

- Adamantiades, A. ve Kessides, I. (2009). Sürdürülebilir kalkınma için nükleer enerji: mevcut durum ve gelecek beklentileri. *Enerji Politikası* , 37 (12), 5149-5166.
- AEC. *Japon Atom Enerjisi Komisyonu*. <http://www.aec.go.jp/jicst/NC/hourei/index.htm> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- AECL. *Atomic Energy of Canada Limited*. <https://www.aecl.ca/about-aecl/> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Aksoy, H. A., Bahadıroğlu, C. ve Toroğlu, S. (2014). Bazı Mısır Zararlılarına Karşı Radyasyon Kullanımının Değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 514-42.
- Altunakar, S. Ş. (2014). Enerji Ekonomisinin Yapısal Sorunları ve Nükleer Enerji Örneği. *Yayımlanmamış Doktora Tezi*. Denizli: Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Maliye Anabilim Dalı.

- AMD. *Atomik Mineraller Genelleştirme ve Araştırma Müdürlüğü*. <http://www.amd.gov.in/app16/content.aspx?link=28> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- AMD. *Atomik Mineraller Genelleştirme ve Araştırma Müdürlüğü*. <http://www.amd.gov.in/app16/content.aspx?link=14> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Arrow, K. (1962). The Economic Implication Of Learning By Doing. *Review Of Economic Studies*, 155-173.
- Apergis, N., Payne J. E., Menyah K., Yemane, W., R. (2010). On The Causal Dynamics Between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy And Economic Growth. *Ecological Economics*, 69, 2255-2260.
- Apergis, N., Payne, J. E. (2010). A Panel Study of Nuclear Energy Consumption and Economic Growth. *Energy Economics*, 32, 545-549.
- Arslan, Ü. (2011). Siyasi istikrarsızlık ve ekonomik performans: Türkiye örneği. *Ege Akademik Bakış*, 11(1), 73-80.
- Aslan, A., ÇAM, Seçil. (2013). Alternative and Nuclear Consumption Economic Growth Nexus for Israel: Evidence Based on Bootstrap-Corrected Causality Tests. *Progress in Nuclear Energy*, 62, 50-53.
- ASN. *Autorite de Surete Nucleaire*. ASN: <http://www.french-nuclear-safety.fr/Information/Publications/ASN-s-annual-reports/ASN-Report-on-the-state-of-nuclear-safety-and-radiation-protection-in-France-in-2017>. adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Ateş, S. A., ve Ateş, M. (2015). Sosyo-Ekonomik Dönüşüm Karşısında Türkiye: Bir Alternatif Olarak Yeşil Büyüme. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*.
- ATO. (2005). Nükleer Enerji Raporu. Ankara: Ankara Ticaret Odası Yayınları.
- Aybers, N., ve Bayülken, A. (1997). Nükleer enerjinin yeri. *Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Türkiye*, 7, 27-42.
- Aydın, L. (2014). *Enerji Ekonomisi ve Politikaları*. İstanbul: Seçkin Yayıncılık.
- Bakır, G. (2013). Türkiye'nin Nükleer Enerji Politikaları Ve Mersin Akkuyu Nükleer Güç Santrali. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Ana Bilim Dalı.
- Balachandra, P., Ravindranath, D., ve Ravindranath, N. H. (2010). Hindistan'Da Enerji Verimliliği: Politika Rejimlerinin ve Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Enerji Politikası*, 6428-6438.
- Balzer, H. (2005). Putin tezi ve Rus enerji politikası. *Sovyet Sonrası İlişkiler*, 210-225.



