

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**NÜKLEER SANTRALLARIN ENERJİ PİYASASINA ETKİSİNİN
İNCELENMESİ VE APLUS BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet ŞİMŞEK

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**NÜKLEER SANTRALLARIN ENERJİ PİYASASINA ETKİSİNİN
İNCELENMESİ VE APLUS BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Mehmet ŞİMŞEK
(301121021)**

Enerji Bilim ve Teknoloji Anabilim Dalı

Enerji Bilim ve Teknoloji Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. A. Beril TUĞRUL

MAYIS 2015

Aileme,

ÖNSÖZ

Nükleer Santrallerin kurulması konusu, uzun zamandır olduğu gibi halen de Türkiye'nin gündemini meşgul eden sıcak konulardan biridir. Avantaj ve dezavantajlarına dair tartışmalar süredürken piyasaların bu girişimlerden nasıl etkileneceğine ilişkin çok fazla bilimsel çalışmanın gerçekleştirilmediği görülmektedir. Bu bakımdan, yapılması veya yapılmaması durumunda enerji piyasasının sonuçlara nasıl reaksiyon göstereceğinin objektif bir şekilde ele alınmasının, durum değerlendirmesi adına önemli olacağı düşüncesiyle böyle bir çalışmanın yapılması düşünülmüştür. Bu kapsamda öncelikle, takviminin daha net olması sebebiyle çalışma için belirlenen dönemde nükleer enerji olarak sadece Akkuyu Nükleer Güç Santrali (NGS)'nin devrede olabileceği kabul edilmiş ve Akkuyu NGS'ye ilişkin farklı yıllar itibariyle devreye alındığı ve hiç işletmeye alınmadığı senaryolar kurgulanmıştır. Oluşturulan bu senaryoların geleceğe ilişkin piyasa yapısı öngörü kabiliyeti olan APLUS programı ile modellenmesiyle, belirlenen yıllara ilişkin veriler elde edilmiş ve bu verilere binaen değerlendirmeler yapılmıştır. Nükleer santral kurma konusunda son derece kararlı adımların atıldığı şu günlerde, yapılan bu çalışmanın tüm ilgili paydaşlara yararlı olması umulur.

Bu yüksek lisans tezi kapsamında öncelikli olarak gerekli olan tüm yönlendirmeleri yapan, hatalarımı düzelten ve her aşamasında desteğini esirgemeyen çok değerli hocam, tez danışmanım sayın Prof. Dr. A. Beril TUĞRUL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Piyasa modelleme konusunda uzman kadrosuyla profesyonel hizmet sunan ve bu çalışmanın ana paydaşlarından olan APLUS Enerji'ye, başta Ozan KORKMAZ olmak üzere tüm ekip çalışanlarına, bu çalışmayı beraber gerçekleştirmeyi destekledikleri için teşekkürlerimi sunarım.

Tüm öğrenim hayatım boyunca, 'Hâlâ bitmedi mi?' demeden her türlü desteği sağlayan, her daim hedeflerime inanan ve her zaman yanımda olan anneme, babama ve kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, çalışma boyunca her takıldığım yerde yardımına koşan başta Melih YETİŞ olmak üzere tüm değerli dostlarım ve mesai arkadaşlarıma da teşekkürü borç bilirim.

Mayıs 2015

Mehmet Şimşek
(Makine Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. ENERJİ PİYASASI	7
2.1 Enerji Piyasası ve Dinamikleri	7
2.2 Enerji Piyasasını Etkileyen Argümanlar	11
2.2.1 Ekonomi	11
2.2.2 Çevre	13
2.2.3 Sürdürülebilir kalkınma	14
2.2.4 Teknoloji	16
2.2.5 Politika	17
2.3 Emre Amade Enerji Santralleri ve Enerji Piyasası İçin Önemi	19
2.4 Enerji Piyasası Hareketleri	21
3. NÜKLEER ENERJİ SANTRALLARI VE ENERJİ PİYASASINA ETKİSİ 23	23
3.1 Nükleer Enerji ve Güç Santrallerinin Genel Tanıtımı.....	23
3.2 Konvansiyonel Nükleer Enerji Santral Tipleri.....	28
3.2.1 Basınçlı su reaktörleri (PWR).....	31
3.2.2 Kaynar su reaktörleri (BWR).....	34
3.2.3 Basınçlı ağır su reaktörleri (PHWR veya CANDU)	36
3.2.4 Gelişmiş gaz-soğutmalı reaktörler (AGR)	37
3.2.5 Hafif su grafit - yavaşlatıcılı reaktörler (RBMK)	38
3.3 Nükleer Santrallerin Mukayeseli Değerlendirmesi	39
3.4 Nükleer Güç Santrallerinin Enerji Piyasasındaki Yeri ve Önemi	42
4. APLUS BİLGİSAYAR PROGRAMI.....	47
4.1 APLUS Bilgisayar Programının Tanıtımı	47
4.2 APLUS Bilgisayar Programının Giriş Parametreleri	47
4.3 APLUS Bilgisayar Programının Çıkış Verileri	49
4.4 APLUS Bilgisayar Programı ile Yapılabilecek Değerlendirmeler	50
5. NÜKLEER SANTRALLERİN ENERJİ PİYASASINA ETKİSİNİN APLUS PROGRAMI İLE İNCELENMESİ.....	51
5.1 Türkiye'nin Nükleer Enerji Tarihçesi ve Hedefleri	51
5.2 Akkuyu Santral Projesi Tanıtımı.....	60
5.3 Talep Projeksiyonları	67
5.3.1 Versiyon 1 talep projeksiyonu	67
5.3.2 Versiyon 2 talep projeksiyonu	68
5.3.3 Versiyon 3 talep projeksiyonu	68

5.4 APLUS Bilgisayar Programı ile Ulaşılan Sonuçlar.....	69
5.4.1 Nükleer santrallerin devreye alınamaması hâli için APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar	69
5.4.1.1 Nükleer santrallerin devreye alınamaması hâli için versiyon 1 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar	70
5.4.1.2 Nükleer santrallerin devreye alınamaması hâli için versiyon 2 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar	73
5.4.1.3 Nükleer santrallerin devreye alınamaması hâli için versiyon 3 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar	76
5.4.2 Senaryo 1 hâli için APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar.....	79
5.4.2.1 Senaryo 1 hâli için versiyon 1 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar	80
5.4.2.2 Senaryo 1 hâli için versiyon 2 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar	83
5.4.2.3 Senaryo 1 hâli için versiyon 3 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar	86
5.4.3 Senaryo 2 hâli için APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar.....	89
5.4.3.1 Senaryo 2 hâli için versiyon 1 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar	90
5.4.3.2 Senaryo 2 hâli için versiyon 2 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar	93
5.4.3.3 Senaryo 2 hâli için versiyon 3 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar	96
5.4.4 Senaryo 3 hâli için APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar.....	99
5.4.4.1 Senaryo 3 hâli için versiyon 1 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar	100
5.4.4.2 Senaryo 3 hâli için versiyon 2 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar	103
5.4.4.3 Senaryo 3 hâli için versiyon 3 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar	106
5.4.5 APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçların değerlendirilmesi...	109
6. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	115
KAYNAKLAR.....	119
ÖZGEÇMİŞ.....	125

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ABDR	: Advanced Boiling Water Reactor (İleri Kaynar Sulu Reaktörler)
BOTAŞ	: Boru Hatları ile Petrol Taşıma Anonim Şirketi
BWR	: Boiling Water Reactor (Kaynar Su Reaktörü)
CANDU	: CANada Deuterium-Uranium reactor
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirmesi
ÇNAEM	: Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
DUY	: Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği
EIA	: U.S. Energy Information Administration
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPIAŞ	: Enerji Piyasası İşletme A.Ş.
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EÜAŞ	: Elektrik Üretim A.Ş.
GDP	: Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
GÖP	: Gün Öncesi Piyasası
IAEA	: International Atomic Energy Agency (Uluslararası Atom Enerji Ajansı)
IEA	: International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
INSC	: International Nuclear Societies Council
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
LPG	: Liquefied Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)
LWGR	: Light Water Cooled Graphite Moderated Reactor (Grafit Yavaşlatıcılı Su Soğutmalı Reaktör)
LWR	: Light Water Reactor (Hafif Su Reaktörü)
NEA	: Nuclear Energy Agency (Nükleer Enerji Ajansı)
NEPUD	: Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Başkanlığı
NGS	: Nükleer Güç Santrali
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
PHWR	: Pressurised Heavy Water Reactor (Basınçlı Ağır Su Reaktörü)
PMUM	: Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi
PWR	: Pressurised Water Reactor (Basınçlı Su Reaktörü)
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TBMM	: Türkiye Büyük Millet Meclisi
TC	: Türkiye Cumhuriyeti
TEAŞ	: Türkiye Elektrik Üretim İletim A.Ş.
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş.
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TEK	: Türkiye Elektrik Kurumu
TETAŞ	: Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş.
TRIGA	: Training Research Isotope Production General Atomic
VVER	: Vodo-Vodyanoi Energetichesky Reactor (Su-Su Güç Reaktörü)
WEC	: World Energy Council (Dünya Enerji Konseyi)

WNA : World Nuclear Agency (Dünya Nükleer Ajansı)
YEGM : Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
Yİ : Yap – İşlet
YİD : Yap – İşlet - Devret
YSİ : Yap – Sahip Ol - İşlet

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik potansiyelleri.	4
Çizelge 1.2 : Türkiye elektrik üretim talebi senaryoları (TEİAŞ, 2014b).	4
Çizelge 3.1 : Muhtelif yakıtların enerji içerikleri (Url-15).	26
Çizelge 3.2 : Ülkelere göre nükleer reaktör sayıları.	27
Çizelge 3.3 : Konvansiyonel termal reaktörler ve bileşenleri.	29
Çizelge 3.4 : Dünya’da kurulu olan reaktör sayıları ve özellikleri (Url-17).	30
Çizelge 3.5 : Toplam maliyet kalemleri.	40
Çizelge 3.6 : Devreye alınmış olan nükleer santrallerin gecelik yatırım maliyetleri.	41
Çizelge 5.1 : Planlanan ve teklif edilen nükleer güç santralleri (Url-32).	58
Çizelge 5.2 : Akkuyu NGS’ye ilişkin genel bilgiler.	62
Çizelge 5.3 : Akkuyu Nükleer A.Ş. ortaklık yapısı.	66
Çizelge 5.4 : Akkuyu NGS’nin 2023’de devrede olduğu durum.	79
Çizelge 5.5 : Senaryo 1 (iyimser senaryo) için kademeli devreye alışı öngörüsü.	79
Çizelge 5.6 : Akkuyu NGS’nin 2024’te devrede olduğu durum.	89
Çizelge 5.7 : Senaryo 2 (gerçekçi senaryo) için kademeli devreye alışı öngörüsü. ...	89
Çizelge 5.8 : Akkuyu NGS’nin 2025’de devrede olduğu durum.	99
Çizelge 5.9 : Senaryo 3 (pesmistik senaryo) için kademeli devreye alışı öngörüsü... ..	99

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : 2013 yılı genelinde üretim tipine göre enerji üretimi (TEİAŞ, 2014a).	2
Şekil 2.1 : Türkiye elektrik talebi ile GDP arasındaki ilişki.	12
Şekil 2.2 : Emre amade kapasite ve rezerv kapasite (MW)(EPDK, 2014b).	19
Şekil 2.3 : Emre amade kapasite – tüketim ve fiyatlar (EPDK, 2014b).	20
Şekil 3.1 : Çekirdek birleşmesi (Füzyon) (Url-15).	24
Şekil 3.2 : Çekirdek bölünmesi (filyon) ve zincirleme tepkime (Url-15).	25
Şekil 3.3 : Örnek bir nükleer reaktörün çalışma prensibi.	26
Şekil 3.4 : Reaktör nesilleri ve gelişimleri (Url-18).	31
Şekil 3.5 : Basınçlı su reaktörü birincil çevrim şeması.	32
Şekil 3.6 : Basınçlı su reaktörü çevrim şeması.	33
Şekil 3.7 : Kaynar su reaktörü birinci devre çevrim şeması.	35
Şekil 3.8 : Kaynar su reaktörü çevrim şeması.	35
Şekil 3.9 : Basınçlı ağır su reaktörü çevrim şeması.	37
Şekil 3.10 : Gelişmiş gaz soğutmalı reaktör çevrim şeması.	38
Şekil 3.11 : Doğrudan, dolaylı ve diğer maliyetler (Turanlı Orakçı, 2012).	42
Şekil 3.12 : Tüketimin max. olduğu gündeki üretimin kaynak bazında dağılımı.	42
Şekil 3.13 : Dünyada nükleer santraller (Url-22).	44
Şekil 3.14 : Nükleer enerjinin elektrik enerjisi üretimindeki payı (Url-23).	45
Şekil 3.15 : ABD enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı (Url-24).	45
Şekil 4.1 : Modelleme kapsamında göz önünde bulundurulmuş parametreler.	48
Şekil 4.2 : Marjinal maliyet esasına göre termik santrallerin sıralanması.	49
Şekil 5.1 : ÇNAEM TR-2 araştırma ve eğitim reaktörü.	53
Şekil 5.2 : İTÜ TRIGA Mark-II eğitim ve araştırma reaktörü.	53
Şekil 5.3 : Türkiye’de NGS kurulumu için uygun olduğu belirtilen yerler (Url-26).	54
Şekil 5.4 : Nükleer güç santrali projelerine yönelik planlamalar (ETKB, 2014).	59
Şekil 5.5 : Nükleer enerjiye ilişkin altyapı hazırlık planlamaları (ETKB, 2014).	59
Şekil 5.6 : Nükleer enerjide yerli yakıt kullanımına yönelik plan (ETKB, 2014).	60
Şekil 5.7 : Projeye ilişkin saha bilgilerini gösteren harita.	61
Şekil 5.8 : VVER nükleer güç santralının güç ünitesi ve güvenlik akış şeması (Url-31).	63
Şekil 5.9 : NGS güvenlik değerlendirmesi.	65
Şekil 5.10 : Versiyon 1 talep projeksiyonu detayları.	67
Şekil 5.11 : Versiyon 2 talep projeksiyonu detayları.	68
Şekil 5.12 : Versiyon 3 talep projeksiyonu detayları.	69
Şekil 5.13 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı.	70
Şekil 5.14 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı.	71
Şekil 5.15 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.	71
Şekil 5.16 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.	72
Şekil 5.17 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.	72
Şekil 5.18 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı.	73
Şekil 5.19 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı.	74

Şekil 5.20 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı ..	74
Şekil 5.21 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları	75
Şekil 5.22 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi	75
Şekil 5.23 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı	76
Şekil 5.24 : 2023 yılı için öngörülen kurulu güc oranları	77
Şekil 5.25 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı ..	77
Şekil 5.26 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları	78
Şekil 5.27 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi	78
Şekil 5.28 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı	80
Şekil 5.29 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı	81
Şekil 5.30 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı ..	81
Şekil 5.31 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları	82
Şekil 5.32 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi	82
Şekil 5.33 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı	83
Şekil 5.34 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı	84
Şekil 5.35 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı ..	84
Şekil 5.36 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları	85
Şekil 5.37 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi	85
Şekil 5.38 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı	86
Şekil 5.39 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı	87
Şekil 5.40 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı ..	87
Şekil 5.41 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları	88
Şekil 5.42 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi	88
Şekil 5.43 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı	90
Şekil 5.44 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı	91
Şekil 5.45 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı ..	91
Şekil 5.46 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları	92
Şekil 5.47 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi	92
Şekil 5.48 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı	93
Şekil 5.49 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı	94
Şekil 5.50 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı ..	94
Şekil 5.51 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları	95
Şekil 5.52 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi	95
Şekil 5.53 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı	96
Şekil 5.54 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı	97
Şekil 5.55 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı ..	97
Şekil 5.56 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları	98
Şekil 5.57 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi	98
Şekil 5.58 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı	100
Şekil 5.59 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı	101
Şekil 5.60 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı ..	101
Şekil 5.61 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları	102
Şekil 5.62 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi	102
Şekil 5.63 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı	103
Şekil 5.64 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı	104
Şekil 5.65 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı ..	104
Şekil 5.66 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları	105
Şekil 5.67 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi	105
Şekil 5.68 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı	106
Şekil 5.69 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı	107

Şekil 5.70 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.	107
Şekil 5.71 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.	108
Şekil 5.72 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.	108
Şekil 5.73 : Versiyon 1 talebe göre serbest piyasa fiyatları.	109
Şekil 5.74 : Versiyon 2 talebe göre serbest piyasa fiyatları.	109
Şekil 5.75 : Versiyon 3 talebe göre serbest piyasa fiyatları.	110
Şekil 5.76 : Talep versiyonlarına göre yenilenebilir ve hidroelektriğin toplam payı.	111
Şekil 5.77 : Versiyon 1 talep projeksiyonuna göre doğal gazın payı.	111
Şekil 5.78 : Versiyon 2 talep projeksiyonuna göre doğal gazın payı.	112
Şekil 5.79 : Versiyon 3 talep projeksiyonuna göre doğal gazın payı.	112
Şekil 5.80 : Versiyon 1 talebe göre nükleerin olduğu / olmadığı durum.	113
Şekil 5.81 : Versiyon 2 talebe göre nükleerin olduğu / olmadığı durum.	113
Şekil 5.82 : Versiyon 3 talebe göre nükleerin olduğu / olmadığı durum.	114

NÜKLEER SANTRALLARIN ENERJİ PİYASASINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ VE APLUS BİLGİSAYAR PROGRAMI İLE İRDELENMESİ

ÖZET

Globalleşen dünyada, ülkelerin enerji gereksinimleri; sanayi devriminden sonra nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojik gelişimlerle birlikte değişim geçirerek yeni şartlara ayak uydurabilmek için giderek artmaktadır. Enerji kaynaklarının kısıtlı olması tüm kaynakların etkin olarak kullanılmasına yönelik çalışmaları arttırmış olup daha ucuz, daha temiz ve daha verimli yöntemlerle enerjinin sürdürülebilir olarak üretimini de ön plana çıkarmıştır. Bu bağlamda, pek çok ülkenin ve bu arada ülkemizin de nükleer santraller kurmayı gündemine aldığı gözlenmektedir.

Öte yandan, enerjiye duyulan gereksinim, dünya çapında dinamik bir enerji piyasası oluşumuna sebep olmuştur. Piyasa dinamikleri ekonomik, teknolojik ve yerel kaynaklar gibi birçok parametre üzerine kurulu olmakla beraber, siyasi faktörler gibi dış politikayı da güdümlen argümanlara sahip bulunmaktadır. Nükleer santraller, enerji piyasalarının istikrarını sağlayan bir argüman olarak nitelenmektedir. Bu Yüksek Lisans tez çalışmasında, bu husus örnekleriyle vurgulanmaktadır. Tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak ulusal enerji arz güvenliği sağlanmaya çalışılmaktadır. Ulusal olarak yapılan tüm planlamalarda enerji son derece etkin bir rol oynarken, ülkemiz bulunduğu coğrafyada enerji alanında önemli bir merkez ve geçiş güzergâhı hâline gelmektedir.

Ülkemizde, enerji ithalatının ve bu bağlamda ithal enerji kaynaklarına yapılan ödemelerin cari açığa olan etkisi yadsınamaz bir gerçektir. Enerji kaynakları bakımından %72 gibi büyük bir oranda yurt dışına bağlı bir ülke olarak bu oranın mümkün olduğunca düşürülebilmesi için her türlü seçeneği değerlendirmek gerektiği aşikârdır.

Baz santral olmasına karşın, ülkemizde şimdiye dek uygulamaya geçirilemeyen tek kaynak olan nükleer enerjinin devreye girmesi ile emre amade enerji arzında önemli bir girdi oluşturması beklenmektedir. Bu çalışmada, ülkemizin ilk nükleer santrali olması beklenen Akkuyu Nükleer Güç Santral (NGS)'inin Türkiye Enerji Piyasasına yapacağı etki incelenmektedir. Bu Yüksek Lisans tez çalışması kapsamında; Akkuyu NGS'nin farklı yıllar itibarıyla devreye alındığı 3 ana senaryo ve güvenlik kaygıları ve öngörülemez engeller vb. nedenlerle devreye alınmadığı 1 baz senaryo ile santrale ilişkin çalışma programı kurgulanmıştır. Ayrıca, Türkiye'nin 2020'li yıllarda 3 farklı talep versiyonu geliştirilmiş ve kombinasyonel olarak incelemelerin yapılması hedeflenmiştir. Daha sonra belirlenen bu senaryolar ve versiyonel talep öngörülerine APLUS programıyla modellenmiştir.

APLUS programı, esas itibarıyla Türkiye Elektrik Piyasası'nın modellenmesi analizi ile birlikte ileriye dönük trend ve yönelimlerinin belirlenmesi ile piyasa izlemesine yönelik geriye dönük analiz yapılmasına olanak veren bir programdır. Bu Yüksek Lisans tez çalışması kapsamında, yazılımın söz konusu bu performansı kullanılarak, öngörülen fiyatlar, maliyetler ve elektrik enerjisi arz - talebine ilişkin yük eğrileri ile

piyasaya nükleer santraller için kaynak türü bazında yeni kapasite girişleri ile ilgili tahmin yapılabilme özelliğinden yararlanılmıştır.

Yapılan alışmalar sonucunda; senaryoların APLUS programıyla modellenmesi ile, seçilen yıllara ilişkin piyasa öngörü şartları elde edilebilmiştir. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesi neticesinde; Akkuyu NGS'nin Türkiye enerji piyasası yapısına ve serbest piyasa fiyatlarına yapacağı etkinin incelenmesi mümkün olmuştur. Bu değerlendirme çalışmalarının yanı sıra, nükleer enerjinin günümüz hkmeti tarafından 2023 yılı için belirlenen hedeflerin başarılabilmesine olan etkisi de irdelenebilmiştir.

Elde edilen veriler incelendiğinde; nükleer enerjinin önemli bir baz santral olması sebebiyle fosil kaynaklara dayalı üretim tesislerinin piyasadaki payını önemli oranda düşürdüğü, rekabet koşullarına dayalı serbest piyasada işletme maliyetlerinin diğer fosil yakıtlar ile mukayese edildiğinde daha düşük olması sebebiyle piyasa takas fiyatlarında düşüşe neden olduğu ve tüketiciler lehine fiyatların oluşmasına katkı sağladığı grlmştr.

THE ANALYSIS OF THE IMPACT OF NUCLEAR POWER PLANTS ON ENERGY MARKET AND THE EVOLUTION BY APLUS PROGRAM

SUMMARY

Energy requirement of countries in the globalized World, evolving and continuously increasing along with the population growth and rapid technological advances to cope with changing conditions since the Industrial Revolution. Increasing welfare leads to consume more energy day after day. In spite of increasing energy demand, because of limited energy resources, researches on the effective usage of all energy resources has increased and the subject of generating energy with cheaper, cleaner, sustainably with more efficient methods come into prominence.

Nowadays most preferable form of energy is electricity. Because of being converted to other energy forms easier, transferred to other locations more comfortable with minimum missing. In this regard, Turkey's electricity demand, like most of the developing countries in the World, shows continuously increasing trend. Turkey has experienced some of the fastest growth in energy demand, at an annual growth rate of 6-7 % percent per year, in the OECD countries over the past decade. According to IEA reports, Turkey's energy demand, likely over the past few years, will continue to grow in the future at an annual growth rate of around 4.5% from 2015 to 2030 and approximately doubling over the next decade. Due to continuously increasing energy demand, the security of supply concept recently come into prominence.

Turkey is currently heavily dependent on fossil fuels for energy consumption especially with natural gas and oil. According to 2013 data, total production of electricity is supplied by usage of natural gas is 44%, hydro is 25%, local and imported coal is 25 %, wind is 3% and others is 3%. While natural gas and coal are main sources, because of very limited domestic resources of natural gas and oil (nearly all, 97%, of natural gas imported in 2013) thus it leads to increase the Turkey's dependence on imported natural gas. To reduce country's dependence on imported natural gas, Turkey decided to diversify energy mix and as a result has put construction of Nuclear Power Plants in her agenda.

On the other hand, need for energy caused establishment of a dynamic worldwide energy market. Although the market dynamics are based on economical, technological and local resources, also includes parameters like political factors that effects the foreign policy. Nuclear Power Plants are characterized as an argument to provide stability to the energy markets. In this study, this issues are highlighted with examples.

With regards to the above mentioned, the intention is the establishment of security of national energy supply with taking all these factors under consideration. While energy is playing an extremely active role in all national plans, our country is becoming a major energy hub and transit route in its region.

In our country, the impact of energy to the current account deficit is unquestionable. As a country depending on abroad energy resources in a large part, such as 72 %, it is obvious that all options should be evaluated to reduce this ratio as much as possible.

It is expected that with the nuclear power plant, despite the only energy source that cannot be implemented as yet in Turkey, becomes operational although it is a base load power plant, it will be an important input the obedient energy supply. The aim of this study is examine the impact of Akkuyu NPP, which will be the first nuclear power plant in our country, considered to be made on Turkish Energy Market.

Within the scope of this master thesis study, at first, energy market of Turkey and its dynamics are dwelled upon and the arguments that effect energy market (economical, environment, sustainable development, technology and politics) are introduced. With all that, the importance of obedient power plants on energy market is highlighted and evaluated with energy market behaviors.

Besides, constructed as obedient and with high capacity factor, contemporarily nuclear power plants which are proven themselves and gained the conventional characterization are introduced and evaluated comparatively. In this context, the role and importance of nuclear power plants in energy market are emphasized.

Although, there are further planning to the construction of three different nuclear power plants in three different locations in Turkey for the future, Akkuyu Nuclear Power Plant has the most possibility to be operational in near future and also 100th anniversary for founding of Republic of Turkey. For the construction of Akkuyu Nuclear Power Plant an intergovernmental agreement was signed and necessary work has started. It is aimed to examine the impact of Akkuyu Nuclear Power Plant which will be consisting of four VVER-1200 type reactors, on energy markets.

To this end, the impact of Akkuyu Nuclear Power Plant, which will consist of 4 reactors, on the energy market is simulated by a computer modelling software using the predicted commissioning dates of each reactor.

Within the scope of the study, to be able to comparatively evaluate the impact of nuclear power plants on the energy market, 4 operation program scenarios, which are three scenarios for the case of Akkuyu Nuclear Power Plant, which selected as the sample power plant, is operational and one scenario for the case of power plant could not be constructed (due to unexpected obstacles and safety concerns) thus not operational, are fictionalized. Also, three different demand situations for 2020s in Turkey are developed and it is aimed to make examinations as combinational. After that, all these designated scenarios with their demand situation predictions, are modelled with APLUS software.

Essentially, APLUS is a software that enables the analysis of Turkish Energy Market structure modelling along with the determination of prospective trends and tendencies and the retrospective analysis for market monitoring to be done. Therefore within the scope of this master thesis study, using the software's before mentioned performance, predicted values, costs, load curve and the its feature of making predictions about new capacity introductions on new source type basis for nuclear power plants.

As a result of this study, market structures and price forecasts obtained for selected years by APLUS program. According to results that obtained from study, the impact of nuclear power plants on Turkey Energy Market can evaluated. The impact of the nuclear power is evaluated basically by comparing the situations that nuclear power plant is commissioned and not commissioned. As a result of evaluating the results of this study, it was possible to examine the impact to be made by Akkuyu Nuclear Power Plant on Turkish Energy Market structure and free market prices. In addition to this

evaluation studies, the effect of nuclear energy on targets set for 2023 to be achieved, could also be discussed.