- BARC. *Bhabha Atomic Research Centre*. <http://www.barc.gov.in/about/#> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018
- Baydoğan, N. (2006). Endüstriyel ve Ekonomik Gelişmede Nükleer Teknolojinin Etkisi.". *Ed) HÜSEYİNOĞLU, A., Sürdürülebilir Kalkınma için Nükleer Enerjinin Önemi, Tasam Yayınları, İstanbul.*
- Bayraktutan, Y., Sefer, U., ve Murat, B. (2012). Yükselen Piyasalarda Elektrik Tüketimi-Büyüme İlişkisi: Nedensellik Analizi. *Ç.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 241-254.
- Biçici, R. (2008). Türkiye'de Enerji Ekonomisi. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Zonguldak: Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı.
- BMBF. *Bundesministerium für Bildung und Forschung*. <https://www.bmbf.de/de/aufgaben-und-aufbau-215.html> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018
- BMWi. *Bundesministerium für Wirtschaft und Energie*. [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Energie/kernenergie.html?cms\\_artId=214694](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Textsammlungen/Energie/kernenergie.html?cms_artId=214694) adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018
- Bockirs, J. O., Veziroğlu, T. N., ve Smith, D. L. (2002). *Geleceğin Enerjisi Güneş ve Hidrojen*. İstanbul: Kaynak Yayınları.
- Buyan, G. (2007). Çernobil Nükleer Kazası ve Ülkemiz Açısından Önemi. (A. TUNCER, Dü.) *Türkiye'de Kanser Kontrolü*, 275-289.
- Büyükmihci, M. K. (2003). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Avrupa Birliği Ülkelerindeki Uygulamalar ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Tarafından Hazırlanmakta Olan Kanun Tasarısı Taslağı Çerçevesinde Planlanan Önlemler. *Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, (s 15), 22.
- Carson, R. T. (2010). The Environmental Kuznets Curve: Seeking Empirical Regularity and Theoretical Structure. *Review of Environmental Economics and Policy*, 3-23.
- CEA. *French Alternative Energies and Atomic Energy Commission*. CEA: <http://www.cea.fr/chercheurs/Pages/information-scientifique/accueil-ist.aspx> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- CEAKIC. *CEA Climate-KIC*. <https://www.climate-kic.org/partners/cea/> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Chang, T., Gatwabayege, F., Gupta,R., Inglesi-Lotz,R., Manjezi, N.C., Simo-Kengne, B.D. (2014). Causal Relationship Between Nuclear Energy Consumption and

- Economic Growth in G6 Countries: Evidence From Panel Granger Causality Tests. *Progress in Nuclear Energy*, 46, 187-193.
- Chu, H. P., Chang, T. (2012). Nuclear Energy Consumption, Oil Consumption and Economic Growth in G-6 Countries: Bootstrap Panel Causality Test. *Energy Policy*, 48, 762-769.
- Civaner, Ç. E. (2011). *Fransa Ülke Raporu*. Ankara: TC Başkanlığı Dış Ticaret Müsteşarlığı, İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi.
- CNL. *Canadaian Nuclear Laboratories*. <http://www.cnl.ca/en/home/about/default.aspx> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- CNSC. *Canadaian Nuclear Safety Commission*. <http://nuclearsafety.gc.ca/eng/resources/canadas-nuclear-history/index.cfm> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Cohen, B. L. (1994). *Çok Geç Olmadan Bir Bilim Adamı Gözüyle Nükleer Enerji*. İstanbul: Tübitak.
- Cohen, B. L. (1996). Çok geç olmadan. *Çev. Miyase Göktepeli, TÜBİTAK Yayınları, VI. Baskı, Aralık*.
- Chudik, A., & Pesaran, M. H. (2013). Large panel data models with cross-sectional dependence: a survey. *CAFE Research Paper*, (13.15).
- Çelebi, N., Dalcı, D., Altunkaya, M., Ataksor, B., Yaşar, D. ve Karahan, G. (2005). *Radyasyon Korunması Kurs Notları*. İstanbul: TAEK (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu).
- Çırakçı, B. (1991). *Ortak Geleceğimiz Dünya Çevre Kalkınma Komisyonu*. Ankara: Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayınları.
- Çoban, O., ve Şahbaz Kılınc, N. (2016, Ocak). Enerji Kullanımının Çevresel Etkilerinin İncelenmesi. *Marmara Coğrafya Dergisi*(33), 589-606.
- Çukurçayır, M. A. (2002). *Siyasal Katılma ve Yerel Demokrasi*. Konya: Çizgi Kitapevi.
- Çukurçayır, M. A., ve Sağır, H. (2008). Enerji Sorunu, Çevre Ve Alternatif Enerji Kaynakları. (20). Konya: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi.
- DAE. *Department Atomic Energy*. <http://www.dae.nic.in/?q=node/634> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Doern, G. B., Arslan, D., ve Morrison, R. W. (2001). *Canadian Nuclear Energy Policy: Changing Ideas, Institutions, and Interests*. Canada: University of Toronto.
- Domar, E. D. (1947). Expansion and Employment. *The American Economic Review*, 34-55.