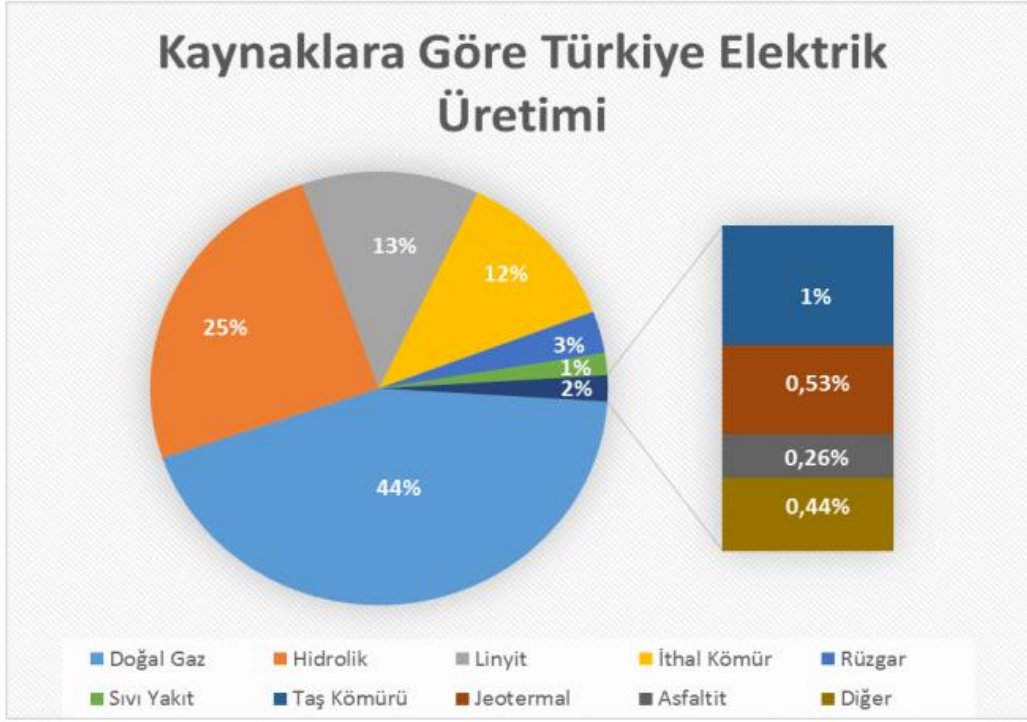
1. GİRİŞ

Enerji, hayatımızın her alanına girmesiyle; su ve gıda gibi vazgeçilmez bir ihtiyaç hâline gelmiş bulunmaktadır. Enerji kaynakları için olan rekabetin şiddetlenmesiyle “*Enerji artık ticareti yapılan bir meta değil, aynı zamanda ulusal güvenliğin ve ekonomik refahın en önemli unsuru, stratejik bir varlık*” (Öğütçü, 2014) hâline de gelmiştir. 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren enerjiye güvenilir kaynaklardan ulaşabilme anlayışı ülkeler için temel unsur hâline gelmiş ve enerji, politikalara ilişkin tartışmaların değişmeyen gündem maddelerinden biri olmuştur.

Ülkemiz için de enerji yadsınamaz bir öneme sahip bulunmakta olup, enerjiye ulaşım ve kullanım politikaları, etkin olarak hayata geçirilmeye çalışılmaktadır. Nitekim, İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD) ülkeleri içerisinde, geçtiğimiz 10 yıllık dönemde Türkiye, yıllık ortalama yüzde 6-7 oranında artışla enerji talep artışının en hızlı gerçekleştiği ülke durumundadır (ETKB, 2013).

Özellikle, sanayileşme ve şehirleşmenin ekonomik gelişmeleri tetiklemesiyle talep giderek artan bir profil çizmiştir. Bu durum artan nüfus da göz önünde bulundurulursa gelecek için büyük bir potansiyel artışa işaret etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (EIA) raporlarına göre bu artışın 2015 – 2030 döneminde yıllık ortalama % 4,5 oranında görülmesi beklenmektedir (Url-1).

Ülkemizde, elektrik enerjisi ihtiyacı, esas olarak doğal gaz ve kömürden karşılanmaktadır (TEİAŞ, 2014a). Şekil 1.1’de Türkiye’de elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı gösterilmektedir. Görüldüğü gibi, elektrik üretiminde önde gelen enerji kaynaklarından olan doğal gaz ve kömürün ciddi oranlarda yurt dışından tedarik ediliyor olması nedeniyle alternatif birçok politika belirlenmiş ve uygulamaya konulmaya çalışılmıştır. Ancak konulan bu politikaların şimdiye dek başarıyla uygulandığı da söylenememektedir.



Şekil 1.1 : 2013 yılı genelinde üretim tipine göre enerji üretimi (TEİAŞ, 2014a).

Ulusal enerji politikaları oluşturulurken, öncelikli olarak her türlü enerji kaynağının kullanılabilirliği ve tedarikinin incelenmesi gerekmektedir. Enerji politikalarının oluşturulmasında öncelikle yerel kaynakların belirlenmesi ve daha sonra ise tüm kaynakların tedarik güvenliğinin sağlanmasında nasıl rol alacağını belirlenmesi esas olmaktadır.

Bu çalışmalar için öncelikli olarak ülkemiz enerji kaynaklarının fosil ve yenilenebilir olmak üzere iki başlık altında değerlendirilmesi uygun olacaktır.

Fosil yakıtlar grubunda, elektrik üretiminde en fazla paya sahip olan doğalgazın neredeyse tamamında (yaklaşık % 97'si) yurt dışına bağımlılık söz konusudur (TP, 2014). Burada, Türkiye'nin doğal gaz temininde özellikle Rusya'ya olan bağımlılığı önemle üzerinde durulması gereken hususu oluşturmaktadır. Ayrıca, soğuk kış aylarında doğal gazın konutlarda kullanımının artmasıyla elektrik üretimi için kısıtlı arz şartlarının ortaya çıkması söz konusu olabilmektedir. Bu durum, kış ayları için enerji arz güvenliğini tehdit edici durum olarak nitelenmektedir.

Türkiye'de kömür kullanımına bakıldığında ise, bu kaynağın yerli kaynak olması sebebiyle enerji politikamızda önemli rol oynadığı görülmektedir. Bununla beraber, yerel kömür düşük kalorili olması ve kullanımı sırasında çevreye verdiği zararın yüksek olması sebebiyle tartışmalara hâlen konu olmaktadır. Aynı zamanda

yerli kömürün kalorisinin düşük olması, yüksek kalorili ithal kömüre dayalı üretim tesislerinin kurulmasını tetiklemekte ve kömür kaynağında da önemli oranlarda dışa bağımlı olunmasına neden olmaktadır (TEİAŞ, 2014a).

Bu iki kaynağa ek olarak, elektrik üretiminde düşük oranda olmakla beraber petrol ve türevlerinin de kullanıldığı görülmektedir. Fosil yakıtlarda bu denli ithalata bağımlı olunması ülkemizin geleceğini stratejik ve ekonomik açıdan kırılgan bir hale getirdiği söylenebilir.

Ülkemizdeki yenilenebilir enerji kaynaklarına bakıldığında ise, son dönemlerde konunun popüler hale gelmiş olduğu görülmektedir. Yasal zeminin hazırlanmasının zaman alması ve dönem dönem ilgili mevzuatlarda revizeler gerçekleşmesi sebebiyle rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarında gelişim halen devam etmektedir (Boşça, 2009).

1950'li yıllardan itibaren hayata geçirilen önemli projelerle Türkiye'nin hidrolik kaynaklarda ciddi oranda yol aldığı söylenebilir. Bu bağlamda, fizibil olan birçok alan için lisanslandırma faaliyetinin gerçekleştiği, önemli bir kısmının faaliyete geçtiği ve geriye kalanlar için tesis kurulum çalışmalarının devam ettiği görülmektedir (Url-2).

2009 yılında yasal zeminin nispeten oturtulmasıyla rüzgâr enerjisi kullanımında ciddi gelişmelerin gerçekleştiği görülmektedir. Yapılan yatırımların meyvelerini vermesi de hâlen devam eden bir süreci oluşturmaktadır (TÜREB, 2015).

Benzer bir gelişme de, güneş enerjisi için beklenmekte olup Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) 2014 yılında bu konu ile ilgili önemli ilerlemeler kaydetmiştir (Gözen, 2014). Ülkemizin güneş enerjisi için elverişli kuşakta yer alması bu alanda beklentileri yükseltmiş durumdadır.

Ülkemizde jeotermal kaynak alanları olarak yer yer önemli kaynaklarımız olmakla beraber bu alanlara yönelik elektrik üretim amaçlı tesisler kurulmaya devam etmektedir. Elektrik üretimi verileri incelendiğinde jeotermal kaynağa dayalı üretimin payının çok düşük oranlarda kaldığı görülsede, her türlü yerli kaynağın değerlendirilmesi ve elektrik enerjisi üretiminde kaynak olarak çeşitliliğin sağlanması adına bu tür kaynakların kullanılması önemlidir (TEİAŞ, 2014a). Çizelge 1.1'de yenilenebilir enerji kaynakları konusunda Türkiye'nin durumu ve bu kaynaklara dayalı potansiyeli görülmektedir.

Çizelge 1.1 : Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarının ekonomik potansiyelleri.

Yenilenebilir Kaynaklarımız	Toplam Kurulu Güç Potansiyeli	Kurulu Gücümüz	Kapasite Faktörü	2023 Hedefi	Yıllık Ortalama Üretim Potansiyeli (milyonkWh/yıl)
Hidro	36.000	16.934	44%	36.000	144.000
Rüzgar	48.000	1.587	30%	20.000	60.000
Güneş	50.000	-	20%	3.000	7.500
Jeotermal	600	94	84%	600	4.400
Biyokütle	2.000	44	80%	2.000	14.000
TOPLAM	136.600	18.659	-	61.600	229.900

Çizelge 1.2’de, yıllar itibariyle Türkiye elektrik enerjisi talebindeki tahmini artış oranları 3 farklı senaryoya göre verilmiştir (TEİAŞ, 2014b). Her üç senaryodada artış trendinin olduğu görülmektedir. Bir başka deyişle, yakın gelecekte enerji gereksiniminin ülkemizde giderek artması nedeniyle yeni yatırım ve güç santrallerine ihtiyaç olacağı görülmektedir.

Çizelge 1.2 : Türkiye elektrik üretim talebi senaryoları (TEİAŞ, 2014b).

YIL	BAZ ENERJİ TALEBİ		DÜŞÜK ENERJİ TALEBİ		YÜKSEK ENERJİ TALEBİ	
	GWh	Artış (%)	GWh	Artış (%)	GWh	Artış (%)
2014	251320	1,2	256700	3,4	273970	10,3
2015	263230	4,7	271450	5,7	291500	6,4
2016	275810	4,8	287310	5,8	309870	6,3
2017	287100	4,1	302750	5,4	329080	6,2
2018	301680	5,1	319980	5,7	349150	6,1
2019	317290	5,2	338270	5,7	370100	6
2020	333310	5	357430	5,7	391940	5,9
2021	348840	4,7	376150	5,2	414670	5,8
2022	364600	4,5	395540	5,2	438300	5,7
2023	380630	4,4	415680	5,1	462850	5,6

Verilen tüm bu arz ve talebe ilişkin bilgiler ışığında, gelecek dönemde artan talebin dengelenebilmesi için her yıl ortalama 4000-5000 MW üretim tesisinin devreye alınması gerektiği belirtilmektedir (NEPUD, 2013). Hâlihazırda devam eden yatırımlar ile, gerek yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı tesislerin kapasite faktörlerinin düşük olması ve gerekse yeterli yatırımların yapılamamış olması nedeniyle gelecekteki enerji talebinin karşılanamayacağı öngörüsü yapılmaktadır. Bu da, “enerji açığı” anlamına gelmektedir. Bu açığın telafi edilmesi adına, ülkemizde enerji üretiminde kullanılmayan tek kaynak olan nükleer enerji, son dönemde öne

çıkan en önemli alternatif olarak görülmektedir. Enerji temin kaynaklarına nükleerin de dâhil edilmesiyle, söz konusu enerji açığının daha kolay kapatılabileceği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (SDE, 2011).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) - Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Başkanlığı'nın (NEPUD) Akkuyu Nükleer Güç Santrali (NGS)'nin tanıtımı için hazırlamış olduğu yayında; “Ülkemizin 2023'te kurulu gücünün 110.000-130.000 MW arasında olması, elektrik tüketiminin 500 milyar kWh olması öngörülmektedir”denilmektedir (NEPUD, 2013). Yine bu yayında; “Elektrik ihtiyacımızın karşılanmasında kullanılan doğalgaz ve sıvı yakıtların neredeyse tamamının, kömür yakıtların ise yaklaşık % 30'unun ithal olduğu açıktır. Diğer yandan, hidroelektrik potansiyelimize ek olarak rüzgâr, güneş, jeotermal, biokütle gibi yenilenebilir enerji potansiyelimizin tamamı kullanılsa bile 2023 yılına kadar ulaşacağımız 500 milyar kWh enerji tüketimimizin ancak yarısına yakını karşılanabilmektedir. Elektrik tüketim talebinin karşılanmasının yanı sıra, Türkiye'nin 2023 yılına kadar, 500 milyar dolar ihracat gerçekleştirmesi, kişi başına 25.000 dolar milli gelire sahip olması ve 2 trilyon dolar milli gelir ile dünyanın ilk 10 ekonomisi arasında yer alabilmesi için sürekli enerji üreten nükleer güç santrallerini inşa etmesi bir seçenek değil, zorunluluk olarak karşımıza çıkmaktadır.” ifadelerine yer verilmiştir.

Bu çerçevede nükleer enerjinin,

- Enerjide dışa bağımlılığın azaltılması,
- Elektrik üretiminde sürekli ve üretim açısından güvenilir kaynak olması,
- Emre amadeliğinin yüksek olması,
- Öngörülen enerji açığını ciddi oranda gidermesi,
- Ulusal enerji arz güvenliği ve fiyat istikrarına yapacağı katkı,
- Çevre dostu olması (Hava kirliliği ve iklim değişikliğine saülayacağı pozitif katkı)

gerekçeleriyle çok boyutlu ve uzun soluklu enerji politika ve stratejilerimizde önemli bir oyuncu olarak yer alması beklendiği söylenebilir. Baz santral olmasına karşın, ülkemizde şimdiye dek uygulamaya geçirilemeyen nükleer enerjinin devreye girmesi ile emre amade enerji arzında önemli bir girdi oluşturması beklenmektedir.

Bu Yüksek Lisans tez çalışmasında, ülkemizin ilk nükleer santrali olacak olan ve hâlen çalışmaları devam eden Akkuyu NGS'nin Türkiye Enerji Piyasasına yapacağı etkinin piyasa yapısı (kurulu güç dağılımı ve üretime katkı oranı) ve sebest piyasa fiyatları açısından incelenmesi amaçlanmaktadır. Bu bağlamda, dört üniteden oluşacak olan Akkuyu NGS'nin devreye giriş tarihleri öngörülerek bir modelleme çerçevesinde bilgisayar programı kullanılarak enerji piyasasına yapacağı etkinin irdelenmesi hedeflenmektedir.

2. ENERJİ PİYASASI

Piyasa; kavram olarak, bir mal ve hizmetin arz ve talebinin düzenli bir şekilde karşılaşması olarak açıklanabilmektedir. Piyasanın sosyal bir yapısı olup piyasada yer alan oyuncuların tercihlerine göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Piyasa ekonomisi ise devlet tarafından genel kuralları konulan oyun alanında, çok sayıdaki iktisadi aktörlerin birbirinden bağımsız vermiş oldukları kararların makroekonomik süreç üzerinde etkilerinin sunucu olarak tanımlanmaktadır (Uysal, 2004).

Bu bölümde; Türkiye Enerji Piyasası tanıtımı ve dinamikleri, enerji piyasasını etkileyen argümanlar, emre amade santraller ve enerji piyasası için önemi ve enerji piyasası hareketlerine ilişkin ana başlıklara yer verilmiştir.

2.1 Enerji Piyasası ve Dinamikleri

Türkiye Elektrik Kurumu'nun (TEK) 1984 yılında TEDAŞ ve TEAŞ olarak ayrılmasıyla, Türkiye enerji piyasasında liberalleştirme ve serbestleştirme serüveni başlamıştır. Yap-İşlet-Devret (YİD) ve Yap-İşlet (Yİ) gibi modeller ile özel sektörün, enerji sektörüne ilgisinin artırılması için ilk adımlar atılmıştır. İlerleyen süreçte ise yatırım için elverişli koşulların sağlanmasıyla enerji sektörünün yatırımcılar için cazip hâle geldiği görülmektedir.

2001 yılı içerisinde rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösterebilecek, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin sağlanması amacıyla 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nun çıkartılmasıyla Türkiye'de önemli bir aşamaya gelinmiştir. Söz konusu bu kanun; elektrik piyasası faaliyetlerinin (üretim, iletim, dağıtım, ticaret) ayrıştırılmasını, piyasa düzenleme ve denetleme yetkisinin siyasi otoriteden alınarak bağımsız bir kurula devrini (ekonomik olmayan müdahalelerin engellenmesini), çapraz sübvansiyonların kaldırılmasını, devletin kontrol edici ağırlığının terk edilmesini, maliyete dayalı bölgesel fiyat politikasının uygulanmasını öngörmektedir. Bu yasal düzenleme ile, piyasada hem kamu hem de özel sektör oyuncuları için eşit şartların oluşturulabilmesi ve piyasaların denetleme ve

düzenleme görevini üstlenmesi için Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kurulmuştur.

EPDK'nın kurulması, Türkiye Enerji Piyasası için önemli kilometre taşlarından biri olmuştur. EPDK'nın tüketici açısından getirdiği en önemli değişikliklerden biri de serbest tüketici kavramı ve tüketicilere elektrik tedarikçisini seçme imkânı vermesi olmuştur (Url-3).

Çeşitli kanunlarla, farklı zamanlarda; doğal gaz, petrol ve LPG piyasalarının da düzenlenmesi görevi EPDK'ya verilmiştir. Belli bir aralıkla serbest bırakılan akaryakıt fiyatları dışında, EPDK'nın 1 Ocak 2005'ten itibaren, bu alandaki her türlü düzenleme ve faaliyetleri kontrol etme yetkisi bulunmaktadır (Url-4). EPDK'nın kamu kurumu olmasına karşın bağımsız nitelikte bir üst kurul olması ve hükümetin vesayeti altında olmaması öngörülmüştür. Böylelikle, enerji piyasalarının tarafsız bir otorite tarafından ekonomik kurallar dikkate alınarak yönetilmesi hedeflenmiş olmaktadır.

150 Milyar Lira işlem hacmine sahip olan Türkiye Enerji sektörünün, elektrik piyasalarının öncülüğünde serbestleşme yönünde kararlı adımlarla ilerleyerek bulunduğu coğrafyada komşu ülkelerin de dâhil olduğu projeler ile ilgi odağı hâline geldiği söylenebilir (Accenture, 2013). Enerji piyasaları incelendiğinde, piyasa açıklık oranı ve rekabete açık yapısıyla elektrik piyasasının diğer enerji piyasalarından bir adım daha önde olduğu söylenebilmektedir.

2002 yılı itibariyle uygulanmaya başlanan politikalar ile özellikle elektrik piyasasında kamunun rolü azaltılarak özel sektörün payının artırılması suretiyle serbest ve liberal bir piyasa oluşturulmaya çalışılmıştır. Günümüzde de halen devam eden bu süreçte tam olarak serbest piyasa şartlarının oluştuğu söylenemese de önemli yol kat edildiği ifade edilebilir.

Piyasaların serbestleştirilmesi ve liberalleştirilmesi metodolojisi ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir (IEA, 2005). Ülkemiz bu konuda, elektrik piyasası faaliyetlerinin dikey bütünleşik olarak gerçekleştirilmemesinden yana bir politika izlemiştir. Buna sebep olarak da dikey bütünleşik şirketlerin dünya çapında verimsiz olarak çalışması ve rekabeti engellemesi gösterilmektedir. Bu da aslında, tek bir bütün olarak görülen elektrik sektöründe birçok farklı faaliyetin bulunduğunu ve ayrıştırılması gerektiğini gündeme getirmiştir (Atiyas, 2006).

Ayrıştırılan bu faaliyetlerin rekabete açılacak kısımlarının serbestleştirilmesi, birden fazla firmanın piyasada yer alması ve rekabetin artmasıyla maliyetlerin düşmesi sonucu olarak müşterinin fayda sağlaması amaçlanmıştır. Bu düşünce ile, dikey bütünleşik yapı ayrıştırılarak üretim, iletim, dağıtım ve perakende olmak üzere 4 ana bölüm oluşturulmuş ve sırasıyla serbestleştirme çalışmalarına başlanmıştır (Deloitte, 2014).

Yİ ve YİD modelleri ile üretim kanadında başlayan serbestleşme; özel sektörün piyasaya istenen oranda dâhil edilmesi ve EÜAŞ kapsamında bulunan santrallerin özelleştirme suretiyle özel sektöre devredilmesiyle büyük oranda tamamlanmış durumdadır.

İletim ve dağıtım faaliyetinin doğal tekel konumunda olması, rekabete dayalı sistemin getirilmesini büyük oranda kısıtlamış durumdadır. TEİAŞ, iletim faaliyetini tekel olarak sürdürmekte olup kamunun bu alandaki konumunun devam edeceği anlaşılmaktadır.

Dağıtım kanadında ise, bölgesel ayrıştırma gerçekleştirilerek TEDAŞ'ın faaliyetleri 2013 yılında 21 elektrik dağıtım şirketine (EDAŞ) devredilmiştir (Url-5). Bu bölgelerde, bölgesel olarak rekabet söz konusu olmasada, dağıtımın kısmi olarak rekabete açıldığı söylenebilir.

Perakende faaliyetlerinde ise, 2003 yılında mali uzlaştırma yöntemine geçilerek ilk önemli adım atılmıştır. Daha sonraki yıllarda devam eden çalışmalar ile, 2006'da Dengeleme ve Uzlaştırma Piyasasının temellerinin atılması serbest piyasa için önemli bir adımı oluşturmuştur. Fazla olarak, Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi (PMUM)'nin kurulması, 2009-2010'da ise Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği (DUY)'nde saatlik fiyatlandırma mekanizmasının ve Gün Öncesi Piyasası (GÖP)'nin kurulması da bu konudaki diğer önemli aşamaları oluşturmuştur.

Elektriğin depolanmasının hayli zor ve maliyetli olması, sistemde her an arz ile talebin denk olmasını gerektirmektedir. Bu gereklilik, her daim üretim ile tüketim ve kayıp toplamının denk olmasının gerekli olduğu anlamına gelmektedir. Sistemin bu şekilde dengede tutulabilmesi için komplike bir dengeleme mekanizmasına, diğer bir deyişle kompleks sistem operatörlü bir yapıya ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu bakımdan da, EPDK tarafından Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği (DUY)'un yayınlanması ve Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi'nin (PMUM) kurulması, elektrik

piyasası için bir kilometre taşı niteliğinde olmuştur. DUY'un son hâliyle gelen “Gün Öncesi Dengeleme” ve “Gerçek Zamanlı Dengeleme” mekanizmalarının kurulması ise diğer önemli adımlar olmuştur (EPDK, 2009).

Bu iki piyasaya, İkili Anlaşmalar Piyasası'nın da eklenmesi ile hâlen kullanılmakta olan 3 piyasa ile Elektrik Piyasası, mali ve teknik olarak dengelenmektedir. Günümüzde gelinen noktaya ek olarak, “Gün İçi Piyasaları”nın oluşturulması ve kurulum aşamasının sonuna gelinen “Enerji Borsası” olarak da bilinen EPIAŞ'ın işler hale getirilmesi de yakın gelecekte hayata geçirilmesi istenilen hedefler olmaktadır.

Kuruluşunun tamamlanmasıyla, yakın gelecekte adı sıkça duyulacak olan diğer bir piyasa dinamiği ise EPIAŞ olacaktır denebilir. Yakın coğrafya için enerji üssü olma hedefi olan Türkiye için EPIAŞ'ın kurulumu, enerji ticaretinde dönüm noktası olarak nitelenmektedir. Hâlihazırda, dar hacimde devam eden Enerji Borsasının, Borsa İstanbul ile finans piyasalarına entegrasyonunun sağlanmasıyla çok daha geniş hacimli, aktif ve şeffaf bir yapıya bürünmesi hedeflenmektedir (EPDK, 2015). Bu yapının sağlanması ile anlaşma çeşitliliklerinin artırılması ve katılımcı portföyünün genişlemesi de öngörülmektedir.

Elektrik piyasasında gelinen son duruma karşın doğal gaz piyasasında aynı ilerleme kaydedilememiştir. Büyük oranda BOTAŞ'ın kontrol ettiği bir piyasa söz konusu olup elektrik piyasasında gerçekleşen ayrışmaların doğal gaz piyasası için de uygulanması hedeflenmektedir. Hâlihazırda, özel sektörün en fazla ithalat faaliyetinde etkin olarak rol oynadığının görülmesine karşın buradaki oran, istenilenin hayli altında kalmaktadır (Akçollu, 2009).

Serbestleşme çalışmalarına ilişkin olarak, 2004 yılında dağıtım özelleştirmeleri gerçekleştirilerek ilk önemli adım atılmış ve 2005'de Gazprom ile Türk şirketleri arasında ilk kontrat devri gerçekleşmiştir (EPDK, 2014a). Üçüncü tarafların LNG terminallerini kullanma hakkına sahip olması ile ithalat konusunda önemli bir gelişme gerçekleşmiştir (EPDK, 2014a). Tüm bu gelişmeler ile 2009'da 4 milyar m³ olan özel sektörün payı 2012'de 10 milyar m³'e ulaşmış bulunmaktadır (EPDK, 2014a). Yıllık toplamda Türkiye'de yaklaşık olarak 50 m³ olan tüketim göz önüne alındığında özel sektör payının düşük olduğu net bir şekilde görülebilmektedir. Gelecek yıllarda BOTAŞ'ın piyasa oranının düşürülmesi ve piyasanın ayrıştırılarak serbestlik oranının

arttırılması ile doğalgaz piyasasında daha fazla piyasa aktörünün yer alması hedeflenmektedir (Akçollu, 2009).

2.2 Enerji Piyasasını Etkileyen Argümanlar

Enerji, sosyal ve ticari hayatta kilit rol oynaması sebebiyle birçok alanı doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilmektedir. Bu bağlamda enerji piyasasının da birçok argüman ile etkileşim içerisinde.

Bu bölümde söz konusu argümanlardan olan ekonomi, çevre, sürdürülebilir kalkınma, teknoloji ve politika konu başlıkları alt bölümlerde ele alınmaktadır.

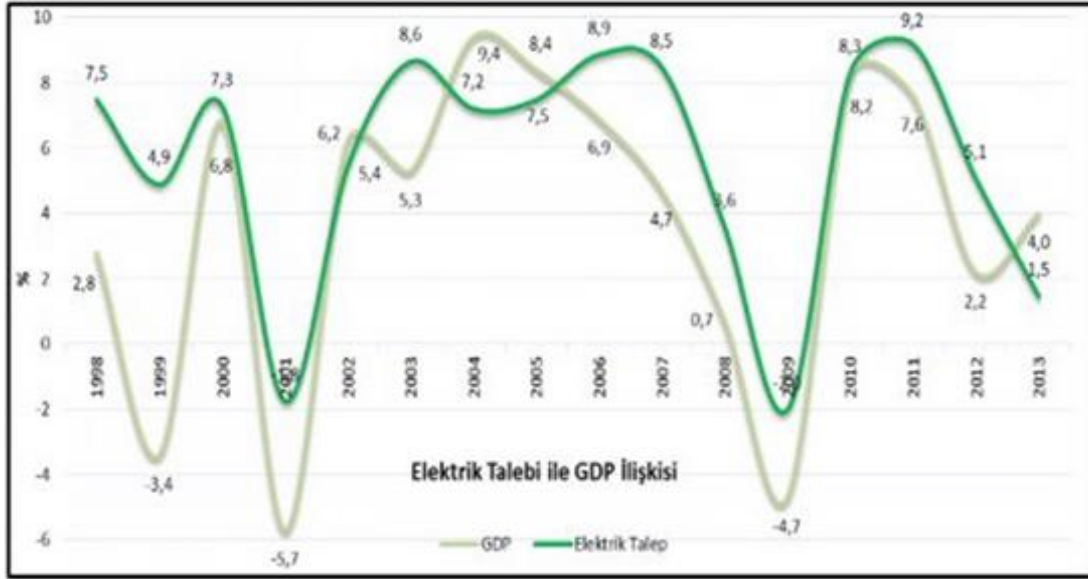
2.2.1 Ekonomi

Enerji ile ekonomi arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. Ekonomik faaliyetlerin temel girdisi olarak elektriğin yer alması, ekonomi ile enerjiyi ayrılmaz bir ikili durumuna getirmiştir. Nitekim, *“Ülkemizde enerji, makroekonomik bakış açısından ülke siyaseti ve ekonomisine dair karar alıcıların da ilgisindedir. Enerjiyle ekonomi arasındaki çift yönlü organik ve pozitif ilişki, bir başka ifadeyle ekonomik büyümenin enerji gerektirmesi ve ekonomik büyümeyle artan refahın enerji talebini artırması, doğal enerji kaynaklarına yeterince sahip olmayan ülkemizde cari açık sorununa neden olmaktadır”* ifadesi ile enerji-ekonomi ilişkisine net bir şekilde vurgu yapılmaktadır (Yılmaz, 2014).

Şekil 2.1’de Türkiye ekonomik büyüme değerleri ile enerji tüketimi artış oranları bir arada verilmektedir. Görüldüğü üzere, büyüme ile tüketim arasında hemen hemen paralel sayılabilecek bir ilişki söz konusudur. Bu bağlamda, enerji tüketiminin geriden gelen bir profil izleyerek ekonomik büyüme ile hayli yakın değişim gösterdiği gözlenmektedir. Ülke ekonomisinin lokomotifleri olarak kabul edilen inşaat sektörüne hammadde sağlayan çimento ve demir-çelik gibi ağır sektörlerin enerjiye doğrudan bağımlı olması bu grafiğin oluşmasını sağlamış ve enerjiyi ülke ekonomisinin ana arteri hâline getirmiştir (GEKA, 2012).