- Dura, C. (1991). *Türkiye Ekonomisi*. Kayseri: Erciyes Üniversitesi Basımevi.
- EBRD. *European Bank for Reconstruction and Development*. <https://www.ebrd.com/what-we-do/sectors/ukraine-nuclear-safety-upgrade.html> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Ekşi, A. (2013). Nükleer Kaza ve Saldırılarda Bütünleşik Kriz Yönetimi. *Yayımlanmamış Doktora Tezi*. İzmir: Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı .
- ENECHO. *Agency for Natural Resource and Energy*. [http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total\\_energy/results.html#headline1](http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/results.html#headline1) adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Engin, N. (2013). Nükleer Enerji Gelecekteki Enerji İhtiyacına Çözüm Olabilir Mi? *Marmara Coğrafya Dergisi*, 575-591.
- EPCO. *Energy Providers Coalition for Education*. <http://epceonline.org/nucp> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- EPRI. *Electric Power Research Institute*. <https://www.epri.com/#/about/epri?lang=en-US> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Ercan, Y. N. (2002). İçsel Büyüme Teorisi:Genel Bir Bakış. *Planlama Dergisi, Özel Sayı, DPT'nin Kuruluşununun 42. Yılı*, 129-138.
- ERDEN, B. (1990). *Çağımız ve Çevre Kirliliği*. Ankara: Kadioğlu Yayıncılık.
- Ersoy, A. Y. (2010). Ekonomik Büyüme Bağlamında Enerji Tüketimi. *Akademik Bakış Dergisi*(20), 1-11.
- Farris, A. *Nuclear*. <http://www.energybc.ca/profiles/nuclear.html> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Nisan 2017.
- Ferguson, C. D. (2015). *Nükleer Enerji Herkesin Bilmesi Gerekenler*. Ankara: Ankamat Yayın.
- Flavin, P., Janet L., T., ve Savin, C. (2005). Petrol Ekonomisini Değiştirmek. *Dünyanın Durumu 2005 Küresel Güvenliği Yeniden Tanımlamak*, İstanbul: TEMA Vakfı Yayınları.
- FNCA. (2003). *4th FNCA Meeting (the Fourth Meeting of the Forum for Nuclear Cooperation in Asia*. Japonya: Nago Okinawa.
- French, H. F. (1995). *Yeni Küresel Ortaklığın Sağlamlaştırılması*. World Watch Entitüsü Raporu.

- GCNEP. *Global Centre for Nuclear Energy Partnership*. <http://www.gcnep.gov.in/about/about.html> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- GCNEP. *Global Centre for Nuclear Energy Partnership*. <http://www.gcnep.gov.in/index.html> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Geller, H. (2012). *Energy revolution: policies for a sustainable future*. United States: Island Press.
- Grossman, G. M., ve Krueger, A. B. (1991). Environmental Impacts Of A North American Free Trade Agreement. *National Bureau Of Economic Research*, 1-57.
- Gujarati, D. N., & Ekonometri, T. (1999). çev. Ü. Şenesen, GG Şenesen, 2. baskı. İstanbul: Literatür Yayınları, 713.
- Gülay, A. N. (2008). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Açısından Türkiye'nin Geleceği ve Avrupa Birliği ile Karşılaştırılması. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Gülbahar, N. ve Kılınç, MY (2011). Enerji Güvenliği ve Türkiye. In 6. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'11)* (s. 16-18).
- Güler, T. (2006). Nükleer Enerji Üretim Sürecinde Kazalar, Nükleer Atıklar ve Çevre Sorunları. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kamu Yönetimi Anabilim Dalı.
- Güenalp, B. (2006). *Nükleer Enerji İçin Çevreciler*. Ankara: Pelikan Yayıncılık.
- Güriş, S. (2015). Stata ile panel veri modelleri. Der yayınevi.
- Haliloğlu, A. (tarih yok). Türkiye'de İktisadi Büyüme ve İstihdam: 1980-2008. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Halkman, H. B., ve Yücel, P. K. (2005). Gıdalarda Radyasyon Uygulamalarının Mikroorganizmalar Üzerine Etkileri. *Gıda/The Journal Of Food*, 409-416.
- Han, Y. Y., Youk, O., Sasser, H., ve Talbott, E. O. (2011). Cancer incidence among residents of the Three Mile Island accident area: 1982–1995. *Environmental Research*, 1230-1235.
- Harrod, R. F. (1939). An Essay in Dynamic Theory. *The Economic Journey*, 14-33.
- Helm, D. (2004). *Energy, the state, and the market: British energy policy since 1979*. Oxford University Press on Demand.

- Heo, J.-Y., Yoo, S.-H., Kwak S.-J. (2011). The Causal Relationship Between Nuclear Energy Consumption and Economic Growth İn India. *Energy Sources*, pp.111-117.
- IAE. *International Atomic Energy*. <https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/india/name-168042-en.php> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Illich, Ivan. "Enerji ve Eşitlik." *Çev: Ufuk Uyan, Ayrıntı Yayınları, İstanbul* (1992).
- INSTN. (2017). *Fransa Faaliyet Okulu*. Fransa: Fransız Nükleer Endüstrisinin Uygulama Okulu.
- ITER. *Iter Organizasyonu*. <https://www.iter.org/proj/inafewlines#6> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Jacobsson, S., ve Lauber, V. (2006). The Politics And Policy Of Energy System Transformation—Explaining The German Diffusion Of Renewable Energy Technology. *Energy policy*, 256-276.
- Karakaya, E., ve Özçağ, M. (2001). Sürdürülebilir Kalkınma Ve İklim Değişikliği: Uygulanabilecek İktisadi Araçların Analizi. *First Conference İn Fiscal Policy And Transition Economies*, 3.
- Katsava, M., ve Condrey, S. (2005). Motivating Personnel At Russian Nuclear Power Plants: A Case-Study Of Motivation Theory Application. *Public Personnel Management*, 343-356.
- Keating, M. (1993). *Yeryüzü Zirvesinde Değişimin Gündemi*. Ankara: UNEP Türkiye Komitesi Yayını.
- Keleş, R., ve Hamamcı, C. (1997). *Çevrebilimi*. Ankara: İmge Yayınevi.
- Keleş, R., ve Hamamcı, C. (2002). *Çevrebilimi*. Ankara: İmge Yayınevi.
- Kılınç, Z. (2013). Ekonomik Büyüme, İşsizlik, Enflasyon Arasında Nedensellik Analizi. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kırteke, N. D. (2014). Avrupa Birliği ve Türkiye'nin Enerji Politikaları Bağlamında Nükleer Enerjinin Ekonomik Etkileri. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Malatya: İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı.
- Kızıltan, O. (2010). Nükleer Enerjinin Türkiye'de Enerji İhtiyacını Karşılamadaki Rolü. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı.

- KONICOF. *Korea Nuclear International Cooperation Foundation*. [http://eng.konicof.or.kr/03\\_atom/04\\_rnd.php](http://eng.konicof.or.kr/03_atom/04_rnd.php) adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- KSG. *Das Simulatorzentrum KSG-GFS*. <https://simulatorzentrum.de/ueber-uns/> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Lee C. C., Chiu, Y. B. (2011a). Oil Prices, Nuclear Energy Consumption and Economic Growth: New Evidence Using a Heterogeneous Panel Analysis. *Energy Policy*, 39(4), 2111-2120.
- Lee C. C., Chiu, Y.-B. (2011b). Oil Prices, Nuclear Energy Consumption and Economic Growth: New Evidence Using a Heterogeneous Panel Analysis. *Energy Policy*, 39(4), 2111-2120.
- Mathers, D. (2008). *BEIS Nükleer Yenilik programı*. İngiltere: İşletme Departmanı, Enerji Endüstrisi Stratejisi.
- Mbarek, M. B., Khairallah, R., Feki R. (2015). Causality Relationships Between Renewable Energy, Nuclear Energy And Economic Growth in France. *Environment Systems and Decisions*, 35(1), 133-142.
- Mbarek, M.B., Nasreen, S., Feki, R. (2017). The contribution of nuclear energy to economic growth in France: short and long run, *Quality and Quantity*, 51: 219-238.
- MEB. (2011). *Elektrik-Elektronik Teknolojisi*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- MEB, (2002). *Yenilenebilir Enerji Teknolojileri*. Ankara : MEB.
- Meidan, M., Andrews-Spend, P., ve Xin, M. (2009). Çin'in enerji politikasını şekillendirme: aktörler ve süreçler. *Çağdaş Çin Dergisi*, 591-616.
- Mengi, A., ve Algan, N. (2003). Küreselleşme Ve Yerelleşme Çağında Bölgesel Sürdürülebilir Gelişme: Ab Ve Türkiye Örneği. Ankara: Siyasal Kitapevi.
- Menyah, K., Wolde-Rufael, Y. (2010). Co2 Emissions, Nuclear Energy Renewable Energy and Economic Growth in The US". *Energy Policy*, 38(6), 2911-2915.
- Moralı, D. (2004). *Radyoaktif Kapitalizm-Nükleer Santrallere Marksist Tutum*. İstanbul: Tarih Bilinci Yayınları.
- MTIE. Ministry of Trade, Industry and Energy. <http://english.motie.go.kr/www/main.do> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Mayıs 2019.
- Murray, R. L., ve Holbert, K. E. (2015). *Nuclear Energy*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