Diğer taraftan enerji verimliliğinin göstergesi olarak görülen enerji yoğunluğu, enerji tüketiminin (TEP, Joule) finansal bir göstergeye (GSYİH) oranı olarak hesaplanmaktadır. Bu verinin ülkelerin enerji verimliliği hususunda mukayesesinde

esas alınan veri olması sebebiyle ekonominin enerji olan ilişkisi bir kez daha önem kazanmaktadır.



Şekil 2.1 : Türkiye elektrik talebi ile GDP arasındaki ilişki.

Enerjinin bu denli ülke sanayisinde önemli rol oynadığı Türkiye gibi kalkınmakta olan ülkelerde, enerjinin ödenabilir fiyatlarda arzının sağlanması son derece önemli bir konu olmaktadır.

Türkiye'nin hâli hazırda, petrolde % 91, doğalgazda % 98 olan dışa bağımlılığı (TP, 2014), ülkemizin geleceğini stratejik ve ekonomik açıdan kırılgan bir hale getirmektedir. Artan talebin ithale dayalı kaynaklar ile karşılanmaya çalışılması, enerjinin ülke cari açığındaki en önemli kalemlerinden birini oluşturmasına neden olmaktadır. Bu durumun giderilebilmesi için, Türkiye'nin yurt dışına aktardığı ithalat bedellerinin yurt içinde kalması gerektiği açık olarak anlaşılmaktadır. Bu bakımdan, yerel kaynaklar ile nükleer enerjinin ülke cari açığının kapatılmasında son derece etkin bir rol oynayacağı tartışılmaz bir gerçek olarak kendini göstermektedir.

Ayrıca, nükleer güç santrallerinin sadece bir üretim tesisi olarak düşünülmemesi gerekmektedir. Yaklaşık 550 bin parçadan oluşan bu projenin, diğer sektörlerle yapacağı dinamizm etkisi, yeni istihdam imkânları ve bunlara ek olarak ülke sanayisine önemli derecede "katma değer" katması beklenmektedir. Akkuyu NGS projesi ile henüz ülkemizde bulunmayan nükleer santral teknolojisinin know-how transferinin gerçekleştirilmesi ve daha sonra kurulması planlanan 'yerli' nükleer santraller için teknolojik altyapı oluşturulması hedeflendiği görülmektedir. Tüm bu

çalışmaların aynı zamanda ülke enerji yoğunluğunun düşürülmesine pozitif bir katkı sağlayacağı da ifade edilmektedir (Kumbaroğlu, 2012).

2.2.2 Çevre

Sanayi devrimiyle başlayan süreçte, çok hızlı bir şekilde artan kaynak tüketimine rağmen doğal kaynaklar sınırsızmış gibi davranılmıştır. Bu durum, insanların çevre sorunlarını göz ardı etmesine yol açmıştır. Doğa ve ekonomi arasındaki denge, insanların kontrolsüz tüketimi nedeniyle doğanın aleyhine bozulmuş ve günümüzde ekoloji için tehditkar bir hal almıştır.

Gelecek için önlemler alınması adına Birleşmiş Milletler tarafından İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi hazırlanmış ve 1997'de Kyoto Protokolü olarak da bilinen anlaşma için ilk adım atılmıştır . Bu anlaşma 05.02.2009 tarihinde TBMM tarafından kabul edilmiş ve Türkiye, 26 Ağustos 2009 'da resmi olarak üye olmuştur (Url-6).

Söz konusu protokol çerçevesinde imza atan ülkeler, karbon dioksit ve sera etkisine neden olan beş ana gazın salınımını azaltmayı taahhüt etmişlerdir. Sözleşmeye göre;

- Atmosfere salınan sera gazı miktarı % 5'e çekilecek,
- Endüstriden, motorlu taşıtlardan, ısıtmadan kaynaklanan sera gazı miktarını azaltmaya yönelik mevzuat yeniden düzenlenecek,
- Daha az enerji ile ısınma, daha az enerji tüketen araçlarla uzun yol alma, daha az enerji tüketen teknoloji sistemlerini endüstriye yerleştirme sağlanacak, ulaşımda, çöp depolamada çevrecilik temel ilke olacak,
- Atmosfere bırakılan metan ve karbon dioksit oranının düşürülmesi için alternatif enerji kaynaklarına yönelinecek,
- Fosil yakıtlar yerine örneğin bio dizel yakıt kullanılacak,
- Çimento, demir-çelik ve kireç fabrikaları gibi yüksek enerji tüketen işletmelerde atık işlemleri yeniden düzenlenecek,
- Termik santrallerde daha az karbon çıkartan sistemler, teknolojiler devreye sokulacak,
- Güneş enerjisinin önü açılacak,
- Nükleer enerjide karbon sıfır olduğu için dünyada bu enerji ön plana çıkarılacak,

- Fazla yakıt tüketen ve fazla karbon üreten daha fazla vergi alınacaktır (Url-7).

Bu anlaşma ile enerji ve çevre ilişkisi için asal küresel kurallar belirlenmiştir. Çevreci kaynaklar ön plana çıkarılmış ve fosil yakıtların kullanımı için bir sınırlama konulması amaçlanmıştır. Bu çerçevede, nükleer enerjinin kullanımı önem kazanmış ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla birlikte temiz enerji kaynakları olarak ülke stratejisinde yer alması gerektiği betimlenmiş olmaktadır.

Kyoto Protokolü'nün herhangi bir yaptırımı olmaması ve gönüllülük esasına dayalı olması, uygulamaya konması açısından bir handikap olarak görülse de protokol, enerji ve çevre ilişkisi için bir ideal koyması adına son derece önemlidir.

Kyoto protokolü çerçevesinde ek olarak küresel bir karbon piyasası kurulması gündeme gelmiştir (Url-8). Bu piyasa ile hedeflenen kriterlere ulaşanların ödüllendirilmesi ve hedefi tutturamayanların ise cezalandırılması amaçlanmıştır.

Bahsi geçen piyasa ile her ülke için karbon salınım limitleri belirlenerek esas olarak enerji üretimi nihayetinde salınan karbonun kontrol altına alınması ve karbona dayalı tesislerin kurulmasının sınırlandırılması amaçlanmıştır. Ancak, bu sistemin dünya çapında uygulamaya geçilmesi biraz zaman alacak gibi görünmektedir.

2.2.3 Sürdürülebilir kalkınma

Son dönemlerde, sıkça gündeme gelen önemli bir kavram, “sürdürülebilir kalkınma” kavramıdır. Günümüzde bu kavram çoğunlukla sürdürülebilir büyüme olarak algılanmakta ve ekonomik anlamda değerlendirilmektedir. Oysa amaç, “sürdürülebilir kalkınma” olmalıdır.

Sürdürülebilir kalkınma kavramı, eldeki kaynakların sürdürülebilirliğini sağlayacak şekilde dağıtım ve gelecek kuşakların gereksinimlerinin ellerinden alınmadan nasıl gerçekleştirileceğine ilişkin sorunun cevabıdır (WBI, 2004). Bu bağlamda, sürdürülebilir kalkınma; “Bugünkü kuşakların yaşam kalitesini yükseltirken, gelecek kuşaklara yaşam kalitesini yükseltme şansı verecek bir dünya bırakmak” olarak tanımlanmaktadır (Tuğrul, 2014). Görüldüğü üzere; sürdürülebilir kalkınma kavramı; kalkınma ve doğal kaynak dengelerini dikkate alan ve kalkınmanın yararlarını, bugünün olduğu kadar gelecek kuşakların da kullanımına sunan bir yaklaşımdır. Bu çerçevede ekonomi, enerji ve çevre ilişkisi irdelenirken mutlaka göz önünde bulundurulması gereken bir kavram olmaktadır.

Bu kavram ilk defa ciddi olarak Stockholm Konferansında dile getirilmiş ve yakın tarihte gerçekleştirilen Rio Konferansı, ekolojik sorunlara karşı insanların dikkatini çekerek sürdürülebilir kalkınmanın tarihsel gelişiminde önemli bir yer almıştır (Url-9). Stockholm Konferansı sonrasında Birleşmiş Milletler Çevre Programı kurulmuş olup, daha sonra yine “Ortak Geleceğimiz” raporu Birleşmiş Milletler nezaretinde Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından hazırlanarak “Sürdürülebilir Kalkınma” modeli gündeme getirilmiştir (BM, 1996).

Sürdürülebilir büyüme kavramı ise tarifi zor bir kavramdır. İktisat literatüründe bu kavram farklı anlamlarda kullanılmış olup Ramirez’e göre, sürdürülebilir büyüme doğal çevresel sermaye stokunun korunarak ekonomik büyümenin gerçekleştirilmesidir. Bu bağlamda sürdürülebilir büyüme çevreyi koruyan düzenlemeler gerekmektedir. Tüm ekonomik değişkenlerin sabit hızda büyüdüğü durgun durum büyüme tanımına karşın bu sürdürülebilir büyüme tanımı her zaman çevre kalitesinin devam ettirilmesini ifade etmektedir. Burada sürdürülebilir büyümenin tanımı yapılırken sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir kalkınma kavramlarının göz önünde bulundurulduğu anlaşılmaktadır. Bu anlamda sürdürülebilir büyüme sürdürülebilir kalkınmanın bir parçasıdır (Uysal, 2013).

Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması; ekolojiyi, genel ekonomik çerçeve içinde bir bileşen olarak görmek yerine, konuya tam ters yönden yaklaşarak ekonomiyi ekolojik çerçeveler içine yerleştirmekle mümkün olacaktır denebilir. Kalkınma ve çevre arasındaki ilişkiye yeni bir boyut getiren sürdürülebilir kalkınma, çevre yönetimini uluslararası boyuta taşımaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma, insan boyutu ile doğal yaşamın birlikte korunmasını hedef almaktadır. Doğal yaşamı tehdit eden en büyük etkenlerden olan iklim değişikliği, küresel ısınmaya bağlı olarak ortaya çıkmakla birlikte ülkelerin çevresel ve sosyo-ekonomik faktörlerini etkileyerek sürdürülebilir kalkınma çabaları üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bilindiği üzere, iklim değişikliğinin en önemli nedenleri arasında fosil yakıt kullanımı, fosil yakıtlı elektrik santralleri, ormansızlaşma ve sanayileşme gösterilmektedir.

Son yıllarda ekonomik ve sosyal kalkınma çabalarında çevrenin korunmasının hayati bir öneme sahip olduğu daha fazla öne çıkar olmuştur. Enerji kaynakları kullanımının olumsuz çevresel etkilerinin görülmesi sonucunda kamuoyu duyarlılığı konusunda

belli bir seviyeye gelmesine karşın insana yönelik tüm faaliyetlerin temelinde enerjinin ana aktörlerden biri olması sebebiyle enerji talebi hızla artmaktadır. Sınırlı fosil kaynaklar ve bunların bilinen olumsuz yönleri dikkate alındığında, enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği ve dolayısı ile enerji kaynaklarının sürdürülebilir kalkınma bakımından daha fazla önem arz edeceği kuşkusuzdur.

Bu açıdan bakıldığında, başta çevre ve sağlık etkileri olmak üzere fosil enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında, nükleer enerjinin elektrik ve ısı üretimi için kullanımının önemi ortaya çıkmaktadır. Ayrıca, enerji arz güvenliği bakımından da önemli avantajları olduğu görülmektedir.

2.2.4 Teknoloji

Gelişen teknoloji ile enerji üretimi arasında ileri bir korelasyon olduğu söylenebilir. Gerek yakıt maliyetlerinin düşürülmesi gerekse yeni metotlar ile aynı kaynak ile daha fazla enerji üretimi gerçekleştirilmesiyle teknoloji, enerji üretiminde etkin bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gelişen teknoloji ile fosil yakıtların çıkarılmasında yeni metotlar geliştirilmiş, çıkartılması çok daha zorlu bölgelerde yer alan doğal gaz ve petrol gibi enerji ham maddelerinin çıkarılması mümkün olmuştur. Ancak yeni teknolojilerin adaptasyonunun etkisi, esas olarak rüzgâr ve güneş gibi pahalı teknolojilere dayalı yenilenebilir enerji kaynaklarında daha net görülebilmektedir. 1990'lardan itibaren rüzgâr enerjisine dayalı teknolojinin geliştirilmesi ile büyük çapta daha verimli tesislerin günümüzde kurulabiliyor olması, rüzgar enerjisini fosil yakıtlar ile rekabet edebilecek seviyeye çekmiştir (Üçgül ve Elibüyük, 2014).

Günümüzde benzer bir gelişme de güneş enerjisi için beklenmektedir. Geçtiğimiz 10 yılda bu teknoloji için de çalışmalar yoğunlaşmaya başlamış bulunmaktadır. Ancak, makul ve kabul edilir amortisman sürelerinin henüz sağlanamadığı da görülmektedir. Bu nedenle, serbest piyasada rekabet edemeyen bu kaynağa dayalı üretim tesislerinin günümüzde yine de öz kaynak olması sebebiyle kurulmaya çalışıldığı gözlenmektedir. Bu gelişmeler, yatırımcıları bu alanlara yatırım yapmaya cesaretlendirmiş ve gelecek dönemde bir yatırım öngörüsü yapılmasını sağlamış bulunmaktadır.

Fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarında olduğu kadar nükleer enerji için de teknolojik birçok ilerleme kaydedilmiştir. Bu bağlamda, nükleer santraller için daha güvenli nükleer tesis tasarımı için çalışmalar yoğunlaşmış bulunmaktadır. Bilindiği

üzere, nükleer enerji santrallerinde nükleer güvenlik; esas itibariyle derinlemesine güvenlik anlayışı ile sağlanmakta ve mümkün olduğunca insan faktörünün sisteme olan etkisi azaltılmaya çalışılmaktadır (Url-10). Dolayısıyla, teknoloji ile birebir ilişki gerektiği söylenebilmektedir.

Tüm bunlara ek olarak, teknoloji ile enerji verimliliği arasında ciddi bir ilişki söz konusudur. Ülkemizde, işletmede olan üretim tesislerinin önemli bir kısmının eski olması sebebiyle (özellikle EÜAŞ'a ait olanlar) rehabilitasyon çalışmalarıyla üretimlerinde önemli bir artış olması beklenmektedir (Başaran, 2011).

Gelişen teknolojilerin, sistemlerin daha verimli hale getirilmesine yönelik olduğu göz önüne alındığında, enerji verimliliğinin artırılması hedefi için de önemli bir yapı taşı oluşturduğu görülmektedir. Bu durum, ülke enerji yoğunluğunun düşürülmesinde ciddi katkı sağlayacaktır denebilir.

2.2.5 Politika

Enerji stratejilerinde rol alan önemli bir parametre de şüphesiz uygulanan politikalar olmaktadır. Enerji kaynaklarının yeryüzüne homojen olarak dağılmamış olması ve bu kaynakların günden güne daha değerli hale gelmesiyle enerji, ülke politikalarının değişmesi ve/veya belirlenmesinde aktif rol oynar hale gelmiştir.

Son yüzyılla beraber, enerji kaynaklarının üretim yerinden tüketim merkezlerine kesintisiz ve güvenli olarak iletimi, enerji kaynaklarının konumu kadar önemli hale gelmiştir. Bu da, iletim yollarındaki ülkeleri ön plana çıkarmaktadır. Bu süre zarfında, dünyada gerçekleşen tüm sıcak çatışmalar incelendiğinde aslında hemen hemen tümünün enerji kaynağı paylaşımı ya da iletimindeki güvenlik kaygıları ile çok yakından ilişkili olduğu görülebilmektedir (Tuğrul, 2013).

Enerji politikalarının uzun soluklu olması ve atılan adımların uzun vadelerde meyvesini vermesi sebebiyle bu konuların hükümet politikası olarak değil, bir devlet politikası olarak ele alınarak değerlendirilmesini gerekmektedir. Bu bağlamda, enerji arz güvenliği sektöre ilişkin temel tartışma konusudur denebilir. Son yıllardaki küresel ekonomideki daralmaya karşın;

- Enerji fiyatlarındaki artış,
- Küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda artan hassasiyet,

- Artan enerji talebine karşın tükenme eğilimine giren fosil kaynaklara yakın gelecek için de bağımlılığın devam ediyor olması,
- Fosil yakıtlara alternatif olarak sunulan yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin teknolojilerin henüz ticari olgunluğa ulaşmamış olması

ülkelerin enerji konusunda endişelerini arttırmakta ve bu konuda yeni arayışlara sevk etmektedir.

1970'lerde yaşanan petrol krizi, enerji kaynağı problemini pik noktaya taşımış ve ülkelerin enerji planlaması yaparken yerel ve alternatif enerji kaynaklarına yönelmelerini teşvik etmiştir. Nitekim hükümet tarafından ülkemiz için konulan 2023 hedefleri arasında yer alan;

- ✚ Kaynak ülke ve güzergâh yedekliliğinin sağlanması,
- ✚ Enerji verimliliğinin artırılması,
- ✚ Enerji yoğunluğunun azaltılması,
- ✚ Yerli kaynakların tamamının kullanılması,
- ✚ 2023 yılında elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının payının %20-30'a çıkarılması (Pamir, 2010)

maddeleri bu esaslara göre belirlenmiştir. Konulan tüm bu hedeflerde, enerjide dışa bağımlılığın azaltılarak enerji arz güvenliğinin sağlanması ana amaç olmaktadır.

Dünya geneline bakıldığında, ekonomik ve politik yönden, ülkeleri ekonomik ve siyasi risklere açık hale getiren en önemli nedenlerden birini, enerjide dışa bağımlılık oluşturmaktadır. Enerji talebinin ithalata dayalı kaynaklar ile karşılanması, cari açığı arttırması ve arz güvenliğini tehlikeye düşürmesi sebebiyle ülkeler açısından çözülmesi gereken önemli bir stratejik olgu durumundadır. Bu itibarla, her ülkenin ulusal enerji politikası hazırlarken yurt içi kaynaklardan enerji teminini sağlamaya daha fazla önem atfettiği görülmektedir.

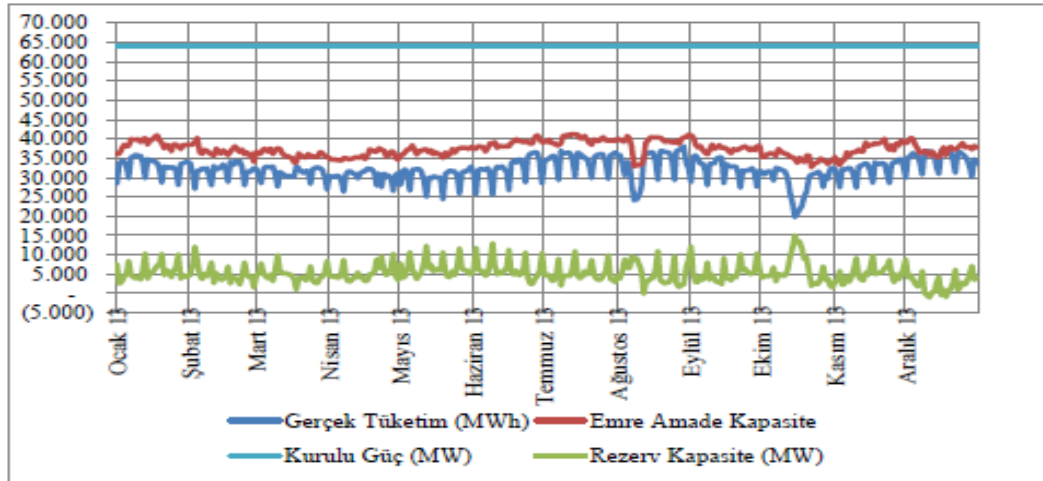
Enerji politikalarında çözümün tek olmaması nedeniyle oluşturulacak politikalarda dikkat edilen husus uzun vadeli çözümlere uygun, her an ve her yerde enerji talebini karşılayan temiz ve ucuz enerji arzı sağlamak olmaktadır. Dolayısıyla, enerji arz güvenliğinin sağlanmasında, kaynak çeşitliliğinin arttırılmasında ve iklim değişikliğiyle mücadelede elektrik üretimi sektöründen kaynaklanan sera gazı salınımının ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasında etkin rol oynayan nükleer enerji, ciddi bir politika tercihi olarak ülkemizde gündeme alınmış bulunmaktadır. Bu

bağlamda, nükleer enerji kullanımının, ithal fosil yakıtlara karşı önemli bir seçenek olarak ulusal bir öncelik hâline geldiği söylenebilir. Tüm bu çeşitlemelerin doğru şekilde sağlanmasıyla, enerjide dışa olan bağımlılığın azaltılabileceği ve hatta enerji ihracatçısı olmamızın da mümkün olabileceği değerlendirilmektedir.

2.3 Emre Amade Enerji Santralleri ve Enerji Piyasası İçin Önemi

Emre amade kapasite; üretim grubunun belli bir saatte sistem işletmecisine sunulabilecek durumdaki “Aktif Güç Kapasitesi” olmaktadır . Emre-amade ifadesi, kesintisiz ve güvenilir enerji teminine karşılık gelmektedir (Tuğrul, 2011). Emre amade kapasite, bir başka deyişle sürekli ve her şartta istenen miktarda elektrik üretim kapasitesini ifade etmektedir.

Şekil 2.2’de Türkiye’nin 2013 yılı emre amade kapasitesi ile tüketim gelişimi gösterilmiştir. Burada, kurulu güç 65.000 MW’a yakın olmasına karşın, emre amade kapasitenin nadiren 40.000 MW’ı aştığı görülmektedir. Şekil 2.2’de görüldüğü üzere rezerv kapasite 5.000 MW civarında değişmektedir. Bu çerçevede, Türkiye elektrik sisteminde 5.000 MW’a yakın bir emre amadelik düşüşüne neden olacak bir kuraklık veya doğal gaz kesintisinin tüketimin karşılanamamasına neden olabileceği söylenebilir (EPDK, 2014b).

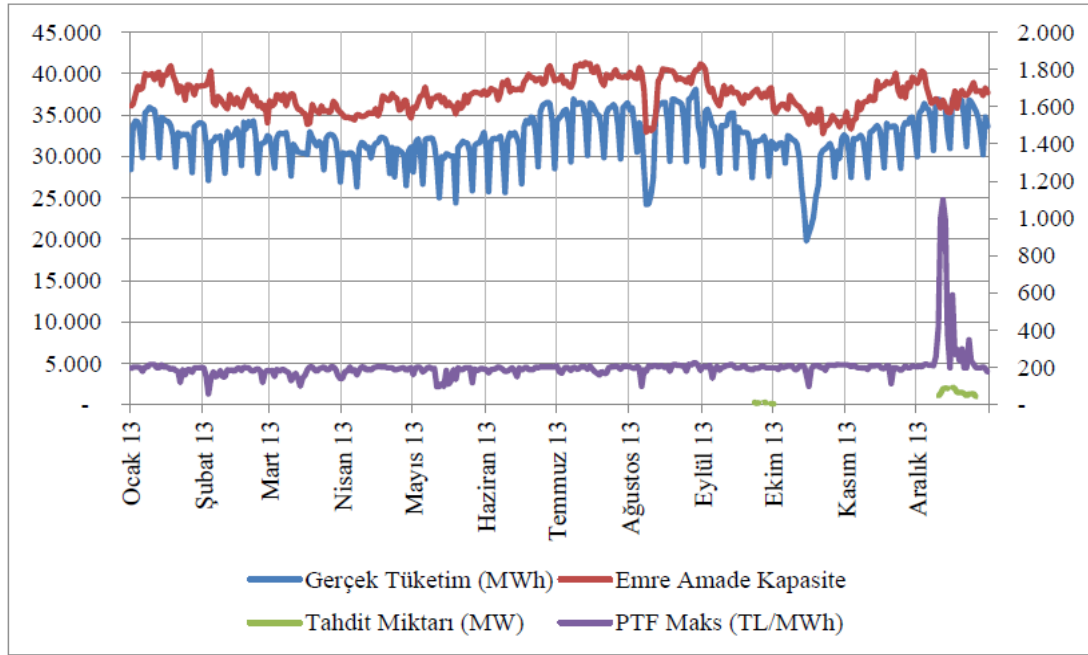


Şekil 2.2 : Emre amade kapasite ve rezerv kapasite (MW)(EPDK, 2014b).

Elektrik sisteminde arz-talep dengesinde ani ve beklenmedik değişimler olması durumunda, emre amade kapasitenin anlık maximum talep değeri olan puant talebi karşılamasında sıkıntılar yaşanabileceği anlaşılmaktadır. Bu sebeple, arz güvenliğinin

geliştirilmesine yönelik olarak kaynak çeşitliliğinin artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Arz ve talep arasındaki anlık açıklar olabilmesi sebebiyle, böylesi dönemlerde fiyatlarda önemli dalgalanmalar ile yük tehditleri görülebilmektedir. Tüm kullanılabilir kapasitenin yeterli arz sağlayamaması durumunda, TEİAŞ talep kanadında düzenleme yaparak bölgesel elektrik kesintine gitme yoluyla arz-talep eşitliğini sağlamaktadır. Dolayısıyla böylesi dönemlerde serbest piyasa ekonomisi gereği fiyatlarda, tavan değerler oluşmaktadır. Şekil 2.3’de söz konusu açığın oluşumu durumunda fiyatların nasıl etkilendiği 2013 yılı için görülmektedir. Şekil 2.3’de görüldüğü üzere doğal gaz kesintilerinin yaşandığı Aralık ayında 3.000 MW’tan fazla kesinti yapılmıştır. Böylesi dönemlerde, fiyatın 5-6 katına çıktığı görülmektedir. Bu da emre amade kapasitenin piyasa fiyatları açısından önemini açık bir şekilde ortaya koymaktadır (EPDK, 2014b).



Şekil 2.3 : Emre amade kapasite – tüketim ve fiyatlar (EPDK, 2014b).

Emre amade konvansiyonel enerji santralleri, esas olarak fosil yakıtlı santraller ve nükleer santraller olmaktadır. Arz sıkıntısının yaşandığı böylesi dönemlerde, fosil yakıtlar için Türkiye için öz kaynak olan kömür ile yakıtı yıl(lar) mertebesinde temin edilen nükleer gibi emre amade kapasiteleri yüksek olan kaynaklara yatırım önem kazanmaktadır.

2.4 Enerji Piyasası Hareketleri

Avrupa Birliği (AB) ile devam eden üyelik sürecinde yer alan enerji faslı, AB yolunda kilit sayılabilecek fasıllardan biri olarak görölmektedir. AB müktesebatına uyum çerçevesinde ölkemiz enerji mevzuatlarında birçok düzenleme yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir (Url-11).

Son yapılan değişikliklerde AB enerji politikalarının 3 temel amacı esas alınmaktadır. Bunlar:

- ✓ Rekabetçi bir enerji piyasası oluşturulması
- ✓ Enerji arz güvenliğinin temin edilmesi
- ✓ Sürdürülebilir kalkınma temelinde çevrenin korunması

olarak sıralanmaktadır (Url-11).

4628 ve 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunları, bu maddeler arasında da yer alan elektrik piyasasında rekabetçi piyasa yapısının oluşturulması için önemli argümanları oluşturmaktadır. Bu süreçte, elektrik piyasasının serbestleştirilmesi ve liberalleştirilmesine yönelik önemli birçok adım atılmıştır. Bu çerçevede, kamunun ezici piyasa payının azaltılması ve özel sektör payının yükseltilmesi, gerçekleştirilenlere ilişkin önemli örnekleri teşkil etmektedir. Yine, AB tarafından önemle belirtilen yenilenebilir enerji kaynaklı üretime destek sağlanması kapsamında, yenilenebilir enerji için birçok teşvik mekanizması kurulmuş, yatırımcı bu alanlara teşvik edilmiştir (AB Bakanlığı, 2014).

AB mevzuatı, esas olarak rekabet gücü yüksek, güvenli ve sürdürülebilir enerji piyasalarının oluşturulmasını, tüketiciye daha fazla seçenek ve daha ucuz fiyat sunulmasına dair düzenlemeler yapılmasını içermektedir. Bu kapsamda öne çıkan bir diğer bir kavram da serbest tüketici kavramı olmuştur. Serbest tüketici; tedarikçisini serbestçe seçebilen ve fiyat konusunda pazarlık yapabilen tüketici grubunu ifade etmektedir. 2015 yılı itibariyle, yıllık tüketimi 4000 kWh'dan fazla olan kesim, serbest tüketici olarak tabir edilmektedir (Url-3). Bu değerın yakın zaman içinde sıfırlanarak tüm müşterilerin serbestçe istedikleri tedarikçiden elektriği temin etmesi hedeflenmektedir (Url-12). Hedeflenen bu değer, perakende piyasalarda devletin kontrolünün azaldığının ve tüketici için daha rekabetçi bir yapıya geçilmekte olduğunun göstergesi olarak kabul edilmektedir.