- Mucuk, M., & Demirsel, M. T. (2009). Türkiye’de doğrudan yabancı yatırımlar ve ekonomik performans. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (21), 365-373.
- Nazlıoğlu, S., Lebe F., Kayhan S. (2011), Nuclear Energy Consumption And Economic Growth in OECD Countries: CrossSectionally Depend Heterogeneous Panel Causality Analysis. Energy Policy, 39(10), .6615-6621.
- NIA. *Nuclear Industry Association*. <https://www.niauk.org/about-us/what-is-the-nia/> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- NTI. *NTI Building a Safer World*. <https://www.nti.org/learn/countries/russia/> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Ağustos 2018.
- NTI. *NTI Building a Safer World*. <https://www.nti.org/learn/countries/south-korea/> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Ocak, S. B., Zengin, T., ve Turhan, Ş. (2001). Hızlandırılmış Elektron Demeti ile Atık Suların Işınlanması Tekniğinin Değerlendirilmesi. Ankara: I. Ulusal Parçacık Hızlandırıcıları ve Uygulamaları Konferansı.
- Odularu, O. ve Okonkwo, C. (2009). Enerji tüketimi ekonomik performansa katkıda bulunur mu? Nijerya'dan ampirik kanıt. Ekonomi ve Uluslararası Finans Dergisi , 1 (2), 044-058.
- Omri A., Chaibi A., (2014). Nuclear Energy, Renewable Energy, And Economic Growth in Developed And Developing Countries: A Modelling Analysis From Simultaneous-Equation Models, No 2014-188, Working Papers, Department of Research, Ipag Business School.
- Omri, A., Mabrouk, N. B., Tmar A. S. (2015). Modeling The Causal Linkages Between Nuclear Energy, Renewable Energy And Economic Growth in Developed And Developing Countries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 42, 1012-1022.
- Ovalı, E. (2008). *Radyasyon Kazaları*. Ankara: Bilimsel Tıp Yayınevi.
- Ozcan, B., Ari, A. (2016). Nuclear Energy-Economic Growth Nexus in OECD Countries A Panel Data Analysis. Atw Internationale Zeitschrift fuer Kernenergie, 61(1), 13-21.
- Oztürk, I., ve Acaravcı, A. (2011). Electricity Consumption And Real Gdp Causality Nexus: Evidence From Ardl Bounds Testing Approach For 11 Mena Countries. *Applied Energy*, 2885-2892.

- Özden, N. (1983). *Nükleer Çağın İlk 40 Yılı*. İstanbul: Nükleer Enerji Enstitüsü Genel Yayınları.
- Özemre, A. Y., Bayülken, A., ve Gençay, Ş. (2000). *50 Soruda Türkiye'nin Nükleer Enerji Sorunu*. İstanbul: Kaknüs Yayınları.
- Palabıyık, H., Yavaş, H., ve Aydın, M. (2010). *Nükleer Enerji ve Sosyal Kabul*. Ankara: Usak Yayınları.
- Panayotou, T. (2000). Economic Growth and the Environment. *Working Papers*, 7.
- Payne, J. E., ve Taylor, J. P. (2010). Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in the US: An Empirical Note. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 301-307.
- Persyn, D. ve Westerlund, J. (2008). Panel verileri için hata düzeltme tabanlı eşbütünleşme testleri. *STATA günlüğü*, 8 (2), 232-241.
- Polatoğlu, A. (2016, Kasım). Türkiye'de Kurulması Planlanan Nükleer Santrallerde Kullanılacak Nükleer Yakıtların ve Atıkların Teknoekonomik Açından İncelenmesi. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yenilenebilir Enerji Sistemleri Anabilim Dalı.
- Ratner, M., ve Glover, C. (2014). *ABD: Genel Bakış ve Temel İstatistikler*. ABD: Kongre Araştırma Servisi.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of political economy*, 94(5), 1002-1037.
- Romer, P. M. (1990). Capital Labor And Productivity. *Brooking Papers On Economic Activity Microeconomics*, 337.
- Rosenberg, D. A. (1982). ABD Nükleer Stoğu 1945-1950. *Atomik Bilimciler Bülteni*, 25-30.
- RRCAT. Raja Ramanna İleri Teknoloji Merkezi. <http://www.rrcat.gov.in/organization/cat/aboutus.html#> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Saatçi, M., ve Dumrul, Y. (2011). Çevre Kirliliği Ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisinin Türk Ekonomisi İçin Yapısal Kırılmalı Eş-Bütünleşme Yöntemiyle Tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 65-86.
- Saidi, K., Mbarek M. B. (2016). Nuclear Energy, Renewable Energy, CO2 Emissions, and Economic Growth for Nine Developed Countries: Evidence From Panel Granger Causality Tests. *Progress in Nuclear Energy*, 88, 364-374.



- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 65-94.
- Sönmez, N. (1995). Ortak Geleceğimiz Stockholm 1972-Rio 1992 ve Sonrası. *Yeni Türkiye Dergisi (Çevreye Özel Sayısı)*, 193-209.
- STERN. *Stern Laboratories Inc.* <http://sternlab.com/index.php/our-history-2/> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Stern, D. I. (2004). The rise and fall of the environmental Kuznets curve. *World development*, 1419-1439.
- Şimşek, T., ve Aydın, H. İ. (2018). Gelişmiş Ülkelerde Nükleer Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi Üzerine Panel Veri Analizi . *Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics ve Administrative Sciences*.
- TAEK. (2005) *Türkiye Atom Enerjisi Kurumu.* <http://www.taek.gov.tr/tr/2016-06-09-00-43-55/135-gunumuzde-nukleer-enerji-rapor/832-bolum-08-uluslararası-nukleer-duzenlemeler-ve-nukleer-silahların-yayılmasının-onlenmesi.html> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Tatoğlu, F. Y. (2012). Panel veri ekonometrisi. Beta Yayınevi.
- Temurçin, K., ve Aliğaoğlu, A. (2003). Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye’de Nükleer Enerji Gerçeği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 25-39.
- Tıraş, H. H. (2011). Sürdürülebilir Kalkınma Ve Çevre: Teorik Bir İnceleme. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 57-73.
- Tombakoğlu, M. (2009). Nükleer Santrallerde Enerji Üretimi ve Personel Eğitimi. *TASAM (Türkiye Asya Strateji Araştırma Merkezi)*.
- Toprak, Z. (2003). *Çevre Yönetimi ve Politikası*. İzmir: Anadolu Matbacılık.
- TRIUMF. *Center Canadien D'Accélération Des Particules.* <https://www.triumf.ca/home/about-triumf> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- Tsurumi, T., ve Managi, S. (2010). Decomposition Of The Environmental Kuznets Curve: Scale, Technique, And Composition Effects. *Environmental Economics and Policy Studies*, 19-36.
- Tuğrul, A. B. (2006). Türkiye'nin Nükleer Enerji Seçeneği. *Sürdürülebilir Kalkınma için Nükleer Enerji* (s. 28-40). İstanbul: Tasam Yayınları.
- Turan, T. (2008). *İktisadi Büyüme Teorisine Giriş*. İstanbul: Yalın Yayıncılık.