Türkiye enerji piyasası için beklenen en büyük gelişmelerden biri de EPIAŞ'ın işlevsel duruma gelmesidir. Enerji piyasalarında liberalleştirme kapsamında tüm alanlarda belli mesafeler kat edilmiş durumda iken henüz başlangıç aşamasında kalan enerji ticaretine EPIAŞ'ın önemli bir ivme kazandırması beklenmektedir (Url-13).

Hâlihazırda, TEİAŞ bünyesinde yer alan Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi (PMUM)'nde belirlenen serbest piyasa elektrik fiyatları, bundan sonra EPIAŞ'da daha şeffaf bir ortamda belirlenebilecektir. Piyasada oluşabilecek asimetrik bilginin giderilmesi yanısıra daha şeffaf ve daha güvenilir bir referans fiyat oluşması EPIAŞ'ın önemini arttırmaktadır (SETA, 2013).

3. NÜKLEER ENERJİ SANTRALLARI VE ENERJİ PİYASASINA ETKİSİ

3.1 Nükleer Enerji ve Güç Santrallarının Genel Tanıtımı

Atom enerjisi ile ilgili çalışmaların, Albert Einstein'ın 1905 yılında "Özel Görecelik" kuramını geliştirmesi ve bu kuramda "*Madde enerjiye dönüşebilmektedir ve maddeyi enerjiye dönüştürmenin bir yolu bulunabilirse, büyük miktarlarda enerji de elde etmek mümkün olacaktır.*" ifadelerini kullanmasıyla başladığı kabul edilmektedir (Dinwiddie ve Sparrow, 2011).

1930'lu yıllarda nötronun keşfi ve çekirdek reaksiyonlarının gerçekleştirilmeye başlanmasıyla birlikte nükleer enerji konusunda önemli gelişmeler meydana gelmiş ve kapsamlı bilimsel çalışmalarla desteklenmiştir. Bu bağlamda, 1932 yılında Sir James Chadwick tarafından nötronun keşfedilmesi, 1939 da çekirdek bölünmesi olayının keşfi ve II. Dünya Savaşı'nın da etkisiyle nükleer bilim hızla ilerlemiştir. Çekirdek bölünmesi iki açıdan önem taşımaktadır. Bu iki önemli argüman;

- Başka bir yolla elde edilemeyecek kadar yüksek miktarda enerji elde edilmesi,
- Bölünme sonucu oluşan ürünlerden yapay radyoaktif elementlerin elde edilmesi,

olarak ifade edilebilir.

Devam eden çalışmalarla çekirdek bölünmesi sonucu sadece enerji değil, aynı zamanda yeni nötronlarında ortaya çıktığı ve bunların sonraki bölünme olaylarını tetikleyebileceği anlaşıldı. Bir başka deyişle, çekirdek bölünmesi sonucu ortaya çıkan nötronların "zincirleme reaksiyonu" başlatmak için kullanılabilmesi belirlenmiştir (Dinwiddie ve Sparrow, 2011).

1941 yılında Enrico Fermi ve Leo Szilard grafit içine kübik şekilde uranyum ve kadmiyum kontrol çubuklarından oluşan yapıyı yerleştirerek temel reaktör dizaynını oluşturmuşlardır. 1942'de de yapılan çalışmada nükleer tepkimenin başlamasından sonra kendi kendine sürdürülebilir hale geldiği gözlemlenmiştir. Bu çalışmalar

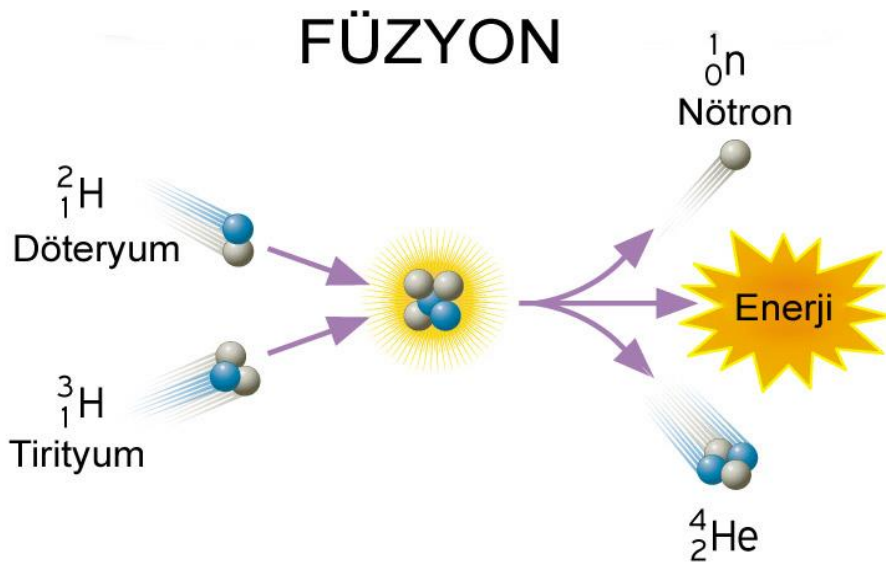
neticesinde, Fermi ve arkadaşları, nükleer bilim teorilerinin teknolojik olarak yapılabilirliğini ortaya koymuş ve nükleer çağı başlatmışlardır (Url-14).

1943’de ilk kontrol edilebilen zincirleme reaksiyon gerçekleştirilmesine takiben 1945’te ilk atom silahı yapılmış ve 1951’de nükleer enerjiden yararlanılarak ilk elektrik üretimi gerçekleşmiştir. Böylelikle, 20 yılda keşfedilen temel prensiplerden pratik uygulama aşamasına gelinmiştir (Url-14).

Bu tarihlerden sonra laboratuvarlarda birçok çekirdek bölünmesi ile ilgili deney yapılmaya devam edilmiştir (Dinwiddie ve Sparrow, 2011). Elektrik üretimi amacıyla ilk reaktör 1951’de Amerika Birleşik Devletleri’nde kurulmuş ve bunu takip eden tarihlerde 1953’de İngiltere’de, 1954’de SSBC’de, devam eden yıllarda da diğer birçok ülkede kurulmaya devam etmiştir (Url-14).

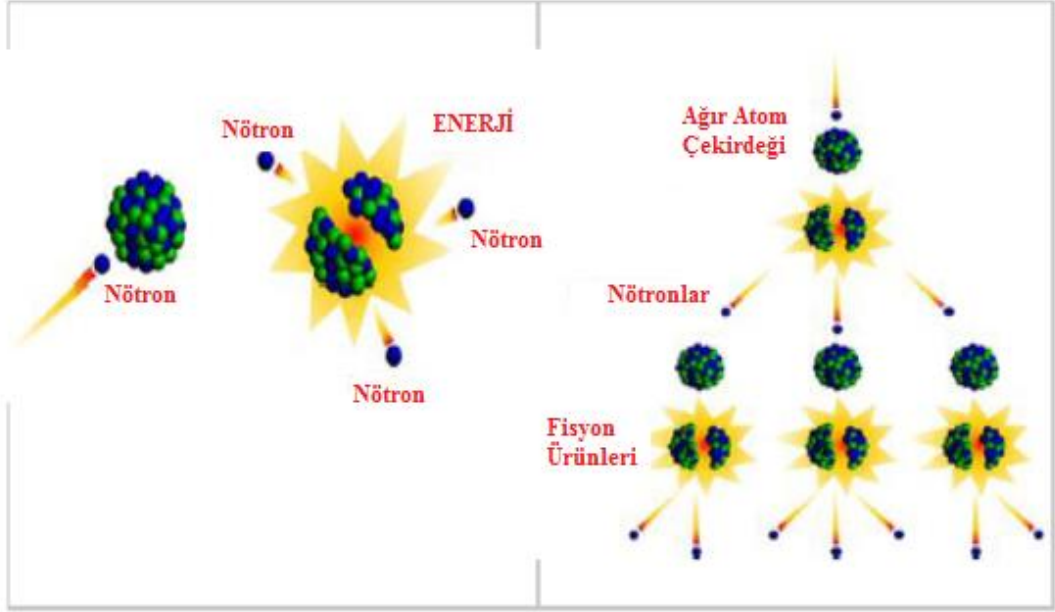
Nükleer enerji çalışmalarında, çekirdek reaksiyonları sonucu enerji elde edilmesi iki yol ile gerçekleştirilmiştir; “füzyon” ve “filyon”. Bu yöntemlerin birinde atom daha küçük parçacıklara bölünürken, diğerindeyse küçük parçacıklar reaksiyon ile daha büyük atomlara dönüşmektedir.

Füzyon (çekirdek birleşmesi), hafif radyoaktif atom çekirdeklerinin birleşerek daha ağır atom çekirdeklerini meydana getirmesi olayıdır. Füzyon tepkimesinde ortaya çıkan sıcaklık çok daha büyüktür. Güneşteki ve yıldızlardaki tepkimeler bu gruba girmektedir (Url-15). Şekil 3.1’de çekirdek birleşmesi (füzyon) olayı şematik olarak görülmektedir.



Şekil 3.1 : Çekirdek birleşmesi (Füzyon) (Url-15).

Fisyon (çekirdek bölünmesi) ise U-235 çekirdeği üzerine çarpan bir nötronun, çekirdekteki bağ kuvvetlerinin dengesini bozarak çekirdeği iki parçaya bölmesi ve bu arada da nötronlar ortaya çıkarmasıdır. Bu nötronlar civarlarındaki başka U-235 çekirdeklerini parçalamaktadırlar. Bunlardan çıkan yeni nötronlar da başka U-235 çekirdeklerini parçalamakta ve bu süreç bir “zincirleme reaksiyon” mekanizmasını oluşturmaktadır (Şekil 3.2).



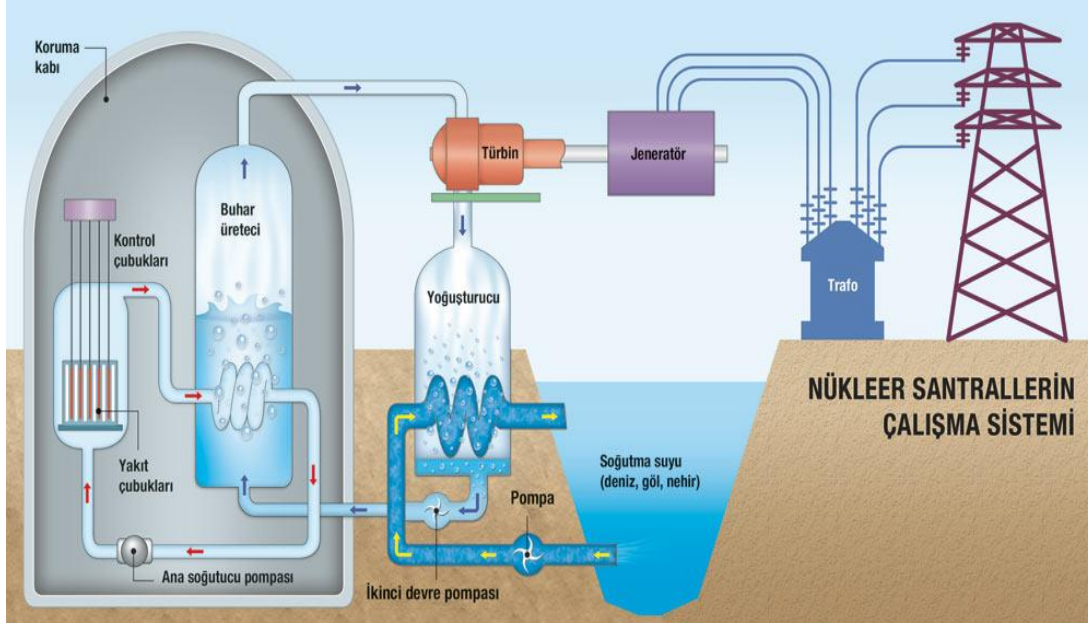
Şekil 3.2 : Çekirdek bölünmesi (fisyon) ve zincirleme tepkime (Url-15).

Füzyon reaksiyonu sonucu oluşan enerjiyi kontrol altında tutacak konvansiyonel bir reaktör henüz kendini ispatlayamamıştır. Bu sebeple günümüzde kullanılan tüm reaktörlerde fisyon reaksiyonu kullanılmaktadır. Nükleer reaktörlerde, söz konusu zincirleme reaksiyon mekanizması tümüyle kontrol altındadır. Bir başka deyişle, reaktördeki zincirleme reaksiyon:

- başlatılabilir,
- istenilen süre kadar ve istenilen enerji düzeyi çıkışına ayarlayarak devam ettirebilir,
- istenildiği anda da durdurulabilir.

Fisyon olayında, çekirdeğin bölünmesi sonucu açığa çıkan bağ enerjisi ısı enerjine dönüşmekte ve kinetik enerji olarak iletilmektedir. Bu enerji daha sonra reaktör ortamındaki soğutucu akışkana aktarılmakta ve böylelikle elektrik enerjisi üretimi için çevrim başlamaktadır. Söz konusu bu enerji transferi ile sıcaklığı artan soğutucu

akışkanın bir bölümü buhara dönüşmekte ve bu buhar türbinlere aktarılarak elektrik enerjisi üretilmektedir. Şekil 3.3’de örnek bir nükleer reaktörün çalışma prensibi görülmektedir.



Şekil 3.3 : Örnek bir nükleer reaktörün çalışma prensibi.

Fisyon olayı, başka hiçbir yolla bu denli yüksek miktarda enerji elde edilememesi sebebiyle enerji üretimi açısından son derece önem arz etmektedir. Fosil yakıtlardan enerji üretilmesi ile karşılaştırıldığında, çekirdek bölünmesi kullanılarak, fosil yakıtlardan elde edilen enerji miktarına denk enerji üretmek için çok daha küçük hacimde kütleye ihtiyaç göstermektedir. Tipik bir reaktörde 1 kg uranyum kullanılarak elde edilen fisyon enerjisi; 45.000 kg odun, 22.000 kg kömür, 15.000 kg petrol ve 14.000 kg likit doğal gazdan elde edilen enerji ile eşdeğerdir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 : Muhtelif yakıtların enerji içerikleri (Url-15).

Yakıt	Birim	Enerji İçeriği (GJ)
Kömür	ton	29,3
Odun	ton	13,6
Jet yakıtı	ton	43,1
Doğal gaz	1000 m ³	34,8
Petrol	ton	42,0
Uranyum (LWR, tek geçişli)	ton	720.000,0

Benzer olarak yenilenebilir enerji kaynakları ile mukayese edilirse; 1200 MWe kapasiteli bir nükleer güç santralinin bir yılda üretebileceği elektrik, verimlilik ve emre

amadelik de göz önünde bulundurulduğunda 100 km² lik güneş panelleri ve binlerce rüzgâr türbini ile ancak elde edilebilmektedir. 10.000 MW nükleer güç santralının üreteceği elektriği elde edebilmek için 30.000 MW rüzgâr veya 38.000 MW güneş santrali yapılması gerekmektedir (NEPUD, 2013).

Tüm bu değerler göz önünde bulundurulduğunda, nükleer güç santrallerinin üretim bakımından diğer kaynaklar ile mukayese edildiğinde daha avantajlı konumda olduğu anlaşılmaktadır. Günümüzde, Dünya elektrik ihtiyacının % 13' ü nükleer enerjiden karşılanmaktadır. Toplamda 440 adet reaktör faal olarak çalışmakta olup 68 tanesi ise inşa hâlinindedir. Ülke bazında nükleer reaktör bilgileri Çizelge 3.2'de verilmiştir (Url-16).

Çizelge 3.2 : Ülkelere göre nükleer reaktör sayıları.

Ülke	Reaktör Sayısı	Toplam Net Elektriksel Kapasite [MW]	İnşa Aşamasında
ABD	99	98476	5
FRANSA	58	63130	1
JAPONYA	48	42388	2
RUSYA	34	24654	9
ÇİN	24	20056	25
KORE	24	21667	4
HİNDİSTAN	21	5308	6
KANADA	19	13500	0
BİRLEŞİK KRALLIK	16	9243	0
UKRAYNA	15	13107	2
İSVEÇ	10	9470	0
ALMANYA	9	12074	0
BELÇİKA	7	5927	0
İSPANYA	7	7121	0
ÇEK CUMH.	6	3904	0
TAYVAN	6	5032	2
İSVİÇRE	5	3333	0
FİNLANDİYA	4	2752	1
MACARİSTAN	4	1889	0

Çizelge 3.2 (devam) : Ülkelere göre nükleer reaktör sayıları.

SLOVAKYA	4	1814	2
ARJANTİN	3	1627	1
PAKİSTAN	3	690	2
BREZİLYA	2	1884	1
BULGARİSTAN	2	1926	0
MEKSİKA	2	1330	0
ROMANYA	2	1300	0
GÜNEY AMERİKA	2	1860	0
ERMENİSTAN	1	375	0
İRAN	1	915	0
HOLLANDA	1	482	0
SLOVENYA	1	688	0
BİRLEŞİK ARAP			
EMİRLİKLERİ	0	0	3
BELARUS	0	0	2
TOPLAM	440	377922	68

3.2 Konvansiyonel Nükleer Enerji Santral Tipleri

Elektrik üretimi için kullanılan konvansiyonel nükleer güç santralleri fisyon reaktörleri olmaktadır. Fazla olarak söz konusu reaktörler termal reaktörlerdir. Bir başka deyişle fisyon olayı yavaşlatılmış nötronlar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda, konvansiyonel termal fisyon reaktörleri çalışma prensibi olarak benzerdir denebilir.

Termal güç reaktörlerinde yakıt atomlarının termal nötronlarla sağlanan sürekli fisyonu sonucu açığa çıkan enerji, sıvı veya gaz soğutucuya ısı olarak aktarılmakta ve buhar üretimi için kullanılmaktadır. Üretilen buhar ise elektrik üretimi için türbinlerde kullanılmakta ve jeneratörden elektrik üretimi sağlanmaktadır.

Nükleer reaktör yapıları, mühendislik sistemleri olarak geçmişten günümüze değişiklikler geçirmiştir. Temel olarak, çalışma prensibi bağlamında birbirlerine benzer olarak nitelenmekle beraber yakıt niteliği, reaktör soğutucu tipi ve yavaşlatıcı türü değiştirilerek farklı tür reaktör tipleri tasarlanabilmektedir.

Tüm değişkenler göz önünde bulundurulduğunda bu sayı 1200'e kadar çıkabilmektedir. Çizelge 3.3.'de konvansiyonel termal reaktörler ve bileşenleri görülmektedir (Hochreiter ve Robinson, 2007).

Çizelge 3.3 : Konvansiyonel termal reaktörler ve bileşenleri.

Yakıt	Nötron Yavaşlatıcı Türü	Soğutucu	Nötron Enerjisi	Geometri
Doğal Uranyum	Ağır Su	Ağır su	Termal	Heterojen
Doğal Uranyum	Grafit	Gaz (CO ₂)	Termal	Heterojen
U-235'ce Zengin	Hafif su	Hafif su	Termal	Heterojen

Aynı zamanda nükleer reaktörlerin tasarım özelliklerinin, teknoloji ilerledikçe özellikle nükleer güvenlik sistemleri göz önüne alındığında hayli geliştiği görülmektedir. Söz konusu bu gelişimler “nesil” olarak adlandırılmaktadır.

I. Nesil Reaktörler: 1950 ve 60'lı yıllarda öncü prototipler olarak inşa edilen ilk reaktörler I. Nesil olarak anılmaktadırlar. Shippinport, Dresden, Fermi I ve Magnox reaktörleri bu gruba örnektirler.

II. Nesil Reaktörler: 1970 ve sonrasında inşa edilen ve çoğu halen çalışmakta olan ticari güç reaktörleri bu gruba dahil edilmektedir. Hafif sulu reaktörler, basınçlı su reaktörleri, kaynar sulu reaktörler ve CANDU reaktörleri bu gruba örnektirler.

III. Nesil Reaktörler: 1990'lı yılların sonunda üreilmeye başlanmış, güvenlik ve ekonomi açısından anlamlı iyileştirmeler sunan evrimsel bazı tasarım özellikleriyle donatılmış reaktörlerdir. İleri tasarım kaynar sulu reaktörler bu gruba örnektir.

III+ Nesil Reaktörler: Yakın vadede konuşlandırılmakta olan III. nesilden sonra daha ileri evrimsel tasarımlarla güncellenmiş reaktörlerdir. 2030 yılına kadar inşa edilecek olan yeni santrallerin daha ekonomik olması beklenen bu nesle ait tasarımları arasından seçilmesi beklenmektedir.

IV. Nesil Reaktörler: Mevcut enerji tüketim kalıplarının sürdürülebilirliği, giderek artan bir şekilde sorgulanmaktadır. IV. nesil reaktör tasarımları bu sorgulamaların bir

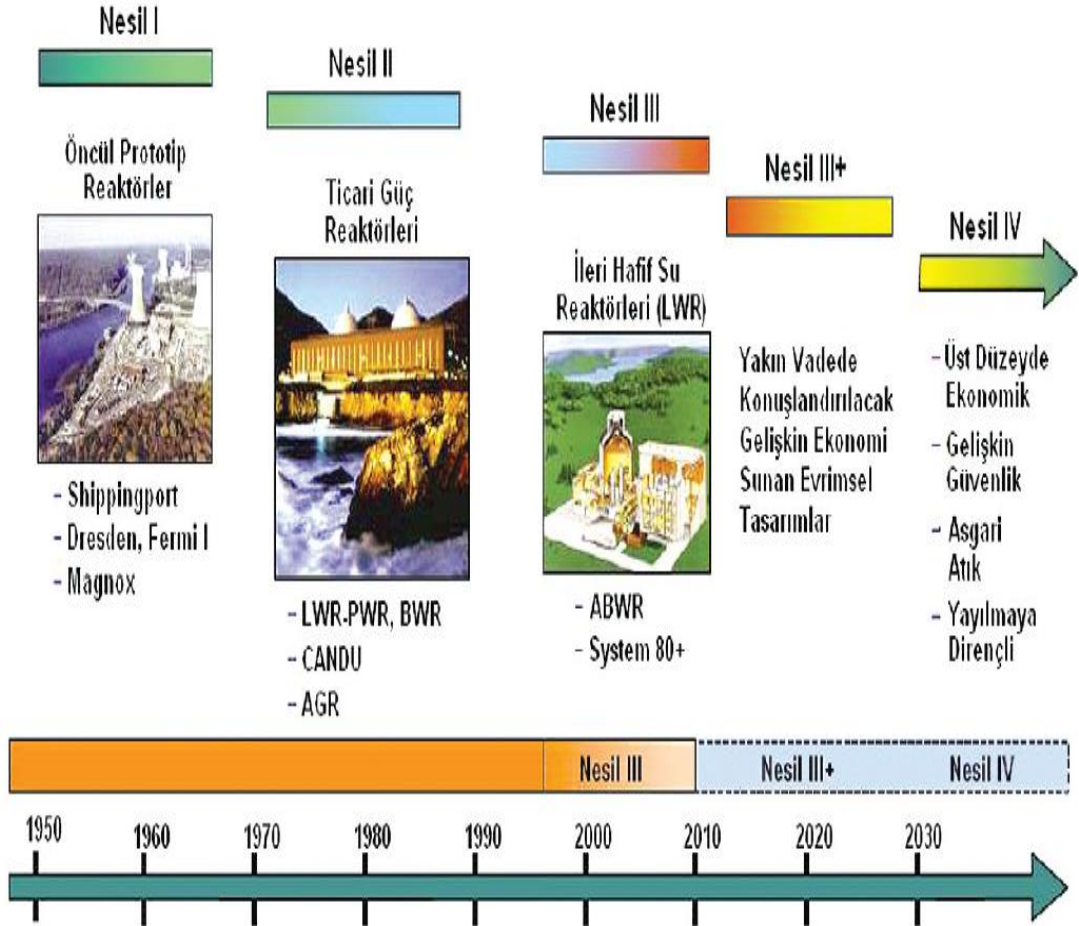
ürünü olarak ortaya çıkmıştır. IV. nesil reaktörler ile üst düzey ekonomiklik, daha gelişmiş güvenlik, daha az atık ve olası bir radyasyon yayılmasına karşı daha yüksek direnç hedeflenmektedir (Altın, 2007).

Çizelge 3.4'te dünyada kullanılmakta olan reaktör türlerinin sayıları, kurulu olduğu ülkeler ve reaktörde kullanılan soğutucu ve yavaşlatıcı türlerine yer verilmiştir.

Çizelge 3.4 : Dünya'da kurulu olan reaktör sayıları ve özellikleri (Url-17).

Reaktör Tipi	Kullanan Başlıca Ülkeler	Sayı	GWe	Soğutucu Türü	Yavaşlatıcı
Basınçlı su reaktörleri (PWR)	ABD, Fransa, Japonya, Rusya Federasyonu, Çin	273	253	Su	Su
Kaynar su reaktörleri (BWR)	ABD, Japonya, İsveç	81	76	Su	Su
Basınçlı Ağır Su Reaktörleri (PHWR)	Kanada	48	24	Ağır su	Ağır su
Gaz Soğutmalı Reaktör (AGR&Magnox)	İngiltere	15	8	CO ₂	Grafit
Hafif Su Grafit Reaktörü (RBMK&EGP)	Rusya Federasyonu	11+4	10,2	Su	Grafit
Hızlı Nötron Reaktörü	Rusya Federasyonu	2	0,6	Sıvı Sodyum	-
TOPLAM		434	372		

Şekil 3.4'te ise reaktör nesillerinin zamanla gelişimi ve türleri görülmektedir.



Şekil 3.4 : Reaktör nesilleri ve gelişimleri (Url-18).

Günümüzde kullanılan güç reaktörleri, esas itibariyle elektrik üretimi amaçlı kurulmaktadır. Ayrıca, denizaltı ve uçak gemileri için üretilen tasarımlar da mevcuttur. Günümüzde ticarileşmiş farklı tipte termal nükleer güç reaktör tipleri bulunmaktadır. Söz konusu bu konvansiyonel nükleer güç santralleri aşağıdaki alt bölümler içinde ayrı ayrı kısaca tanıtılmıştır.

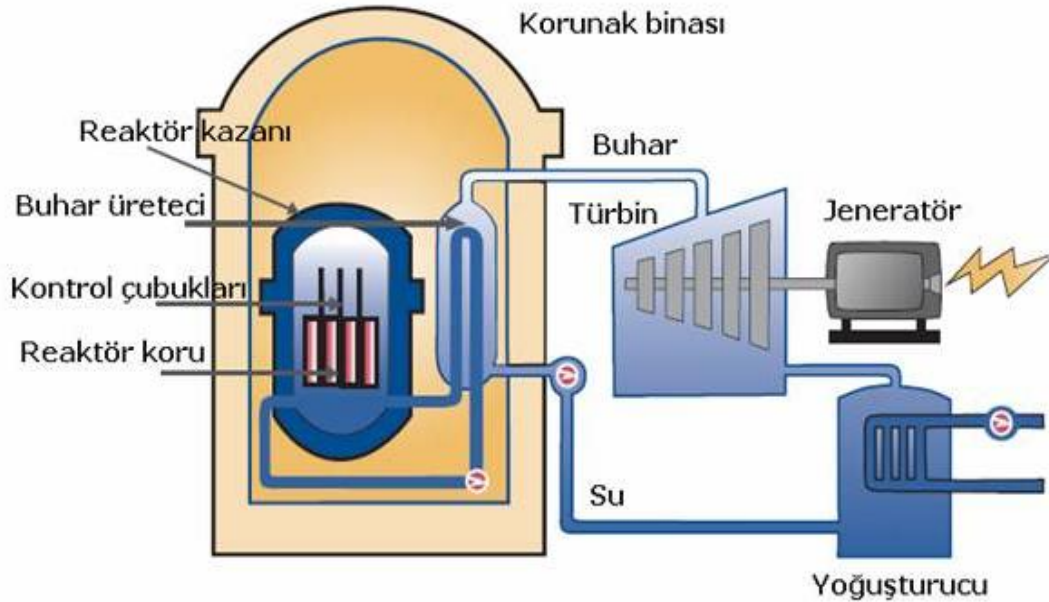
3.2.1 Basınçlı su reaktörleri (PWR)

Günümüzde, en fazla sayıda kurulu ve işletilmekte olan reaktör tipi “Basınçlı Su Reaktörleri (Pressurized Water Reactor-PWR)’dir. Dünya çapında kurulmuş olan 230’dan fazla sayısı ile elektrik üretiminde en çok tercih edilen nükleer güç santralleridir (Url-17). Orijinal tasarımı denizaltı güç santrali için yapılmıştır.

Basınçlı Su Reaktörlerinde (hafif) su, hem soğutucu hem de nötronların yavaşlatılmasında yavaşlatıcı olarak kullanılmaktadır. PWR'larda 3 adet su çevrimi içermektedirler.

Birincil çevrimde 300°C'ın üzerindeki sıcaklıkta yüksek basınç altındaki hafif su, (H₂O) reaktör çekirdeğine soğutucu olarak girerek nükleer enerji sonucu açığa çıkan enerjiyi ısı eşanjöründe ikincil çevrime aktarmaktadır.

İkincil çevrimde ise aktarılan enerjiyle buhar üretilmekte ve üretilen bu buhar türbinlere aktarılmakta, türbin-jeneratör sistemi yardımıyla elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Denizden veya nehirde alınan soğuk su kullanılarak üçüncül döngü yardımıyla türbinden çıkan enerjisini kaybetmiş buhar, soğutulmuş suya dönüştürülmektedir. Şekil 3.5'de bir Basınçlı Su Reaktörü birincil çevrimi şematik olarak görülmektedir.

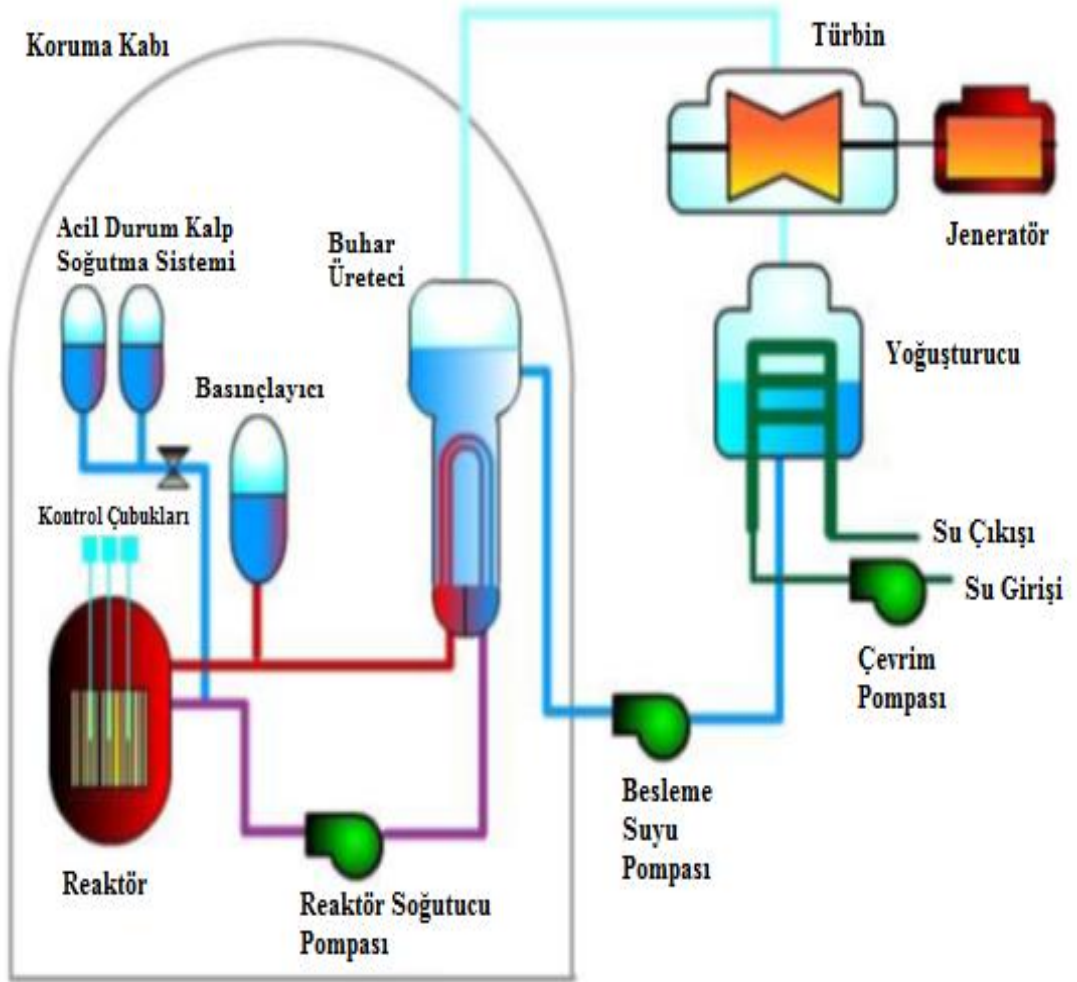


Şekil 3.5 : Basınçlı su reaktörü birincil çevrim şeması.

Çevrim esnasında reaktör çekirdeğindeki suyun 325 °C 'ye kadar çıkabilmesi sonucu suyun buhara dönüşmemesi için basıncın 150 bar basınçta tutulması gerekmektedir. Çevrimdeki bu basınç, basınçlandırıcı (pressuriser) ile sağlanmaktadır. Birincil çevrimde su aynı zamanda yavaşlatıcı olup suyun az miktarda bile buhara dönüşmesi durumunda fisyon reaksiyonu oluşum verimi düşmektedir. Bu negatif geri besleme, bu tip reaktörlerin nükleer güvenlik özelliklerinden birini oluşturmaktadır (URL-17).

Üçüncü soğutma suyu döngüsü yoğuşturucu, pompa veya soğuk su kaynağından oluşmaktadır. Soğutma suyu kaynağı olarak genellikle deniz ya da nehir suyu kullanılmaktadır. Su kaynağı yakınına kurulmuş nükleer santrallerde çoğu zaman soğutma kulesi bulunmamaktadır (IAEA, 2011).

PWR'lar yakıt olarak uranyum-235 izotopu açısından yaklaşık % 3–5 seviyelerinde zenginleştirilmiş uranyum kullanmaktadır. PWR yakıtı içi uranyum yakıt peletleri (tabletler) ile doldurulmuş 200–300 arası yakıt çubuğundan oluşan 14x14, 15x15 veya 17x17'lik demetler hâlinde düzenlenmişlerdir. Bu demetlerden 120–250 tanesi yan yana dizilerek silindire yakın bir şekilde sahip bir yakıt bölgesi elde edilmektedir. Reaktör çekirdeğine veya reaktör kalbi diye adlandırılan bu yakıt bölgesi 80–100 ton arası Uranyum içermektedir. PWR'larda uranyum-plutonyum karışımı yakıtların kullanılması da mümkündür (WEC, 2004). Şekil 3.6 'da Basınçlı Su Reaktörü Çevrim Şeması görülmektedir.



Şekil 3.6 : Basınçlı su reaktörü çevrim şeması.

Rus tasarımı olan PWR'lar VVER (Voda Voda Energo Reactor) olarak adlandırılmaktadır. Bu reaktörler yıllar itibariyle gelişim göstererek gelişkin nesiller içinde yer almış bulunmaktadır (Url-19). Son nesil olan 4. Nesil reaktörlerin en güncel

tasarımı VVER-1200 olup bu tasarımda ciddi kazalara yönelik tedbirler en üst seviyeye çekilmiştir. VVER'lerin klasik PWR tasarımından en belirgin farkı; buhar üreteçlerinin yatay konumlandırılmış olması, yakıt demetlerinin kare değil altıgen şekilde olması ve buna bağlı olarak reaktör çekirdeğinin de altıgen şeklinde olmasıdır (Bodansky, 2004).

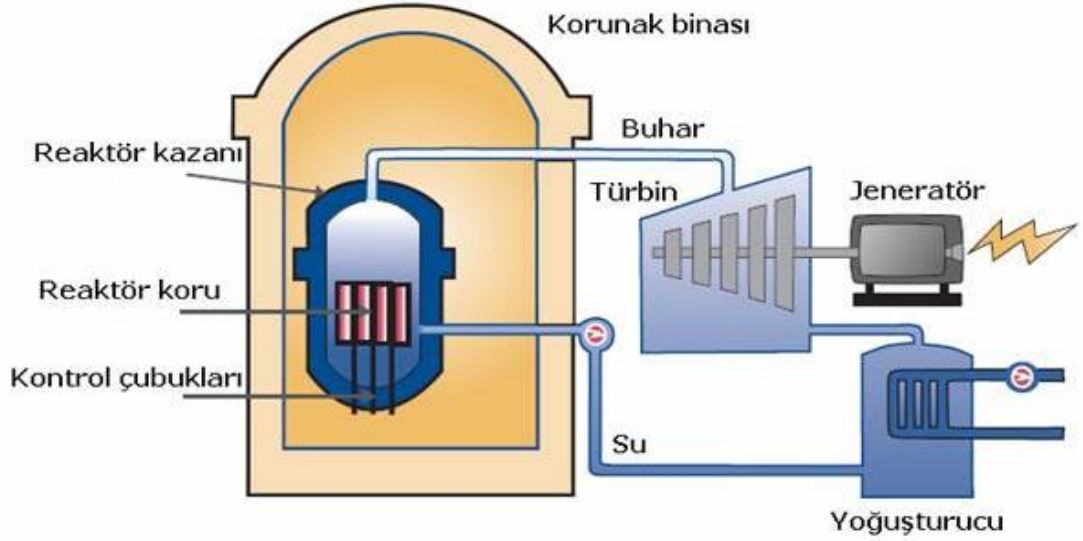
Japon Mitsubishi ile Fransız Areva'nın beraber yürüttüğü 3. Nesil PWR tasarımı, ATMEA1 olarak bilinmektedir. ATMEA1 reaktörü 1100 MWe gücünde olup reaktör binası koruyucu bir duvarla çevrelenmiştir. Reaktörün içindeki tüm dâhili yapılar, santral kontrol odası ve yakıt binası da bu duvarla, uçak çarpması ya da patlamalar gibi olası dış tehlikelerden korunmaktadır.

3.2.2 Kaynar su reaktörleri (BWR)

Kaynar Su Reaktörleri (Boiling Water Reactor-BWR) tasarım itibariyle PWR'a bir ölçüde benzerdir denebilir. Ancak, toplamda 2 adet çevrim bulunması ve soğutma suyunun daha düşük basınç altında (75 atmosfer basıncı) çevrim yaparken reaktör kalbinde 285°C'de buhar hâline geçmesi en belirgin farklılıklarıdır. Buharla beraber bulunabilecek su damlacıklarının reaktör çekirdeğinin üst bölgesinde yer alan kurutuculardan geçirilerek ayrıştırılması suretiyle elde edilen yüksek kaliteli buhar, türbine transfer edilerek elektrik üretilmektedir.

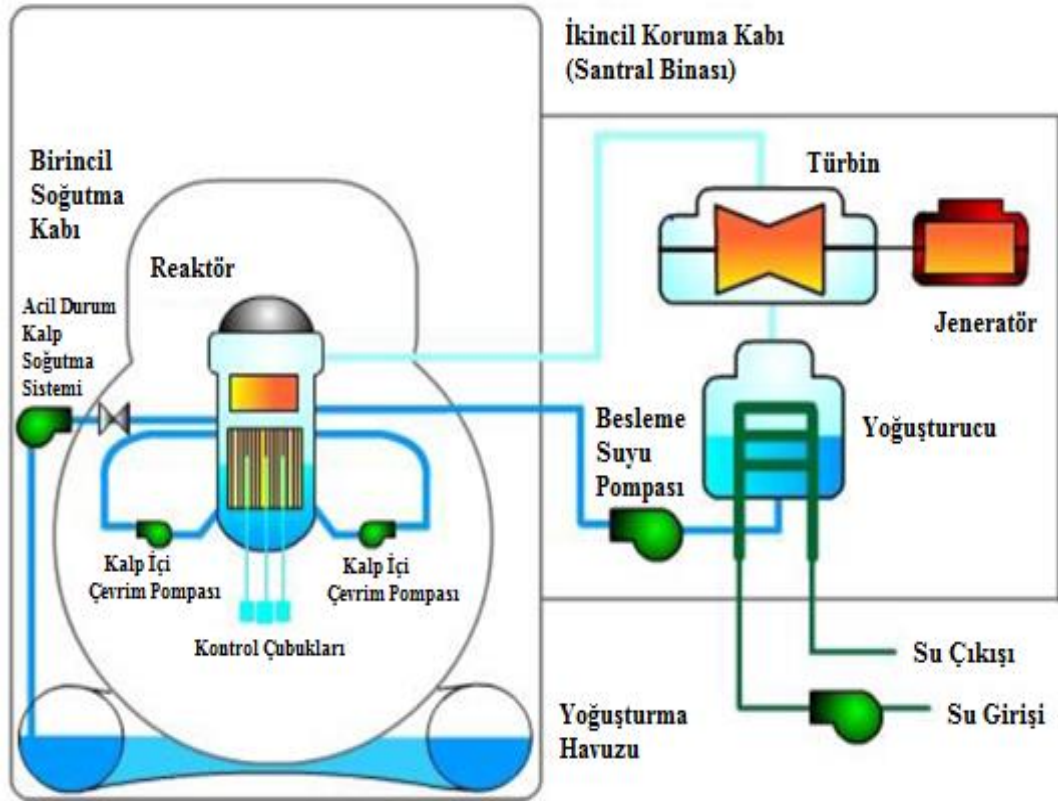
Kaynar Su Reaktörlerinde de hafif su, hem soğutucu hem de nötronların yavaşlatılmasında yavaşlatıcı olarak kullanılmaktadır. Yine, dayanıklı çelik basınçlı kap veya tüpler, reaktör kalbini çevreleyecek şekilde kullanılmaktadır. Reaktör, kalp bölgesinde, soğutma suyunun % 12-15'i buhar hâlinde olacak şekilde tasarlanmıştır. Oluşan buhar, birincil çevrim ile türbine iletilmekte ve elektrik üretilmektedir. Bu nedenle bu tip reaktörlerin verimleri daha düşüktür.

Soğutma suyunun doğrudan reaktör çekirdeğinden geçiyor olması suyun sürekli radyonüklitler ile kontamine olmasına neden olabilmektedir. Bu suyun direkt olarak türbine yönlendirilmesi sebebiyle türbinin korumalı yapıda olması ve bakım esnasında radyolojik korunmanın sağlanıyor olması gerekmektedir. Sudaki radyoaktivite, esas itibariyle kısa yarı ömürlü (çoğunlukla 7 sn.lik yarı ömürlü N-16) radyonüklitten oluşması sebebiyle türbin alanına reaktör durdurulduktan kısa bir süre sonra girilebilmektedir. Şekil 3.7'de kaynar su reaktörü birinci devre şeması görülmektedir.



Şekil 3.7 : Kaynar su reaktörü birinci devre çevrim şeması.

BWR reaktörlerinde kontrol mekanizması reaktörün alt bölgesinde yer almaktadır. Şekil 3.8'de kaynar su reaktörü çevrim şeması görülmektedir.



Şekil 3.8 : Kaynar su reaktörü çevrim şeması.

BWR'larda nükleer enerjinin üretildiği reaktör kalbi çelikle güçlendirilmiş beton "Birincil Koruma Kabuğunun" içine yerleştirilmiştir. Ayrıca reaktör binası herhangi

olası bir kaza durumunda radyoaktif maddelerin atmosfere çıkmasını engellenmek amacıyla ikinci bir koruma kabuğu ile de donatılmıştır (IAEA, 2005).

BWR'larda ortalama %3 civarında zenginleştirilmiş uranyum yakıtı kullanılmaktadır. Reaktörün yakıt bölgesinde yakıt demetleri yan yana dizilerek silindir şeklinde bir yakıt bölgesi elde edilmektedir. Reaktör kalbi adı verilen bu bölge 90-100 adet yakıt demetinden oluşmakta olup, yaklaşık 140 ton uranyum içermektedir. Her yakıt demeti yaklaşık 5 yıl boyunca reaktör kalbinde kalmaktadır (FMO, 2011).

3.2.3 Basınçlı ağır su reaktörleri (PHWR veya CANDU)

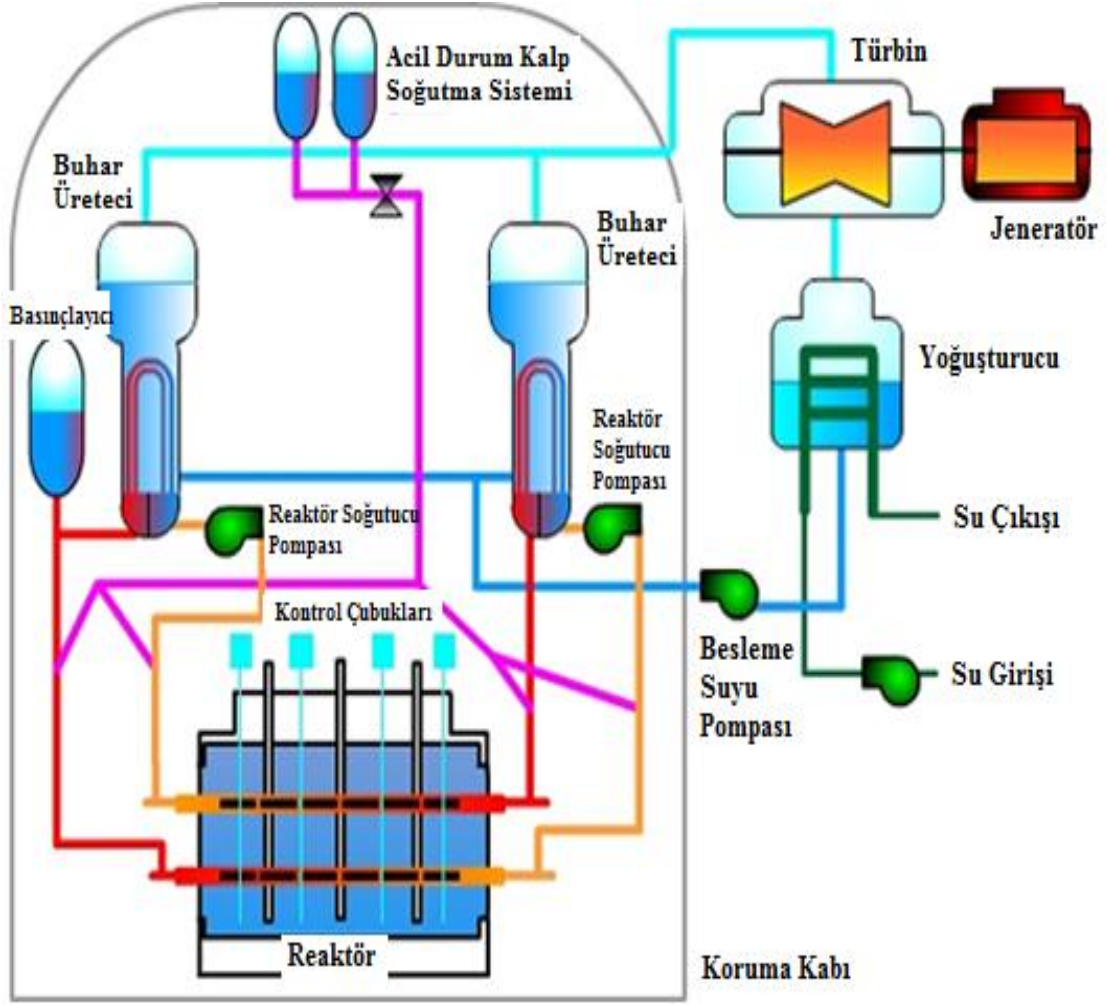
PHWR tasarımları 1950'lerden itibaren Kanada'da CANDU adıyla geliştirilmiştir. Bu tür reaktörlerde yakıt olarak genellikle doğal uranyum kullanılmakta ve bu sebeple daha etkin yavaşlatıcı olan ağır su (D_2O) kullanılması gerekmektedir. PHWR reaktörlerinde diğer tasarımlarla mukayese edilince, elde edilen enerji /kullanılan yakıt bazında daha fazla enerji elde edilebilmesine rağmen daha fazla miktarda da atık meydana gelmektedir. Bu da atık problemine sebep olmaktadır (URL-17).

CANDU reaktörlerinde reaktör kalbi "calandia" adı verilen büyük bir tankın içinde yer almakta olup bu tank, yavaşlatıcı olarak kullanılan ağır su ile doldurulmuştur. Bu tankın içine uzun borular şeklinde yatay basınçlı tüpler yerleştirilmiştir. Yüksek basınç altındaki ağır su, basınçlı tüplerde nükleer enerji sonucu ortaya çıkan enerjiyi absorbe etmektedir.

İlk nesil CANDU'larda reaktör çekirdeğinde 390 adet yakıt kanalı bulunurken, CANDU-6 'da 380 adet ve CANDU-9 modelinde ise 480 adet kullanılmıştır. Basınçlı kanalların kullanılmasının sunduğu en önemli avantaj, yakıt yenilenmesinin reaktör kapatılmadan gerçekleştirilmesidir.

CANDU reaktörlerinde PWR reaktörlerinde de olduğu gibi enerji, birincil çevrim ile ikincil çevrime aktarılmakta ve ikincil çevrim buhar üretiminde kullanılmaktadır. Şekil 3.9'da basınçlı ağır su reaktörü çevrim şeması görülmektedir.

PHWR'lerin en önemli avantajları; doğal uranyum kullanıyor olması, yakıtın zenginleştirme gerektirmemesi ve bu sebeple yakıt imalatının nispeten daha ucuz olmasıdır. Bu reaktörlerde aynı zamanda toryum da yakıt olarak kullanılabilir. Bir diğer avantajı ise yakıt değiştirme işleminin tam güçte çalışırken bile gerçekleştirilebilmesidir.



Şekil 3.9 : Basınçlı ağır su reaktörü çevrim şeması.

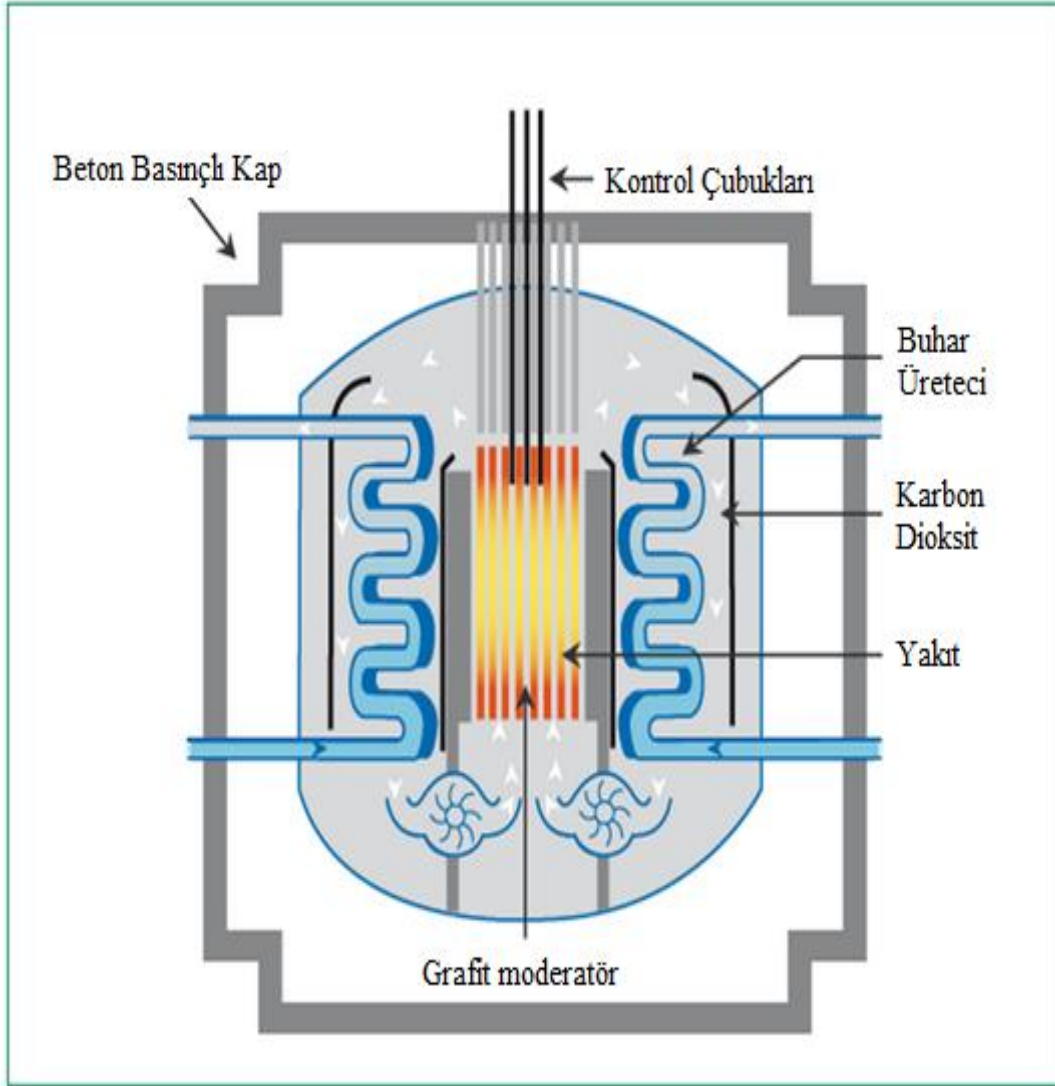
Ancak, reaktörde soğutucu ve yavaşlatıcı olarak ağır suyun kullanılması ve ağır su üretiminin zor ve pahalı olması, reaktörün en önemli dezavantajıdır. Deniz suyunda %1'den çok daha az bulunan ağır suyun ayrıştırılarak çok yüksek saflıkta (ağırlık olarak %99.75) ağır su elde edilmesi büyük bir çaba gerekmektedir. Ayrıca ağır suyun içeriğinde yer alan döteryumun nötronla reaksiyona girmesi sonucu meydana gelen trityumun da kontrol altında tutulması gerekmektedir (Erdoğan, E.T. 2015).

3.2.4 Gelişmiş gaz-soğutmalı reaktörler (AGR)

İngiliz tasarımı gaz soğutmalı reaktörlerin ikinci jenerasyonunda yavaşlatıcı olarak grafit ve birincil soğutucu olarak karbon dioksit kullanılmaktadır. Yakıt olarak kullanılan % 2,5-3,5 oranındaki zenginleştirilmiş uranyum oksit pelletleri paslanmaz çelik tüplerin içerisinde yer almaktadır. Karbon dioksit, reaktör kalbinde dolaştırılarak

650°C sıcaklığa ulaşmakta ve daha sonra buhar üretimi için kullanılmaktadır. İkincil çevrimde, elektrik üretimi amacıyla buhar üretilmek üzere su kullanılmaktadır.

Tasarım itibariyle kontrol çubukları yavaşlatıcının içinde yer almaktadır. Soğutucuya nitrojen enjekte edilerek ikincil kapatma sistemi kullanılabilir (URL-17). Şekil 3.10'da gelişmiş gaz soğutmalı reaktör çevrim şeması görülmektedir.



Şekil 3.10 : Gelişmiş gaz soğutmalı reaktör çevrim şeması.

3.2.5 Hafif su grafit - yavaşlatıcılı reaktörler (RBMK)

Sovyet tasarımı bu reaktörler, plutonyum üretim reaktörlerinden geliştirilmiştir. Yavaşlatıcı olarak grafit ve soğutucu olarak su kullanılmaktadır. Yakıt olarak ise, az zenginleştirilmiş uranyum oksit kullanılmaktadır. Reaktör kalbinde oluşabilen aşırı ısınmanın soğutulamaması nedeniyle oluşan problemler sebebiyle kullanılmaması benimsenmiş bulunmaktadır (URL-17).

3.3 Nükleer Santrallerin Mukayeseli Değerlendirmesi

Teknolojik gelişmelerin etkilerinin, genellikle ileri teknolojilerde daha belirgin şekilde görülebildiği daha önceki bölümlerde belirtilmiştir. Bu bağlamda, nükleer enerjide en çok tartışılan konu olan nükleer güvenlik hususunda, yeni teknolojiler sisteme entegre edildikçe sistemin nükleer güvenliği ve güvenilirliği de artmaktadır. Ayrıca, santral çevrimlerinin verimliliklerinin artırılması maliyet olarak değerlendirildiğinde kWh başına üretim maliyetlerinin düşmesini de sağlamıştır

Nükleer güç santrallerinin diğer kaynaklara göre ekonomik olarak değerlendirilmesi yapıldığında, maliyetin ana olarak 3 parametreden oluştuğu görülmektedir. Bunlar arasında; ilk kurulum maliyetleri (installation cost), finansman bedelleri ve santral güvenilirliği başta gelmektedir. Yakıt maliyetlerinin diğer kaynaklara dayalı üretim tesislerine oranla düşük oranda olduğu görüldüğü nükleer güç tesislerinde ilk kurulum maliyetlerinin yüksek olması nükleer enerjinin serbest piyasada diğer kaynaklar ile rekabet etmesini zorlaştırmaktadır. Üç ana maliyet kalemi incelendiğinde; ilk kurulum maliyetinin tüm maliyetlerin yaklaşık olarak % 70'ini oluşturduğu görülmektedir (Linares ve Conchado, 2013).

İkinci kalem olarak yer alan finansman bedelleri ise, nükleer tesislerin ilk yatırım maliyetlerinin çok büyük miktar sermaye gerektirmesi ve bu sermayenin ana olarak bankalardan karşılanıyor olması nedeniyle önemli bir gider olarak karşımıza çıkmaktadır. Nükleer güç santral projeleri için ciddi miktarda yatırım söz konusu olduğu için finansman bulmakta oldukça zorluk çekilmektedir. Çoğu ülkede üretilecek elektriğe alım garantisi verilmesi suretiyle kamu desteği sağlanarak bu projeler için finansman sağlanabilmektedir.