- Tümertekin, E., ve Özgüç, N. (1999). *Ekonomik Coğrafya: Küreselleşme Ve Kalkınma*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Türkkan, A. (2006). Çernobil Nükleer Santral Kazasının Türkiye'ye Etkisi Çernobil Nükleer Kazası Sonrası Türkiye'de Kanser. *Türk Tabipler Birliği Yayınları*, 45-73.
- Ulaşer, S. (2014). Energy Policy İn Turkey; A Critical Assessment Of Nuclear Alternative. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Entitüsü İktisat (İngilizce) Anabilim Dalı.
- UNENE. *University Network of Excellence in Nuclear Engineering*. <https://www.unene.ca/about> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2018.
- UNFCCC. (2016, 03 30). *UNFCCC*. united nations climate change: <https://unfccc.int/> adresinden alındı. Erişim Tarihi: Aralık 2017.
- Vargo, G. J. (1999). Rusya'Da 1953-1997'De Nükleer Kritik Kazaların Kısa Tarihçesi. *Sağlık Fiziği*, 505-511.
- Yarman, T. (2011). *Geçmişte ve Bugün Nükleer Enerji Tartışması*. İstanbul: Okan Üniversitesi Yayınları.
- Yavuzaslan, K. (2009). Türkiye'nin Enerji Politikaları ve Nükleer Enerji İhtiyacı. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yiğit, E. (2017). Brict Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Karbon Emisyonları, Kentleşme Ve Petrol Fiyatları Üzerine Var Analizi. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı.
- Yıldırım, M., ve Örnek, İ. (2007). Enerjide Son Seçim: Nükleer Enerji. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32-44.
- Yoo S.-H., Jung, K.-O. (2005). Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in Korea. *Progress in Nuclear Energy*, 46(2), 101-109.
- Yoo,S.-H., Ku S.-J., (2009). Causal Relationship Between Nuclear Energy Consumption and Economic Growth: A Multi-Country Analysis. *Energy Policy*, 37(5), 1905-1913.
- Yülek, G. G. (1994). *Nükleer Enerji ve Çevre*. Ankara: Sek Yayınları.
- Zhou, S., ve Zhang, X. (2010). Çin'de nükleer enerji gelişimi: fırsatlar ve zorluklarla ilgili bir çalışma. *Enerji*, 4282-4288.

- Westerlund, J. (2007). Panel verilerinde hata düzeltme testi. *Oxford Ekonomi ve İstatistik Bülteni* , 69 (6), 709-748.
- Wolde-Rufael, Y., Menyah, K. (2010). Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in Nine Developed Countries. *Energy Economics*, 32(3), 550-556.
- Wolde-Rufael, Y. (2010). Bounds Test Approach to Cointegration and Causality Between Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in India. *Energy Policy*, 38(1), 52-58. Woehrel, S. (2009). Komşu ülkelere yönelik Rus enerji politikası. *Kongresinin Kütüphanesi Dc Kongresel Araştırma Hizmeti*.
- Woehrel, S. (2009). Komşu ülkelere yönelik Rus enerji politikası. *Library Of Congress Washington Dc Congressional Research Service*.
- Wolde-Rufael, Y. (2012). Nuclear Energy Consumption and Economic Growth in Taiwan. *Energy sources*, 7(1), 21-27.
- Xu, Y.-C. (2008). Çin'de nükleer enerji: itiraz edilen rejimler. *Enerji*, 1197-1205.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : Cihan USTA

**Doğum Yılı ve Yeri** : 30/04/1991, Şişli

### **Eğitim Durumu:**

**Lisans Öğrenimi** : Gaziosmanpaşa Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler  
Fakültesi İktisat Bölümü

**Yüksek Lisans Öğrenimi** : Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler  
Enstitüsü İktisat Ana Bilim Dalı

**Yabancı Dili** : İngilizce

### **Bilimsel Faliyetler:**

Usta, C. (2017) The Interaction Between Democracy And Economic Growth In Efta Countries. Uluslararası Yönetim Eğitim ve Ekonomik Perspektifler Dergisi, 5(1), 23-35. (Makale)

Usta, C., Şimşek, T. (2017) EFTA Ülkelerinde Demokrasi Ve Ekonomi Büyüme Arasındaki Nedensellik Analizi. Uluslararası Mesleki Bilimler Sempozyumu (Özet Bildiri)

Şimşek, T., Usta C. (2019) Türkiye’de Finansal Gelişme ve Çevre Kalitesi Arasındaki İlişki: Bootstrap Rolling Window Nedensellik Testi. 3. Uluslararası ÜNİDOKAP Karadeniz Sempozyumu (Tam Metin Bildiri)

Usta, C., Şimşek, T. (2019) Motorlu Taşıt Sayısı Ve Co2 Emisyonları Arasındaki Nedensellik İlişkisi. 3. Uluslararası ÜNİDOKAP Karadeniz Sempozyumu (Tam Metin Bildiri)

**İş Deneyimi : Önem KPSS Hazırlık Kursu A Grubu Uzman Öğretici  
(2016-2018)**

**İletişim:**

**E-Posta Adresi : cihnusta@gmail.com**