Üçüncü kalem olan santral güvenilirliği ise santralin kapasite faktörünün beklenen değerlerde gerçekleşerek öngörülen üretiminin piyasada rekabet edebilen fiyatlarda sağlanabilmesidir. Serbest piyasa fiyatlarına göre rekabet edebilen bir nükleer güç santral (NGS) kurmak ciddi öngörü ve çalışma gerektirmektedir. Santral kurulum sürelerinin 8-10 sene gibi uzun süreleri bulması ve bu süre zarfında gerçekleşmesi muhtemel politik, siyasi veya ekonomik kriz gibi değişkenler nükleer güç santrallerinin kurulumunu tehdit eden en büyük unsurlar olmaktadır. Doğru planlamanın yapılmadığı projelerde, işletmeye geçildikten sonra maliyetlerin piyasa fiyatlarının çok üstünde oluşması sebebiyle kamu tarafından sübvansiyonların

sağlanmaması durumunda finansal sorunların yaşandığı görülmektedir (Thomas, 2010).

Nükleer santrallerinin maliyet analizi yapılırken gider kalemlerinin reaktör türüne göre değişiklik gösterdiği görülmüştür. Tercih edilen reaktör tipine göre kullanılan ekipmanlar, proses hammaddeleri ve güvenlik tedbirleri farklılık göstermekte ve buna göre de maliyetler değişmektedir. Reaktör türüne göre karşılaştırma yapılırken söz konusu tüm maliyetler yatırım, işletme-bakım ve yakıt maliyetleri olmak üzere 3 ana grupta sınıflandırılmaktadır. Çizelge 3.5’de toplam maliyeti etkileyen kalemler topluca gösterilmiştir (OECD/NEA, 2000).

Çizelge 3.5 : Toplam maliyet kalemleri.

Ana Maliyet Nitelemesi	Maliyet Tipi	Maliyet Kalemi
Yatırım Maliyeti	Doğrudan Maliyetler	Yer ve İlgili Harcamalar
		Ekipman Harcamaları
		Montaj Harcamaları
	Dolaylı Maliyetler	Tasarım ve Mühendislik Harcamaları
		Proje Yönetimi Harcamaları
		Hizmete Alma Harcamaları
		Eğitim Harcamaları
	Diğer Maliyetler	Vergi ve Sigorta Harcamaları
		Taşıma Harcamaları
		Kurucu Maliyeti
Kurulum Elemanları Yedek Parça Harcamaları		
Beklenmeyen Giderler		
İşletme ve Bakım Maliyeti	Personel Harcamaları	
	İşletme Elemanları Yedek Parça Harcamaları	
	Bakım Harcamaları	
		Yakıt Maliyeti

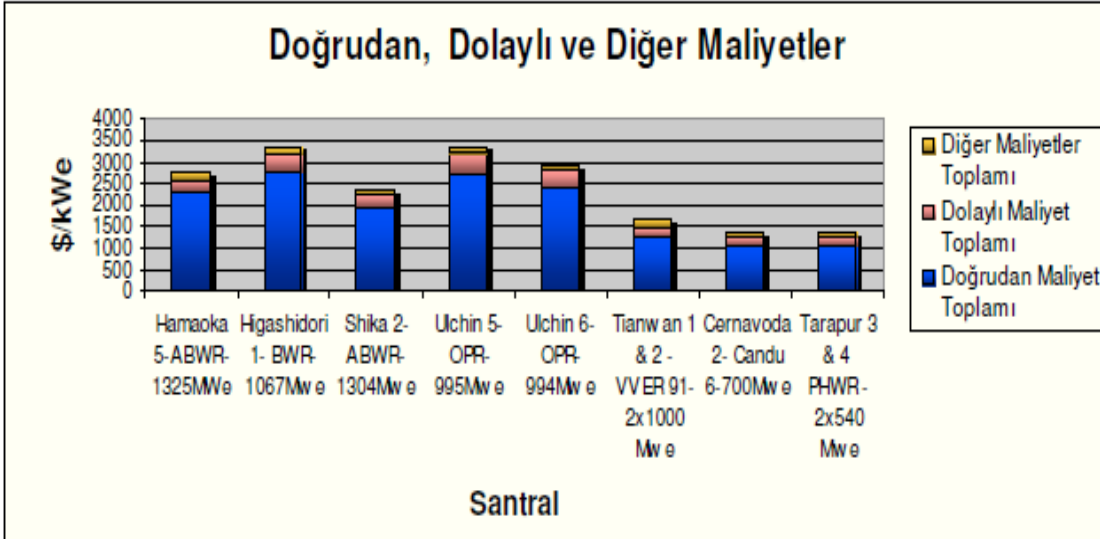
İlk yatırım maliyetlerindeki hesaplamalar gecelik maliyet olarak hesaplanmaktadır. Gecelik maliyet; bir nükleer santralin yatırım maliyetinde gecikmeleri ve faizleri dikkate almadan sanki santral bir gecede yapılmış gibi alınan maliyet değerlerini ifade etmektedir. Birimi olarak \$/kWe veya \$/MWe kullanılabilir (OECD/NEA, 2000). Bu maliyet santral tipine, ülkesine, kullanılacak teknolojiye göre farklılık göstermektedir.

Yatırım maliyetinin, tüm maliyetler içinde en büyük paya sahip olanı durumunda olduğu ve genellikle toplam maliyetin yarısından fazlasını oluşturduğu söylenebilir (FMO, 2011). Reaktör türüne göre maliyetlerin incelenmesi için yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar Çizelge 3.6'da verilmiştir (Turanlı Orakçı, 2012). Çalışma için beş farklı ülke ve iki farklı kıtada yer alan sekiz reaktör seçilmiştir. Reaktör tipleri, çeşitlilik olması adına en yaygın türler olan basınçlı su (PWR), kaynar su (BWR) ve ağır su (PHWR) reaktörleri olarak seçilmiştir.

Çizelge 3.6 : Devreye alınmış olan nükleer santrallerin gecelik yatırım maliyetleri.

Ülke	Santral	Teknoloji	Net Kapasite	Gecelik Maliyet
			MWe	2007\$/kWe
Japonya	Hamaoka 5	ABWR	1325	2759
Japonya	Higashidori 1	BWR	1067	3351
Japonya	Shika 2	ABWR	1304	2357
Kore	Ulchin 5	PWR - OPR100	995	3357
Kore	Ulchin 6	PWR - OPR100	994	2942
Çin	Tianwan 1 ve 2	VVER-91 PWRs	2x1000	1650
Romanya	Cernavoda 2	Candu-6- PHWR	700	1370
Hindistan	Tarapur 3 ve 4	PHWR	2x540	1380

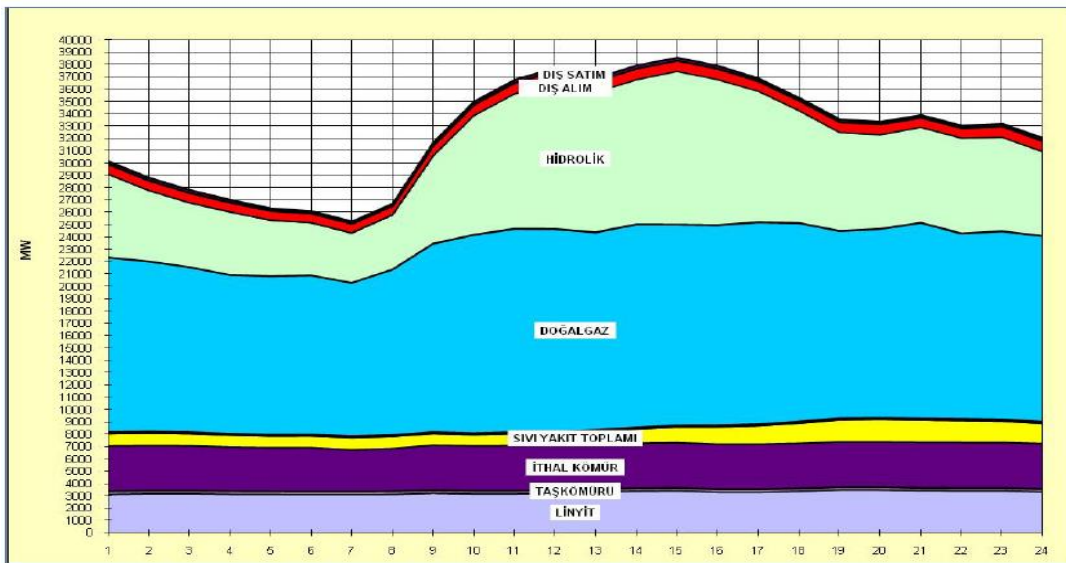
Bu maliyeti oluşturan kalemler incelendiğinde ise doğrudan maliyet sınıfında olan giderlerin asıl giderleri oluşturduğu görülmektedir. Bu oran, her reaktör için değişiklik göstermekte olup, çalışma sonucunda elde edilen reaktör tipine göre doğrudan, dolaylı ve diğer maliyet payları Şekil 3.11'de verilmiştir. En büyük pay olan yatırım maliyetini sırasıyla işletim-bakım maliyeti ve yakıt maliyeti takip etmektedir (Turanlı Orakçı, 2012).



Şekil 3.11 : Doğrudan, dolaylı ve diğer maliyetler (Turanlı Orakçı, 2012).

3.4 Nükleer Güç Santrallerinin Enerji Piyasasındaki Yeri ve Önemi

Enerji piyasasında arz güvenliği; “Tedarik kaynaklarının talebe göre arzulan miktar ve nitelikte ve bu kaynaklar kullanılarak üretilen enerji türlerinin sistem ihtiyacını kısa, orta ve uzun dönemde sürekli ve öngörülebilir maliyetlerle karşılanması, sistemin ani değişikliklere karşı stabilitesini sağlama ve artan talebi karşılama yeteneğini” ifade etmektedir. Bunun anlamı, öz olarak, değişen talebin her daim arz grubu düzenlenerek karşılanması demektir. Şekil 3.12’te elektrik tüketiminin maximum olduğu günlerde santrallerin enerji kaynağı türüne göre çalışma durumları görülmektedir (TEİAŞ, 2014b).



Şekil 3.12 : Tüketimin max. olduğu gündeki üretimin kaynak bazında dağılımı.

Şekil 3.12’den de görüldüğü üzere enerji üretimi esas olarak baz yük santralleri olarak kabul edilen doğalgaz, kömür ve rejimi düzgün olarak kabul edilen hidroelektrik santrallerden gerçekleşmiştir. Gün içinde değişen talebe göre diğer yenilenebilir enerji kaynakları ve maliyet olarak piyasada oluşan fiyatın altında kalan santrallerin devreye girmesi söz konusu olmaktadır. Bu yapı incelendiğinde sistemin esas itibarıyla baz yük santralleri üzerine kurulu olduğu anlaşılmaktadır.

Enerji piyasasında 'baz yük', tüm gün boyunca gerekli olan temel elektrik enerjisi olarak tanımlanmaktadır (Url-20). Günümüzde, teknolojik yeterlilikler göz önünde bulundurulduğunda ancak termik veya nükleer yakıtlı santraller baz yük ihtiyacını karşılayabiliyor olmaktadır.

Termik ve nükleer santrallerin, yenilenebilir kaynaklı (hidro, rüzgar, güneş vs.) santrallere oranla çok daha düzenli ve öngörülebilir miktarlarda elektrik üretimi yapabiliyor olması en büyük avantajları olarak gösterilmektedir (Url-21). Çevre sorunları ve yerli linyitin kalorisinin düşük olması sebebiyle kömürde giderek artan dışa bağımlılık, geriye kalan seçenekler arasında nükleer enerjiyi öne çıkarmaktadır.

Öte yandan “Elektrik Enerjisi Piyasası ve Arz Güvenliği Stratejisi Belgesi”ne göre 2023’de tüketilmesi öngörülen 500 milyar kWh elektriğin % 30 kadarının doğalgaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması hedeflenmektedir. Bu da, 2023 için yenilenebilir ve doğalgazdan ayrı ayrı 150 milyar kWh elektrik üretilmesi anlamına gelmektedir. Yenilenebilir enerjiden elektrik üretiminin iklim koşullarına son derece bağlı olması ve sürekli değişkenlik göstermesi nedeniyle sistemde 4 mevsim, 7 gün ve 24 saat çalışabilecek baz yük santrallerine ihtiyaç duyulması baz yük santrallerini tekrar ön plana çıkarmaktadır (NEPUD, 2013).

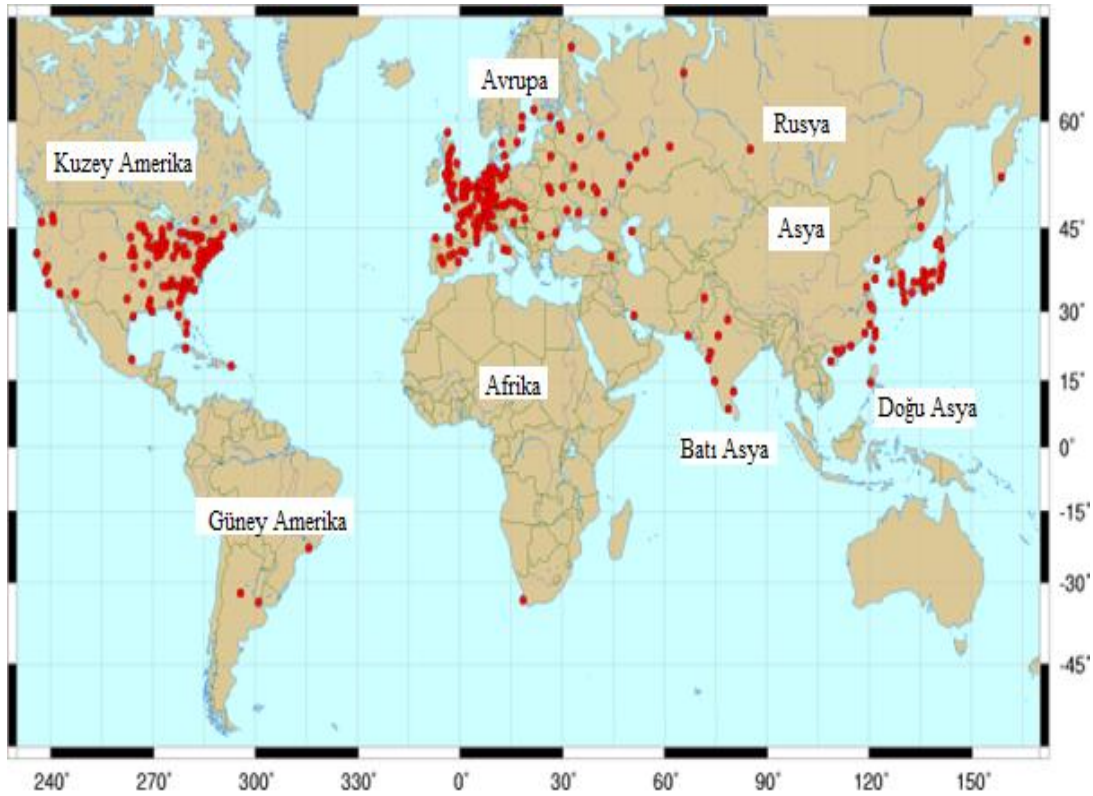
Yine strateji belgesi çerçevesinde, yenilenebilir enerji kaynaklarında öne çıkan rüzgar enerjisinde süreklilik olmaması sebebiyle şebekenin sağlıklı işlemesi bakımından baz yük santralleri ile dengelenmesi gerekmektedir. Şebekenin, toplam %20’sinden fazlası rüzgârdan karşılanması durumunda ciddi problemler görülmektedir.

Nükleer ile diğer kaynaklara dayalı teknolojiler kıyaslandığında, kurulu güç ve elektrik üretim değerleri arasında ciddi farklılıklar olduğu görülmektedir. Rüzgâr santralleri ele alınırsa; rüzgâr santrallerinde kapasite faktörü, genellikle %20-45 arasında değişmektedir. Örneğin, kapasite faktörü %30 olarak gerçekleşen 1 MW kurulu güce sahip bir rüzgâr santrali yılda: 8,760 milyon kWh değer yalnızca 0,3×8,76 milyon kWh

= 2,628 milyon kWh kadar bir enerji üretir. Başka bir ifadeyle, bu rüzgâr santralının durumu bir yılda, sürekli olarak ve tam güçte çalışan ve yaklaşık 0,3 MW kurulu güce sahip bir nükleer santralin üreteceği enerjiye denktir. Rüzgâr gücünün daha düşük bir kapasite faktörüne sahip olması, belli miktar elektrik üretmek için, nükleer santrallere göre 2-3 kat daha çok üretim kapasitesiyle kurulması gerektiği anlamına gelmektedir.” (NEPUD,2013)

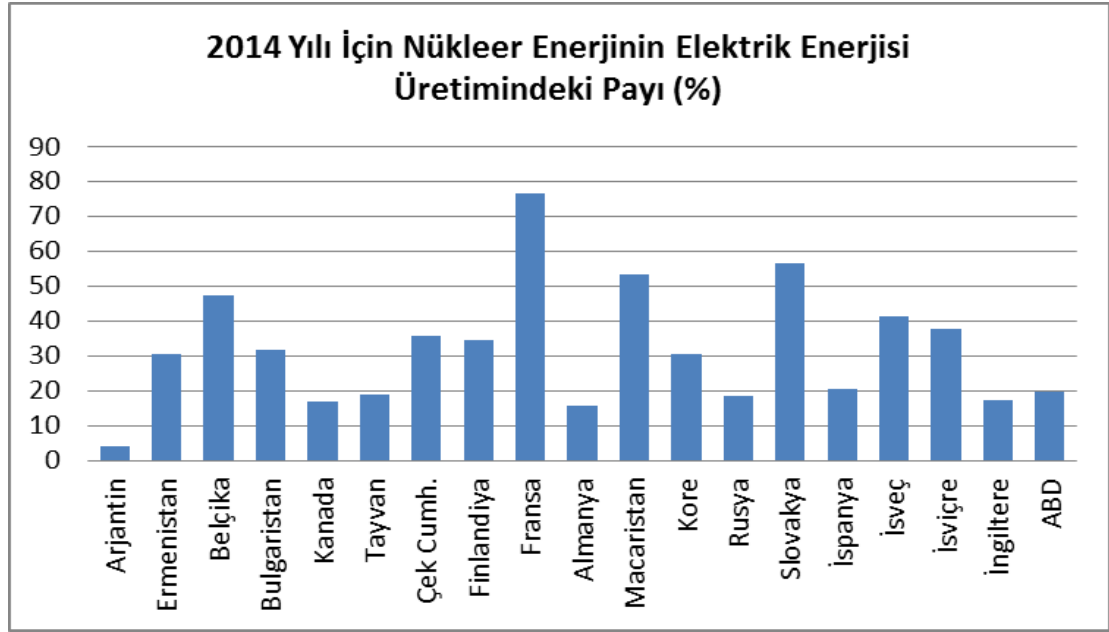
Dolayısıyla, nükleer santralların enerji üretiminde tercih edilmesinin nedenleri arasında; emre amadelik şartlarını büyük oranda sağlaması, düşük işletim maliyeti, yakıt fiyatlarının çok fazla değişmemesi ve santral ömürlerinin uzun olması sayılabilir (Tuğrul, 2012).

Dünyada nükleer reaktörlerin yoğun olarak kurulu ve işletmede olduğu ülkelerin ana olarak gelişmiş ülkeler olduğu ve ve kurulması devam eden ülkeler incelendiğinde ise gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin olduğu görülmektedir (Şekil 3.13). Bunun sebepleri arasında; enerji kaynaklarını çeşitlendirerek güç kesintilerinin önüne geçmek, artan enerji taleplerini karşılamak, iklim değişikliği ile mücadelede sera gazı salınımını azaltarak destek sağlamak, yükselen enerji fiyatlarına karşı savunma oluşturmak vb. düşünceler yer almaktadır.



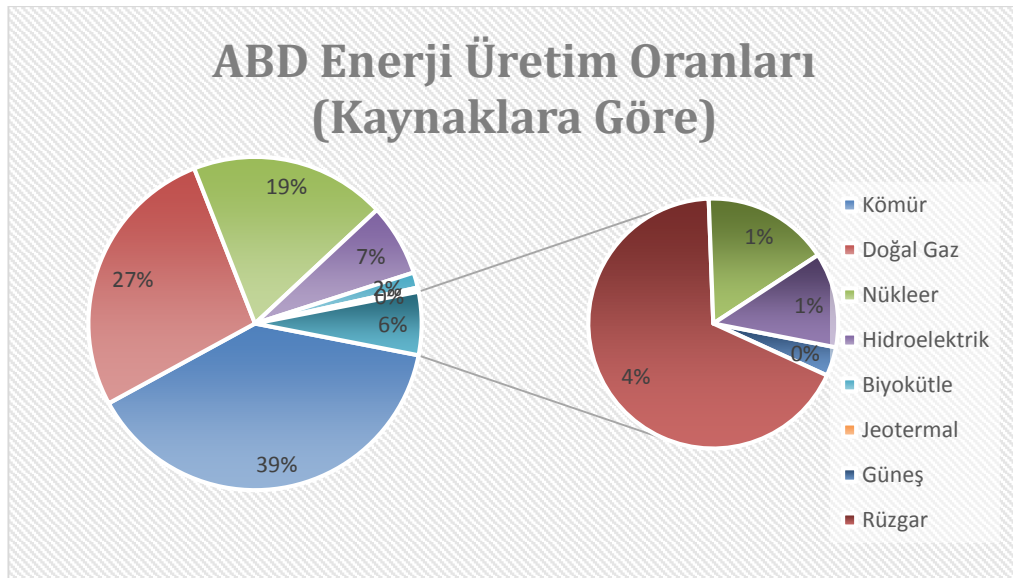
Şekil 3.13 : Dünyada nükleer santrallar (Url-22).

Şekil 3.14’de ise nükleer santrallara sahip ülkelerde elektrik üretimi içinde nükleer güç üretiminin payı görülmektedir.



Şekil 3.14 : Nükleer enerjinin elektrik enerjisi üretimindeki payı (Url-23).

Günümüzde enerji politikalarını; söz konusu kriterleri de göz önünde bulundurarak en başarılı şekilde uygulamaya koyan ülkelerden biri olarak ABD gösterilebilmektedir. Gerek yenilenebilir enerjiye verdiği destekler - gerçekleştirilmiş yatırımlar ve gerekse diğer kaynakların pay dağılımı incelendiğinde ABD’nin elektrik enerjisi üretiminin dağılımının nispeten dengeli olduğu görülmektedir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 : ABD enerji üretiminin kaynaklara göre dağılımı (Url-24).

Şekil 3.17’de, 2013 yılında ABD’de üretilen elektrik enerjisinin kaynak bazında dağılımı gösterilmektedir. Burada, nükleer enerjinin doğal gaz ve kömürden hemen sonra yer aldığı görülmektedir. Bu bağlamda, ABD’nin nükleer enerjiye vermiş olduğu önem açıkça görülebilmektedir.

4. APLUS BİLGİSAYAR PROGRAMI

4.1 APLUS Bilgisayar Programının Tanıtımı

APLUS Bilgisayar programı gelişkin bir yazılım olup, Türkiye Elektrik Piyasası'nın modellenmesine yönelik olarak geliştirilmiştir. Bu bağlamda; Türkiye Elektrik Piyasası'nın modellenmesi analizi ile birlikte ileriye dönük trend ve yönelimlerinin belirlenmesi ile piyasa izlemesine yönelik geriye dönük analiz yapılmasına olanak veren bir programdır (APLUS, 2015).

APLUS Bilgisayar Programı ile gerçekleştirilebilenler, başlıca;

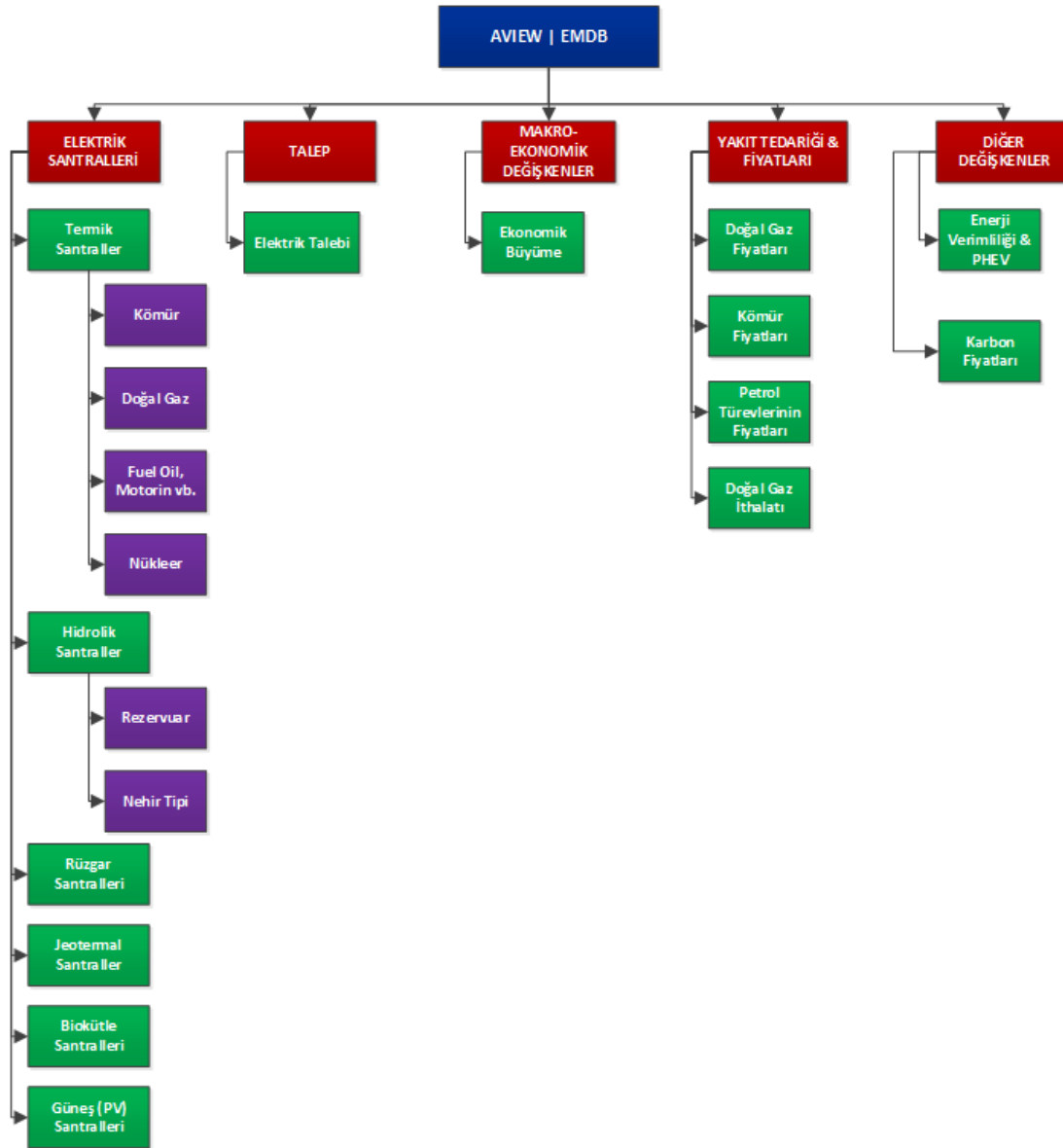
- Piyasa Yönelimlerinin Belirlenmesi
- Piyasa İzlenmesi

olarak ifade edilmektedir.

4.2 APLUS Bilgisayar Programının Giriş Parametreleri

APLUS Bilgisayar Programı, orta ve uzun vadeli öngörüler için piyasaya yeni kapasite girişlerini modelleyebilmektedir. Bu çalışmada, yazılımın söz konusu bu performansı kullanılarak öngörülen fiyatlar, maliyetler ve yük eğrisi ile piyasaya nükleer santraller için kaynak türü bazında yeni kapasite girişleri ile ilgili tahmin yapılabilme özelliğinden yararlanılmıştır.

Modelleme kapsamında kullanılan veritabanında göz önünde bulundurulmuş parametreler Şekil 4.1'de verilmektedir (APLUS, 2015). Söz konusu her bir parametre için mümkün olduğunca alanındaki otorite kurum veya kuruluşlar tarafından yayınlanan raporlar ve/ya projeksiyonlar (Petrol fiyatları, ekonomik büyüme verileri vb.) esas alınmıştır. Hakkında yayınlanmış veriler bulunmayan parametreler hususunda ise, geçmişe dönük analizler gerçekleştirilerek geleceğe ilişkin varsayımlar (Kurak sezon öngörüsü, hidroelektrik santrallerden elektrik enerjisi üretimi miktarları vb.) yapılmıştır. Ayrıca ülke politikaları kapsamında piyasaya yön vermeye yönelik adımların modellenmesi de çalışılmıştır.



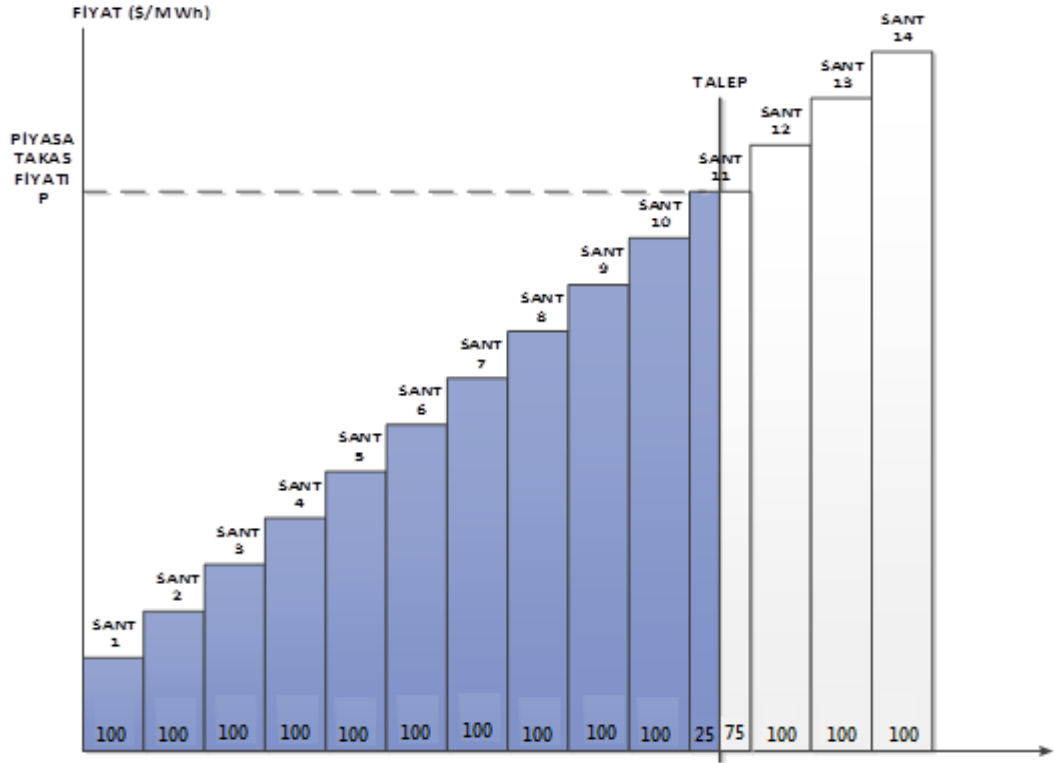
Şekil 4.1 : Modelleme kapsamında göz önünde bulundurulmuş parametreler.

Programın metodolojisi fundamental model anlayışı üzerine geliştirilmiş olup ilgili saatte arz ile talebin kesiştirildiği noktada marjinal fiyat esasına dayalı olarak piyasa takas fiyatının belirlenmesine olanak tanımaktadır. Bu bağlamda öncelikle yıllık talep tahmini yapılmaktadır. Talep tahmini; GSYİH, Türkiye nüfusu, enerji verimliliği beklentileri ile elektrikli arabaların elektrik tüketimi üzerindeki etkileri dikkate alınarak hesaplanmaktadır.

Talep tarafı yıllık olarak tahmin edilip saatlik profillere kırıldıktan sonra arz tarafı için üretim tahmini yapılmaktadır. Bu kapsamda öncelikle ithalat ve ihracata ilişkin kapasite faktörleri ile rüzgar, jeotermal, nehir tipi hidro, biokütle gibi yenilenebilir tipli santrallerin kapasite faktörleri dikkate alınarak üretim tahmini yapılmaktadır.

Daha sonra Yap İşlet Devret, Yap İşlet tipli santrallerin öngörülen üretimleri ve puant saatlerde üretim yaptığı varsayılan rezervuar tipli hidrolik santrallerin tahmini üretimleri hesaplanmaktadır. Gelecek yıllara ilişkin öngörülen bu üretim tahminleri toplanarak talep tahmininden düşürülmektedir.

Geriye kalan talep miktarı ise marjinal maliyet esasına göre sıralanan termik santrallerin ilgili saatte piyasaya sundukları emre amade kapasitesi ile eşleştirilmektedir. Böylelikle, talep ile arzın kesiştiği noktada bulunan ilgili santralin marjinal maliyeti o saatteki piyasa takas fiyatını oluşturmaktadır. Yapılan işlem, Şekil 4.2'deki grafikte detaylı bir şekilde gösterilmektedir.



Şekil 4.2 : Marjinal maliyet esasına göre termik santrallerin sıralanması.

4.3 APLUS Bilgisayar Programının Çıkış Verileri

APLUS Bilgisayar Programı, gelecekte devreye girecek santraller için Dinamik Devreye Alma Algoritmasını kullanmaktadır. Bu algoritma sayesinde yatırım sürecinde olan santrallerin birim yatırım maliyetleri tahmin edilen piyasa takas fiyatı ile karşılaştırılmaktadır. Bu karşılaştırma sonucunda birim yatırım maliyetinin tahmin edilen piyasa takas fiyatının altında olması durumunda santral devreye alınmakta; üstünde olması durumunda ise santralin devreye girişi bir sonraki yıl yine aynı

yöntemle değerlendirilmektedir. Bu yöntem sayesinde gerçek piyasa koşulları model içerisinde yansıtılmakta ve fiyat tahminleri bu doğrultuda hesaplanabilmektedir.

Programın çalıştırılması neticesinde belirtilen tarih aralıkları için yıllık talep çıktıları alınabilmektedir. Talebin tanımlanmasıyla daha önce belirtilen esaslara göre kaynak bazında elektrik üretim değerleri ve toplam kurulu güç değerleri yıllık olarak elde edilebilmektedir. Bu veriler kullanılarak söz konusu yıllardaki piyasa kurulu gücünün ve elektrik üretim miktarının kaynaklara göre dağılımı tahmin edilebilmektedir.

Program, kurulu güç ve üretim değerlerine ek olarak yıllara göre piyasa takas fiyatını da öngörmektedir. Bu fiyatlar göz önünde bulundurularak düşünülen yatırımların fizibilite değerlendirmeleri de gerçekleştirilebilmektedir.

4.4 APLUS Bilgisayar Programı ile Yapılabilecek Değerlendirmeler

APLUS Bilgisayar programı ile enerji piyasasının geleceğine dair birçok değerlendirme yapılması mümkün olabilmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi yatırımcılar için yatırımların maliyet bazlı değerlendirilmesinden piyasa dizaynı gerçekleştirenler için yapılacak bir düzenlemenin piyasaya yapacağı etki vb. değerlendirmeleri yapılabilmektedir.

Program ile piyasaya girmesi öngörülen yeni girdilerin piyasaya etkileri incelenebilmektedir. Benzer şekilde herhangi bir kaynağın devreye girmemesi durumunda oluşan açığın hangi tür kaynaklar ile telafi edileceğine yönelik değerlendirme de yapılabilmektedir.

Yenilenebilir kaynaklara özellikle de hidrolik kaynaklara ilişkin tarihi veriler (yağışmiktarları, su gelirleri, vb.) kullanılarak geleceğe yönelik çeşitli modellemeler ve tahminler yapılabilmektedir. Ayrıca bu tahminlerde kurak yıl, ortalama yıl ve yağışlı yıl gibi senaryolar oluşturulabilmektedir.

Son dönemde gündemde olan petrol fiyatlarının düşmesi gibi hammadde fiyatlarındaki değişimin piyasaya yapacağı etki de APLUS bilgisayar programı ile irdelenebilmektedir. Fazla olarak, programda elektrik üretimi sırasında oluşan karbon salınımı da dikkate alınabilmektedir. Olası “Karbon Vergisi” uygulanmasının sonuçları da modellenecek şekilde tasarım hazırlanmış bulunmaktadır. Bu bağlamda, ileriye dönük tahminlerde yer almaktadır.

5. NÜKLEER SANTRALLERİN ENERJİ PİYASASINA ETKİSİNİN APLUS PROGRAMI İLE İNCELENMESİ

Bu Yüksek Lisans tez çalışması ile, Akkuyu Nükleer Güç Santralının farklı yıllarda sisteme dâhil olması senaryoları oluşturulmuş ve bu senaryolar APLUS programında uygulanarak çıktılar elde edilmesi hedeflenmiştir. Bu çıktıların değerlendirilmesiyle nükleer santralin hiç devreye alınmaması durumu ile, alındığı durumdaki piyasaların mukayesesi ve/veya nükleer santralin devreye girmesinin gecikmesinin etkileri irdelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda nükleer enerjinin kaynak dağılımına ve serbest piyasada oluşan fiyatlara yapacağı etkinin incelenmesinin gerçekleştirilmesi ile ayrıca günümüzde geleceğe ilişkin belirlenen tek hedef olması itibariyle 2023 yılı için konulan hedeflerin tutturulabilmesine dair değerlendirme yapılması da planlanmıştır.

5.1 Türkiye'nin Nükleer Enerji Tarihçesi ve Hedefleri

APLUS Programı ile uygulamalara ve ulaşılan sonuçlara girmeden önce Türkiye'nin nükleer enerji tarihçesi ve hedefleri üzerinde durulmasının yerinde olacağı düşünülmüştür. Bu bağlamda, bu alt bölüm içinde öncelikle bu konu üzerinde durulacaktır.

Türkiye'nin emre amade enerji kaynaklarının kısıtlı olması nedeniyle nükleer güç santrallarının kurulması fikri hayli eski tarihlerden bu yana bir hedef olarak belirlenmiştir. Nitekim, Türkiye'de, Atom Enerjisi Komisyonu'nun kuruluş tarihi 1956'dır.

Geçen zaman içinde ithal doğal gaz ve petrol temininde istikrarsız tedarikçilere giderek daha fazla bağımlı hale gelinmesi ve bu sebeple cari açığın ciddi seviyelere ulaşması sebebiyle nükleer güçten yararlanılması fikri, enerji planlamasında uzun zamandır elzem bir konu olarak öne çıkmıştır. Günümüz hükümetleri tarafından da, nükleer güç santralları için olan plan ve programların kuvvetle desteklendiği görülmektedir. Bir başka deyişle, nükleer enerji santrali kurulması, ülke ekonomik

büyümesinin sağlanmasına yönelik olarak ve doğal gazda Rusya ile İran'a olan enerji bağımlılığın azaltılması için benimsenen faktörlerden biri olmaktadır.

Türkiye'de nükleer enerjinin enerji envanterinde yer alması on yıllardır hedeflenmiş ve bunun için birçok girişimde bulunulmuştur. Bu bağlamda, nükleer enerjiye ilişkin günümüz, geçmiş ve gelecek olarak değerlendirme yapılacak olursa, nükleer reaktör kurma fikrinin 1960'lara dayanmakta olduğu görülmektedir. İlk olarak eğitim ve araştırma amaçlı reaktörler kurulmuş olup daha sonrasında elektrik üretimi amacıyla nükleer güç üretim tesisi kurulması için birçok girişimde bulunulduğu görülmektedir. Gerçekleşen tüm bu girişimler kapsamında belli seviyelere kadar gelinebildiği ve sonrasında siyasi ve mali sorunlar sebebiyle müzakerelerin çoğunun hüsrarla sonuçlandığı görülmektedir. Başarısızlıkla sonuçlanan tüm girişimlere rağmen nükleer enerjiden yararlanılması fikrinin dönem dönem yeniden gündeme geldiği görülmektedir. Nitekim, günümüzde de nükleer güç santralı kurmak konusunda ciddi adımlar atıldığı tekrardan görülmektedir (Tuğrul, 2010).

Geleceğe ilişkin olarak ise, ülkemizin enerji politikası adına konulan 2023 hedefleri kapsamında, nükleer güç santralı kurulması hedefinin benimsendiği görülmektedir. 2023 de halen proje aşamasında bulunan 2 nükleer santral grubu için önemli ölçüde gelişme kaydedilmesi, Cumhuriyet'in 100. Kuruluş yıldönümünde üretilecek olan toplam elektrik enerjisi miktarının yüzde 5'inin nükleer güçten karşılanmasının hedeflendiği ilan edilmiştir (Pamir, 2010).

Belirlenen hedefler doğrultusunda ilk reaktörün Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nde (ÇNAEM) havuz tipi bir reaktör olarak araştırma ve eğitim amacıyla kurulması planlanmıştır. Türkiye'nin ilk nükleer tesisi olan 1 Megavat termal (MWt) gücündeki hafif su araştırma ve eğitim reaktörünün inşasına 1959'da başlanmış ve kritik olmasıyla ilk kez çalışması 1962'de mümkün olmuştur.

TR-1 olarak nitelenen bu reaktör 1977'ye kadar 15 yıl sürekli olarak kullanılmıştır. 1982 yılında ise, artan radyoizotop ihtiyacının karşılanması amacıyla aynı bina ve havuz içerisinde TR-1 reaktörü yerine 5 MWt gücündeki TR-2 araştırma reaktörü almıştır (Url-15). Şekil 5.1'de havuz tipi olan ÇNAEM TR-2 Araştırma ve Eğitim Reaktörü görülmektedir (Tuğrul, 2010). Bu reaktörde Nisan 1984'ten itibaren radyoizotop üretimine başlanmıştır.



Şekil 5.1 : ÇNAEM TR-2 araştırma ve eğitim reaktörü.

Diğer bir araştırma reaktörü olan 250 kWt gücündeki TRIGA Mark II hafif su reaktörü ise İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü'nde Eğitim ve Araştırma Reaktörü olarak kurulmuş olup bu reaktör de Mart 1979'da kritik olmuştur. Şekil 5.2'de, tank tipi olan İTÜ TRIGA Mark-II Eğitim ve Araştırma Reaktörü görülmektedir (Url-25).



Şekil 5.2 : İTÜ TRIGA Mark-II eğitim ve araştırma reaktörü.

Atom Enerjisi Kurumu, ikinci bir nükleer araştırma merkezini ise Ankara yakınlarında Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ANAEM) adıyla açmıştır. Bu merkez, o yıllarda, 300 – 400 MWe ağır su doğal uranyumlu güç santralinin inşası amacıyla ilk

etütleri geliştirmiş ve uranyum madenciliğine dair ön çalışmaları gerçekleştirmiştir (Url-15).

1970’li yıllara kadar Türkiye’nin nükleer reaktörleri araştırma safhasında kalmıştır. Bu tarihten sonra elektrik üretimi amacıyla birçok büyük çaplı projenin hayata geçirilmesinin hedeflendiği görülmektedir. ANAEM’in 1967’de 300 – 400 MW ağır su reaktörünün inşası için yapılabilirlik çalışmasını başlatmasının ardından Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) Nükleer Güç Santralleri Birimi, bir nükleer reaktör için yapılabilirlik ve uygun alan araştırması gerçekleştirmiştir (Url-15).

Yapılan alışmalar neticesinde sismik ve diğer koşullar açısından Türkiye de en uygun yerler olarak;

- I. Mersin – Akkuyu
- II. Sinop – İncuburun
- III. Kırklareli – İğneada

(nc santral yerine günümüzde henüz kesin karar verilmemiştir. Ancak söz konusu öngörülen yerler içinde nde gelenlerden biri belirtilen bu yer olmaktadır.)

sahaları belirlenmiştir (şekil 5.3). Öncelikli olarak Akkuyu sahası belirlenmiş ve 1976’da söz konusu alana “Yer Seçimi Lisansı” verilmesiyle yabancı tedarikçilerle olan müzakere serüveni başlamıştır.



şekil 5.3 : Türkiye’de NGS kurulumu için uygun olduğu belirtilen yerler (Url-26).

Akkuyu için açılan ihaleler kapsamında, ilk ihale 1977 yılında açılmış ancak 1980'deki askeri darbe sonrası iptal edilmiştir. Kesintiye uğrayan süreç 1982'de yedi firmanın Akkuyu'da nükleer reaktör kurması ihalesine katılması için davet edilmesiyle yeniden canlandırılmıştır. Devam eden süreçte, hükümet tarafından ihalenin temel şartlarından birisinin "Yap – İşlet – Devret" (YİD) olarak belirlenmesiyle Kanadalı Kanada Enerjisi Kurumu Ltd. Şti (AECL) dışındaki gruplar çekilmiş ve AECL ile 1985 'te bir ön protokol imzalanmıştır (Palabıyık, Yavaş ve Aydın, 2010).

YİD modeli, Başbakan Turgut Özal'ın Almanya ziyareti sırasında "Nükleer santrallerin imalatçı firmalarla oluşturulacak bir ortaklık vasıtasıyla kurulması, 15 yıl süreyle işletilmesi ve tüm borçların enerji satışlarıyla geri ödenmesinden sonra devredilmesi" tarzında yaptığı öneriyle gündeme gelmiştir. Bu model çerçevesinde TEK ve AECL önderliğinde bir ortaklık kurulması planlanmış ve TEK'in % 40, AECL önderliğindeki diğer firmaların ise % 60 oranında finansman temin etmesi istenmiştir. AECL'in anlaşmayı kabul etmesine rağmen YİD'e dair şartların Kanada Hükümeti tarafından kabul edilmemesi neticesinde görüşmeler durmuştur. 1986'da meydana gelen Çernobil kazası sonrası nükleer santrallara ilişkin tüm planlar askıya alınmıştır.

Bu dönemdeki 5. Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda, "V. Plan döneminin enerji sektörünün iki büyük projesi Atatürk Barajı ve Nükleer santraldir." ifadesi yer almışsa da daha sonraki dönemde hidroelektrik santrallara daha fazla önem verilirken nükleer güç santrallarına ilişkin herhangi bir faaliyette bulunulmamıştır (DPT, 1984).

İlk girişimin başarısızlıkla sonuçlanmasının sonrasında 1989 yılındaki ikinci girişimde bulunulmuş ve Arjantin ile 25 MWe gücünde nükleer reaktör yapılması düşünülmüştür. Ancak bu güçteki bir reaktörün "elektrik üretimi için çok küçük ve araştırma reaktörü için büyük ölçekte" olduğu tespit edilmesini takiben bu projeden vazgeçilmiştir (Kıbaroğlu, 1997).

1990'lı yıllarda uzmanların elektrik enerjisi arz–talebinin karşılanmasına ilişkin gerçekleştirmiş olduğu çalışmalar sonucu bir sonraki 10 yılda nükleer enerjiye gereksinimin çok daha fazla olacağı tespit edilmiştir. Gelişen talebin karşılanması için 2005'den itibaren her yıl için 1.000 MWe gücündeki nükleer reaktörlerin devreye girmesi gerektiği ve 2040 yılında toplam nükleer reaktör kurulu gücünün 34.000 MWe olması gerektiği belirtilmiştir (Kıbaroğlu, 1997).

Bu çalışmaya müteakiben 1992 yılında TEK, dünyadaki en önemli nükleer santral imalatçılara mektup yazarak 2002 yılında devreye girecek şekilde 1.000 MWe gücünde nükleer santral kurulumuna ilişkin teklif istemiştir. Devam eden süreçte, 1994'deki ihale koşullarına ilişkin sunuma 4 firma davet edilmiştir. Bu görüşmelerde YİD modelinin düşünüldüğü tekrarlanmış ve bir önceki müzakere sürecinde yaşananlar tekrarlanmıştır. Bu görüşmeler esnasında CANDU reaktörlerinin kurulmasına daha sıcak bakılmıştır. Bu kararda, CANDU reaktörlerde zenginleştirilmemiş yakıt kullanılması ve bu tip reaktörlerin Türkiye'nin yerli uranyum rezervlerini kullanmasına olanak sağlayacağı düşüncesi etkili olmuştur (Url-27).

24 Temmuz 2000 tarihinde dönemin Başbakan'ının açıklaması ile nükleer santral projesi ertelenmiştir. 2001 yılında yaşanan ekonomik kriz ve sonrasında IMF'den finansal destek sağlanmasından sonra nükleer gibi pahalı projelerin izlenmesinden vazgeçilmiştir. Bu bağlamda, nükleer santral projesi geriye bırakılmıştır.

2008'de Türkiye, arz güvenliğinin sağlanması ve dışa bağımlılığın azaltılması amacıyla nükleer güç santrallerine ilişkin yeniden harekete geçeceğini ilan etmiştir. Yarışma süreci olarak ilan edilen bu süreçte, şirketler istenen derecede ilgi göstermemiş ve sadece Rus konsorsiyumu teklif vermiştir. Tek teklifli yarışma süreci Danıştay tarafından Kasım 2009'da iptal edilmiştir.

Başarısızlıkla sonuçlanan bu girişimlerin ardından T.C. Dışişleri Bakanlığı'nın web sayfasında, enerji piyasasına ilişkin Türkiye'nin enerji stratejisi şu şekilde belirtilmiştir:

”- *Kaynak ülke ve güzergâh çeşitliliğine gidilmesini,*
- *Enerji karışımında yenilenebilir enerjinin payını arttırırken, **nükleer enerjiden de yararlanılmaya başlanılmasını,***
- *Enerji verimliliğinin arttırılmasına yönelik çalışmalarda bulunulmasını ve*
- *Aynı zamanda Avrupa'nın enerji güvenliğine katkıda bulunulmasını amaçlanmaktadır.*”

Bu çerçevede, nükleer tesis kurulmasının ana hedeflerden biri olarak yer aldığı tekrarlanmıştır (Url-28). Ayrıca, konulan hedefler ile 2023 yılına kadar 2 nükleer santralin devreye alınarak elektrik enerjisi üretiminin % 5'inin nükleerden

karşılanması ve üçüncü santralin inşasına başlanması hedeflenmesi nükleer güçten vazgeçilmeyeceğinin göstergesi olmuştur (Url-29).

Bu kapsamda daha ciddi adımlar atılması adına Türkiye, Rusya ile hükümetler arası anlaşma yapılması seçeneğine değerlendirmiş ve Mayıs 2010 da taraflar “Türkiye’de Nükleer Santral Tesisi Konusunda İşbirliği Ortak Beyannamesi” başlığıyla bir anlaşmaya imza atmışlardır. Proje kapsamında, Rosatom önderliğinde % 100 Rus konsorsiyumun kurulması ve bu konsorsiyumun kurulacak VVER-1200 tipi 4 nükleer reaktör finansmanının tamamını temin etmesi kabul edilmiştir. Nükleer tesise ait masrafların ise on beş sene süre ile verilen alım garantisiyle karşılanması kabul edilmiştir. Bu anlaşma, 15 Temmuz 2010 tarihinde TBMM Genel Kurulu’nda kabul edilmiş ve 20 Temmuz 2010 tarihinde Cumhurbaşkanı Abdullah Gül tarafından Kanun olarak onaylanmıştır (Url-30). Böylelikle, nükleer santral kurulması, devlet politikası hâline gelmiştir.

Rusya tarafında ise, 16 Kasım 2010 tarihinde Rus Parlamentosu alt kanadı Duma’da, 24 Kasım 2010’da da Rus Parlamentosu üst kanadı Federasyon Konseyi’nde kabul edilmiştir. 29 Kasım 2010 da ise Rusya Devlet Başkanı Medvedev tarafından onaylanarak resmen yürürlüğe girmiştir. Bu projeye ilişkin çalışmalar halen devam etmektedir (Url-31).

Rusya ile yürütülen Akkuyu projesi için çalışmalar devam ederken, ikinci saha olan Sinop için de çeşitli gruplarla görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmeler neticesinde Güney Kore tarafından geliştirilmiş APR1400 model basınçlı su reaktörü inşasına yönelik detaylı çalışma yapılması 2010’da yapılan anlaşma ile kararlaştırılmıştır. Bu çalışma neticesinde ise anlaşma yapılamadığı bildirilmiştir. Bu saha için ayrıca 2011 de Kanada’nın Candu Energy firmasıyla, 2012’de ise Çin ile mutabakat zaptı imzalanmıştır.

Mayıs 2013’de, Mitsubishi ve Areva öncülüğünde Itochu ile kurulankonsorsiyum tarafından sunulan teklifte toplam 4800 MWe gücündeki dört Atmea 1 türü reaktörün 22 milyar \$ maliyetle kurulması teklif edilmiş ve hükümet bu teklifi kabul etmiştir. Sonrasında, Japonya ile Türkiye arasında hükümetler arası anlaşma imzalanmıştır. Sinop projesinin de YID modeliyle gerçekleştirileceği duyurulmuştur. Tesise ilişkin inşa başlangıç tarihi 2017 ve işletmeye alınma tarihi 2023 olarak belirlenmiştir. Bu proje için de çalışmalar halen devam etmektedir.

İki ana saha için çalışmalar daha önce belirtilen şekilde devam ederken, Enerji Bakanı Taner Yıldız'ın "Bu müzakereler aynı zamanda üçüncü nükleer santral müzakerelerine hazırlık anlamı da taşıyor. İkinci santral için dört ülkeden birini seçeceğiz." açıklaması, üçüncü nükleer tesisin de hükümet gündeminde olduğunu göstermiştir.

Söz konusu açıklamalar ile toplamda 3 nükleer santral projesi için planlama yapılmış olup birinci proje için Akkuyu / Mersin sahanın, ikinci proje için Sinop sahasının belirlendiği ilan edilmiş iken üçüncü proje için saha henüz belirlenmemiştir. Günümüzde gelinen nokta itibariyle nükleer projelere ilişkin en son planlamalar Çizelge 5.1'de verilmektedir (Url-32).

Çizelge 5.1 : Planlanan ve teklif edilen nükleer güç santralleri (Url-32).

	Tür	Kurulu güç MWe	İnşaat Başlangıç Tarihi	İşletme Geçiş Tarihi
Akkuyu 1	VVER-1200	1200	2015	2020
Akkuyu 2	VVER-1200	1200	2017	2021
Akkuyu 3	VVER-1200	1200	2018	2022
Akkuyu 4	VVER-1200	1200	2019	2023
Sinop 1	Atmea1	1150	2017	2023
Sinop 2	Atmea1	1150		2024
Sinop 3	Atmea1	1150		?
Sinop 4	Atmea1	1150		?
Üçüncü Saha	AP1000 veya CAP1400 x4			

Nükleer santral kurulmasına ilişkin konulan hedefler, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2015 – 2019 Stratejik Planı çerçevesinde tekrar düzenlenmiş ve daha gerçekçi adımlar belirlenmiştir (ETKB, 2014). Konulan hedefler çerçevesinde nükleer enerjinin elektrik üretim portföyüne dâhil edilmesine yönelik atılacak adımlar ve zaman çizelgeleri Şekil 5.4'te verilmektedir.

A2. HEDEF 4

Nükleer enerjinin elektrik enerjisi üretim portföyüne dahil edilmesi sağlanacaktır.

Koordinatör: NEPUD

Gerçekleştirme Sorumluları: NEPUD, EİGM, TAEK, EÜAŞ, TEİAŞ, EPDK

Performans Göstergeleri:

A2. PG.4.1	Akkuyu NGS için elektrik enerjisi ile-tim hatlarının tamamlanması	31.12.2018	A2. PG.4.4	Üçüncü NGS için sahanın teknik, ekonomik ve çevresel kriterler doğ-rultusunda belirlenmesi, ön fizibilite ve yatırım hazırlıklarına başlanması, yatırımcının belirlenmesi çalışmaları-nın tamamlanması	31.12.2019
A2. PG.4.2	Akkuyu NGS'nin elektrik enerjisi üretimine (test üretimi) başlaması	31.12.2018	A2. PG.4.5	Ülkemiz uranyum ve toryum kaynak-larının ve bu kaynaklara dayalı yerli nükleer sanayi politikasının belirlene-rek yol haritasının hazırlanması	31.12.2019
A2. PG.4.3	Sinop NGS için inşaatın başlaması	31.12.2019			

Şekil 5.4 : Nükleer güç santrali projelerine yönelik planlamalar (ETKB, 2014).

Nükleer Santrallerin sisteme dâhil edilmesinde diğer bir zorluk olarak görülen mevzuata ilişkin düzenlemeler de bu plan çerçevesinde göz önünde bulundurulmaktadır. Buna yönelik gerekli mevzuat ve kurumsal altyapı çalışmalarının tamamlanması için gerekli plan ve programların oluşturulmasına yönelik adımlar ve zaman çizelgeleri Şekil 5.5’de görülmektedir.

A6. HEDEF 4

Nükleer enerjiye ilişkin gerekli mevzuat ve kurumsal altyapı çalışmaları tamamlanarak gerekli plan ve programlar oluşturulacaktır.

Koordinatör: NEPUD

Gerçekleştirme Sorumluları: NEPUD, EİGM, Hukuk Müşavirliği, TAEK, EÜAŞ, EPDK

Performans Göstergeleri:

A6. PG.4.1	Nükleer enerji mevzuat altyapısı ve diğer düzenlemelerin tamamlanması	31.12.2015	A6. PG.4.2	Planların tamamlanması	31.12.2016
------------	---	------------	------------	------------------------	------------

Şekil 5.5 : Nükleer enerjiye ilişkin altyapı hazırlık planlamaları (ETKB, 2014).

Sinop Nükleer santrali ile yerli yakıtın gündeme gelmesi ile nükleer güç santrallerinin kuruluşlarına yönelik planlama yapılırken, kullanılacak yakıtla yönelik yatırım

yapılması da gündeme gelmiş bulunmaktadır. Öncelikle, nükleer reaktörlerde yerli yakıt olarak kullanılmak üzere uranyum ve toryum kaynaklarının aranması ve geliştirilmesine yönelik yapılacak işlemler ve zaman çizelgeleri, Şekil 5.6’da belirtilmiştir. Şimdiye kadar süre gelen rezerv çalışmaların tamamlanarak üretim için fizibilite çalışmalarına da başlanmasının hedeflendiği plan çerçevesinde görülmektedir.

A2. HEDEF 11

Nükleer santrallerde yerli yakıt olarak kullanılmak üzere uranyum ve toryum kaynaklarımızın aranması ve geliştirilmesi sağlanacaktır.

Koordinator: NEPUD

Gerçekleştirme Sorumluları: MİGEM, MTA, ETİ MADEN

Performans Göstergesi:

A2.PG.11.1	Plan dönemi sonuna kadar, uranyum ve toryum kaynaklarının rezerv tespit çalışmaları tamamlanarak üretim fizibilite çalışmalarının hazırlanması	31.12.2019
------------	--	------------

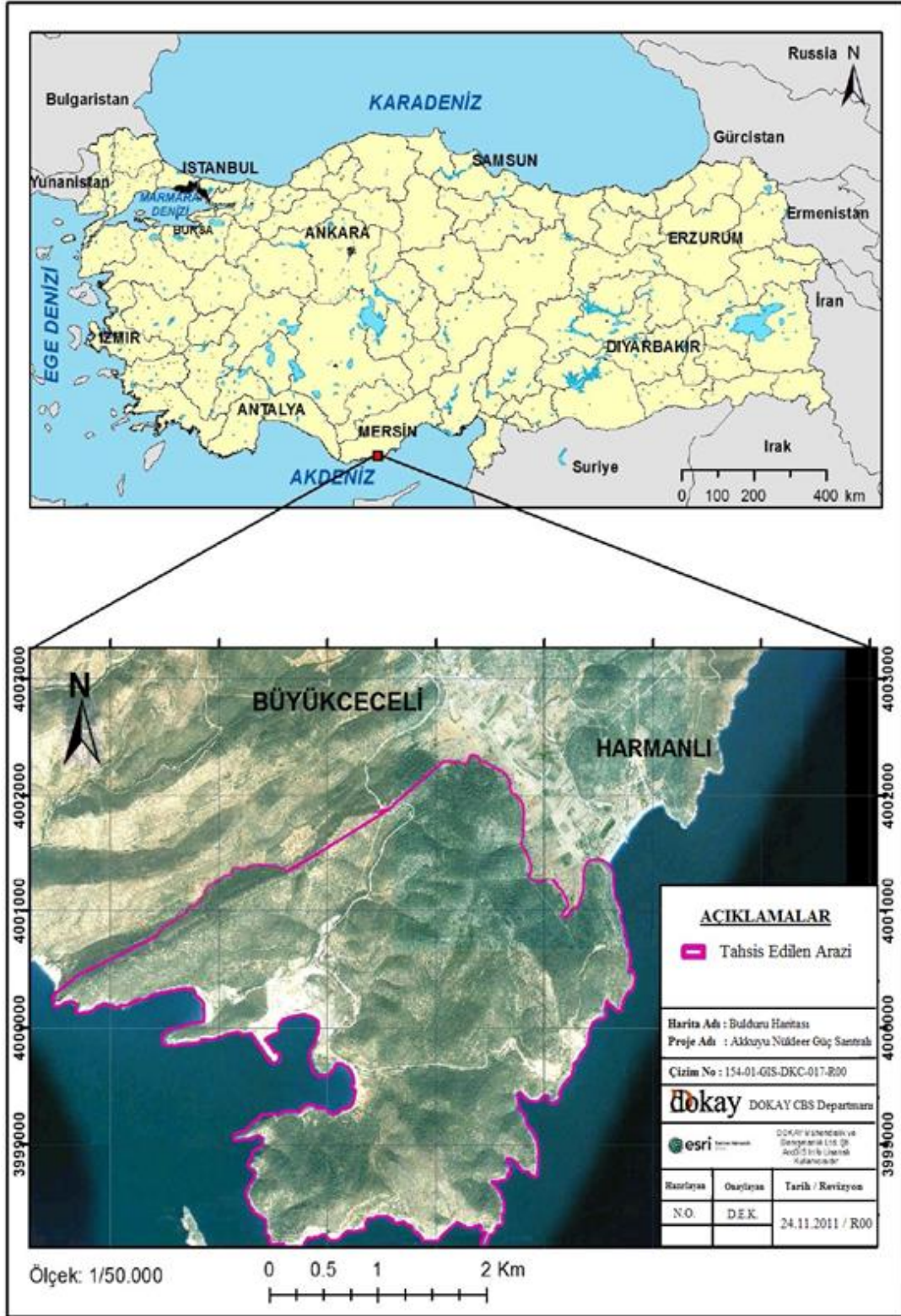
Şekil 5.6 : Nükleer enerjide yerli yakıt kullanımına yönelik plan (ETKB, 2014).

5.2 Akkuyu Santral Projesi Tanıtımı

APLUS Programı ile uygulamalarda göz önüne alınacak nükleer güç santrali olarak belirlenen Akkuyu Nükleer Güç santrali projesinin detaylarının bu alt bölüm içinde tanıtılmasına yer verilmiştir.

Rusya ile Türkiye arasında Mayıs 2010’da imzalanan ve 6 Ekim 2010 tarihli ve 27721 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan hükümetler arası anlaşma çerçevesinde 4 üniteden oluşacak toplam 4800 MWe gücündeki Akkuyu Nükleer Güç Santrali’nin Rosatom tarafından Mersin’in Akkuyu ilçesinde tesis edilmesine karar verilmiştir (Url-30). Tesisin kurulacağı saha Şekil 5.7’de görülmektedir.

1970’li yıllarda yapılan analizler neticesinde nükleer güç santrali kurulumu için uygun olarak belirlenen Akkuyu sahası için 1976 yılında “Yer Lisansı” verilmiştir. Geçen zaman içinde gelişen tekniklerle tekrar incelemesi yeniden yapılmış ve sahanın nükleer santral kurulumu için uygunluğu teyid edilmiştir.



Şekil 5.7 : Projeye ilişkin saha bilgilerini gösteren harita.

İmzalanan, ikili hükümetler arası anlaşma doğrultusunda, saha; Rus kamu şirketi Atomstroyexport'a (ROSATOM'a bağlı Atomenergoprom'un alt şirketi) bedelsiz olarak teslim edilmiştir.

Tesisin işletmeye girmesi ile tek başına Türkiye'nin elektrik üretiminin yaklaşık % 6-7 'sini karşılaması beklenmektedir (Wikipedia, 2015d). Akkuyu NGS'ye ilişkin genel bilgiler Çizelge 5.2'de verilmektedir (Url-31).

Çizelge 5.2 : Akkuyu NGS'ye ilişkin genel bilgiler.

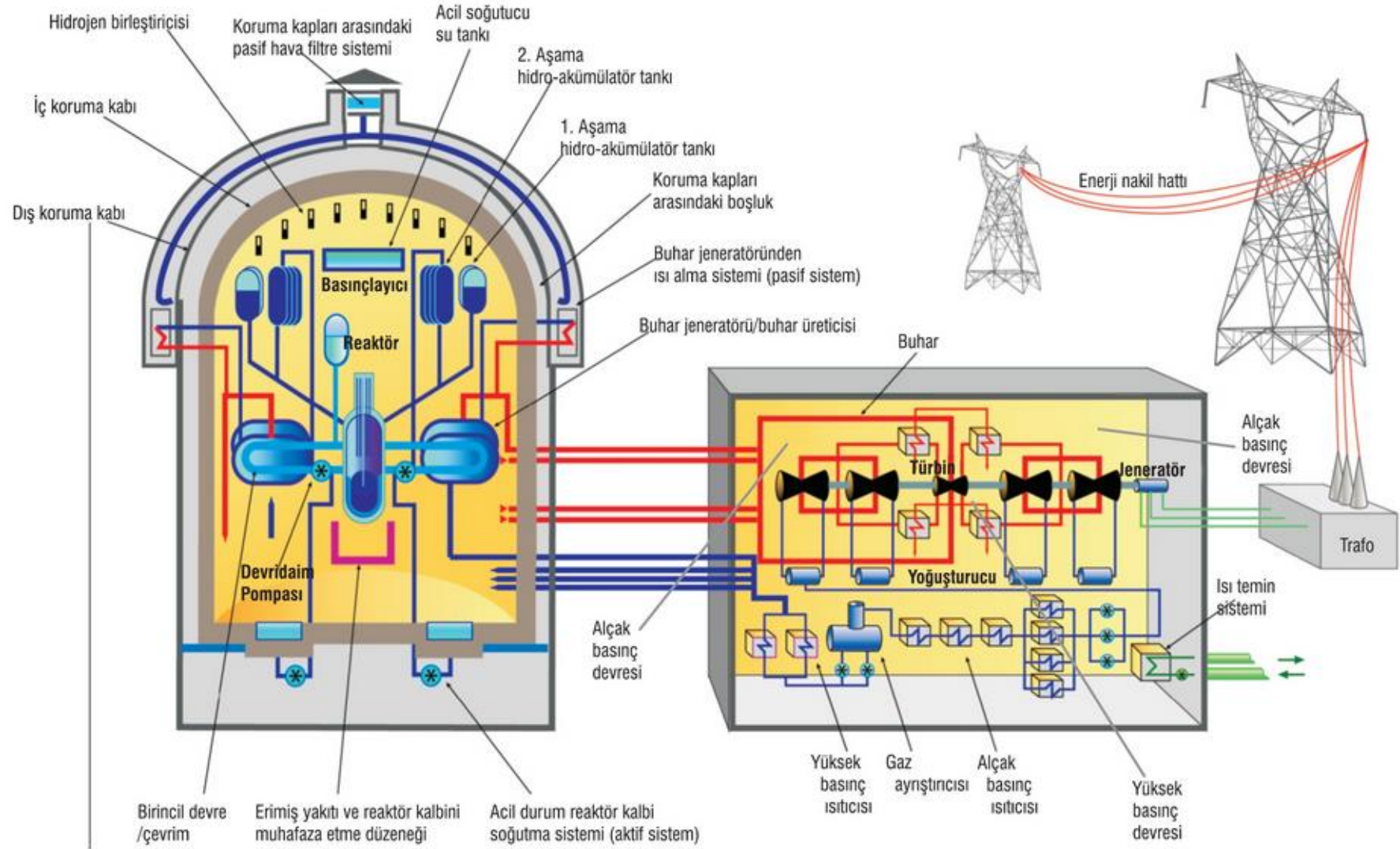
Dizayn	AES – 2006 serisi (VVER – 1200), 4 ünite
Toplam Kapasite	4.800 MW
İnşa Dönemi	2011 – 2023
Toplam proje maliyeti	20 milyar \$
Üretim çıktısı	35 TWh / yıl
Yabancı yatırımcılar için ayrılan ortaklık miktarı	% 49 'a kadar
Hizmet süresi	60 yıl
Kapasite faktörü	% 93

* Yap – Sahip ol – İşlet (YSİ) modeli ile kurulacak ilk NGS'dir.

Akkuyu'da kurulacak nükleer güç santrali, VVER-1200 reaktör tipinde olacaktır. Bu santral tipi, Bulgaristan, Finlandiya, Çin ve Hindistan tarafından kullanımda olan VVER 1000 (AES-91) dizaynının geliştirilmiş versiyonudur. En yeni nükleer güvenlik ve radyasyon sızdırma tedbirlerinin yanı sıra, 60 seneye kadar uzatılmış bir reaktör ömrü bulunmaktadır. VVER-1200 reaktörleri, Rusya Federasyonu'nun düzenleyici kurumu Rostechnadzor'dan inşaat lisansı almış olup Rusya'daki Novovoronezh ve Leningrad sahalarında ikişer adet olmak üzere toplam 4 adet VVER-1200 inşaat hâlinindedir (Url-33).

Akkuyu NGS Projesi için teknik referans santrali olarak, inşaatı devam eden AES-2006 projeli Novovoronejskaya-2 Nükleer Santrali olarak kabul edilmiştir. VVER tipi nükleer güç reaktörlerini diğer basınçlı su türü reaktörlerden ayıran en büyük fark yatay buhar üreteçleri ve hegzagonal örgü biçiminde yerleştirilmiş olan yakıt çubuğu tasarımlarıdır (Url-19).

Şekil 5.8'de VVER nükleer güç santralının güç ünitesi detaylı gösterimi ve güvenlik akış şeması görülmektedir (Url-31).



Şekil 5.8 : VVER nükleer güç santralının güç ünitesi ve güvenlik akış şeması (Ur1-31).

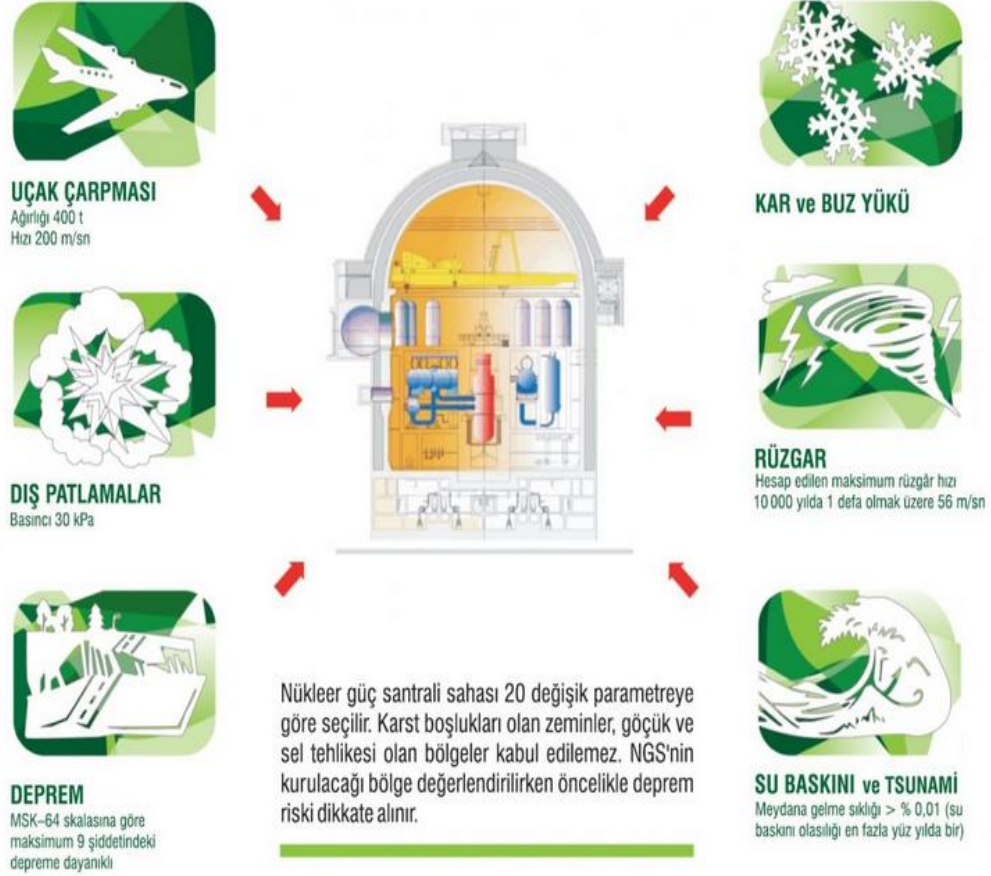
Akkuyu nükleer güç reaktöründe yakıt türü olarak hafif zenginleştirilmiş uranyum dioksit kullanılacak olup, yakıt Rusatom tarafından tedarik edilecektir. Yakıt tedariki ve yakıt döngüsüne ilişkin maliyetlerin karşılanması ile kullanılan yakıt ve atığın taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesi tamamen Rus tarafının yükümlülükleri arasında bulunmaktadır.

Reaktör tasarımında iki adet çevrim yer almaktadır. Birincil çevrim doğrudan reaktör kalbi ile temasta iken, ikincil çevrim reaktör kalbi ile temasta olmayacaktır (Şekil 5.8). Böylelikle ikincil çevrimdeki akışkan ve türbin vb. bileşenlerin radyasyon açısından kontamine olmaması sağlanmaktadır.

Tesisin kondansör soğutma düzeni, ısı değişim ünitesinde bir defa sirküle edilen deniz suyunun soğutulmasına dayanan tek geçişli sistemdir. Bir başka deyişle, ikinci devre ile türbin-jeneratör sisteminden geçtikten sonra kullanılan buharın yoğunlaştırılması (reaktörün kullanma ve soğutma suyu) denizden sağlanacaktır. Güvenlik sistemleri ile ilgili nihai ısı kuyusu da yine deniz olacaktır (Akkuyu NGS A.Ş., 2011).

Akkuyu NGS projesinde daha önce de belirtildiği gibi Rus nükleer endüstrisinde gelinen nokta itibarıyla en verimli ve güvenli sistemler kullanılmış olacaktır. Nükleer güç santrallerinde güvenlik, “Derinliğine Güvenlik” felsefesi çerçevesinde hayata geçirilmektedir. Akkuyu NGS projesinde de bu çerçevede en üst seviyede kademeli koruma sistemi yer alacaktır. İyonlaştırıcı radyasyon ve radyoaktif maddelerin çevreye çıkış yolu üzerinde üst üste kurulu fiziksel bariyer sistemlerinin uygulanmasını temel alan “derinliğine savunma kavramına” uygun olarak reaktör tasarımı gerçekleştirilecektir. Bu bariyerlerin korunması ve etkili kılınması için gereken teknik ve idari tedbirler sistemi, nükleer güç santralının yapımının her aşamasında göz önünde bulundurulacaktır.

Ayrıca, personel, nüfus ve çevre koruma tedbirleri sisteminin kesintisiz olarak kontrolü da nükleer güvenliğin temel konuları arasında yer almaktadır (AKKUYU Nükleer A.Ş., 2011). Proje, 3+ Nesil reaktör özelliklerini karşılayan güvenlik ekipmanları ile donatılmış olacaktır. Güvenlik sistemleri çoğunlukla olağandışı bir olay ya da kaza anında elektrik gücü beslemesine ihtiyaç duymayacak şekilde çalışan sistemlerden oluşmaktadır. Planda yer alan zırh ile reaktörün patlama, deprem (9,0 şiddetine dek), su baskını, rüzgar ve hortum, uçak kazası ve tsunami gibi felaketlerden korunması sağlanmıştır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9 : NGS güvenlik değerlendirmesi.

Akkuyu NGS projesi, YSİ (BOO) modeli ile yabancılar tarafından kurulacak ilk projedir. Rosatom; Atomstroyexport ve Inter RAO UES şirketleriyle birlikte, projeye ilişkin 22 milyar \$ olarak öngörülen finansmanın tamamını karşılamayı kabul etmiştir. NGS Projesi'nde, projenin tasarımı ve inşaatı; altyapısının kurulumu; santralin işletimi; NGS'nin hizmete girmesi ve işletmeye alınması; işletme ve personel eğitimi Rus tarafına ait olacaktır. Türk tarafının da, inşaat ve tesisat işlerine, ekipman ve malzeme teminine ve işleme katılması söz konusu olacaktır. Böylelikle, Türk tarafının deneyimlerinin artırılması hedeflenmektedir (Akkuyu NGS A.Ş., 2011).

Projeye ilişkin lisanslama faaliyetlerini 2011'den itibaren, proje şirketi olarak kurulan Akkuyu NGS Elektrik Üretim A.Ş. (Şirket) yürütmektedir. Uzun dönemde bu şirketin en az % 51 oranındaki hissesi Rosatom önderliğindeki ortaklığa ait olacaktır. İlerleyen süreçte hisselerin geri kalanı (% 49'u) Türkiye'deki yatırımcılara bırakılabilecektir. Şirket'in güncel ortaklık yapısı Çizelge 5.3'de görülmektedir. İşletmeye geçilmesinden sonra devredilebilecek hisseler için özel şirketler ile EÜAŞ'ın önemli paylara sahip olması beklenmektedir. Ayrıca Mayıs 2013'de Rosatom'un projede eşit ortak olarak EdF'ye teklifi söz konusu olmuştur (Url-34).

Çizelge 5.3 : Akkuyu Nükleer A.Ş. ortaklık yapısı.

Hissedar	Özkaynak oranı (%)
JSC Atomstroyexport	2,27%
JSC Inter RAO	0,82%
OJSC ConcernRosenergoatom	21,95%
JSC Atomtechenergo	0,03%
JSC Atomenergoremont	0,03%
CJSC RusatomOverseas	74,92%
TOPLAM	100%

Yapılan hükümetler arası anlaşma çerçevesinde santralden üretilecek elektrik, 15 yıl süre ile 12.35 sent/kWh karşılığında TETAŞ tarafından satın alınacaktır. Birinci ve ikinci reaktörlerden üretilecek enerjinin % 70'i ile üçüncü ve dördüncü reaktörden üretilecek elektriğin % 30'u için, reaktörlerin devreye alındığı tarihten itibaren 15 yıl süre ile geçerli olmak üzere alım garantisi verilmiştir. Geriye kalan enerji ise Şirket tarafından serbest piyasaya satılacaktır. 15 yılda tesisin amortisman bedeli karşılandıktan sonra ise tesis ömrü süresince Şirket kârının % 20'si Türkiye hükümetine verilecektir (Url-30).

İmzalanan anlaşma çerçevesinde Şirket'in, 12 ay içerisinde gerekli tüm lisans başvurularında bulunması gerekmektedir. Buna yönelik olarak Aralık 2011'de Şirket tarafından inşa izni ve üretim lisansı için başvuru yapılmıştır. 2012 ortalarında saha lisansı Şirket'e verilmiştir. Yer Seçimi Lisansı da 2014'de verilmiştir.

Yapı ve işletme ruhsatları için ilk başvurular Şirket tarafından yapılmış durumda olup süreç henüz sonuçlanmamıştır. Gerçekleştirilen revize çalışmalarının ardından Temmuz 2014'de Çevresel Etki Değerlendirme Analizine İlişkin başvuru tekrar yapılmış olup Kasım ayında "ÇED Olumlu" belgesi verilmesi kararlaştırılmıştır. Gerekli izinlerin ve İnşaat Lisansı'nın alınmasını müteakip, Akkuyu için 2016 yılında temel atılması ve 2019-2020 yıllarında inşaatın bitirilmesi Şirket tarafından planlanmaktadır (Url-35).

Enerji Bakanı Taner Yıldız'ın açıklamalarına göre ilk reaktörün işletmeye alınması için 2019 yılı hedeflenmekte iken (Url-36) Şirketin planlamalarına göre ise 2020 yılı

öngörülmektedir (Url-35). Diğer reaktörlerin de birer yıl ara ile işletmeye alınması planlanmaktadır.

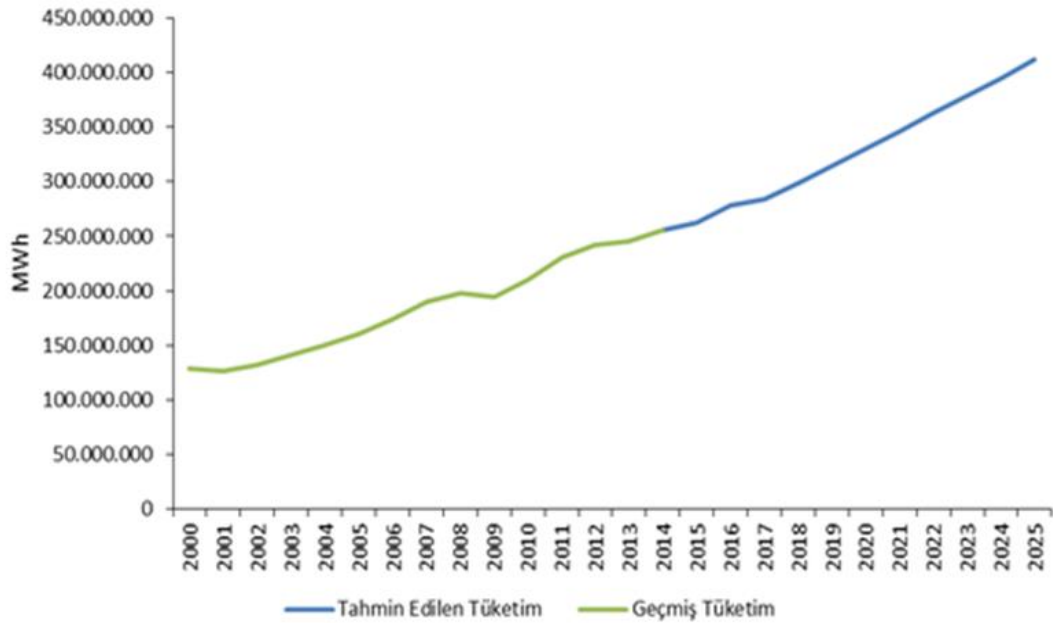
Son olarak, 14 Nisan 2015 tarihinde Akkuyu-Mersin’de “Akkuyu Deniz İnşaatı Temel Atma Töreni” gerçekleştirilmiştir. Bu temel atımı, Akkuyu nükleer güç santralının ana ünitelerinin temel atması olmamakla birlikte, yine de önemlidir. Şöyle ki; Akkuyu projesinde yer alan taraflar olan Türkiye ve Rusya’nın proje konusundaki yaklaşımlarının kararlılığını göstermektedir. Fazla olarak, “Akkuyu Deniz İnşaatı”nın ihalesini kazanan alt müteahhitin Türk olması da Türk katkısı için cesaretlendirici bir anlam taşımaktadır.

5.3 Talep Projeksiyonları

Bu yüksek lisans tezi çerçevesinde öncelikle, Türkiye’nin 2020’li yılları için elektrik enerjisi talep projeksiyonu oluşturulması benimsenmiştir. Bu bağlamda 3 versiyon olarak talep projeksiyonu oluşturulmuştur.

5.3.1 Versiyon 1 talep projeksiyonu

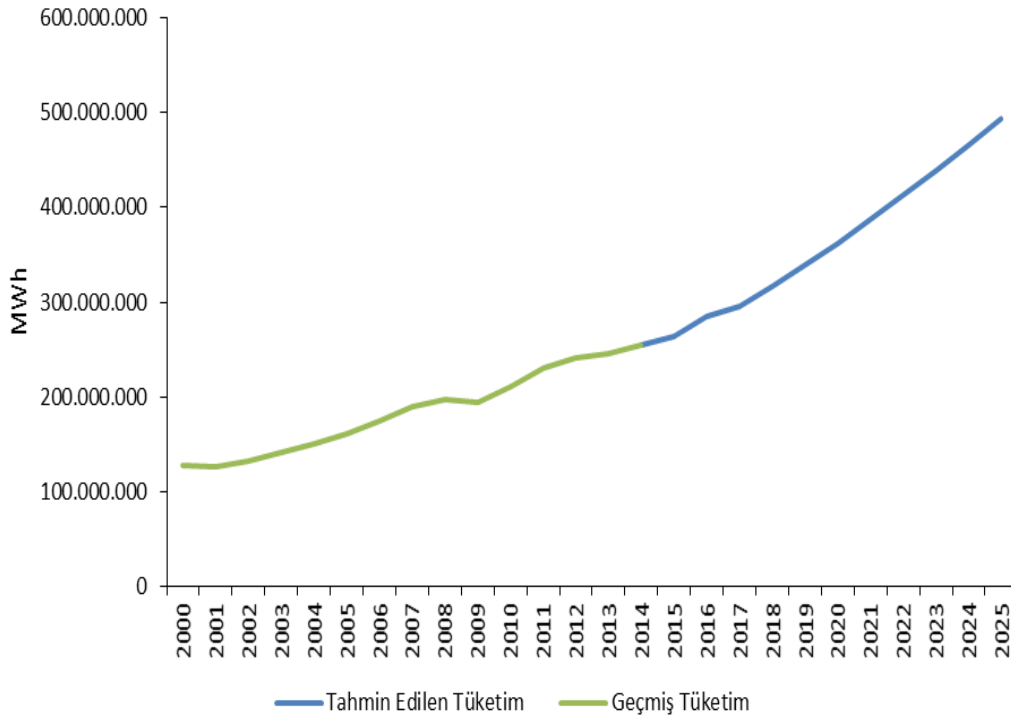
Versiyon 1 talep projeksiyonu kapsamında, düşük senaryo olarak Türkiye’nin toplam elektrik enerjisi tüketiminin 2023 yılında 379 milyar kWh olacağı öngörülmüştür. Şekil 5.10’da Versiyon 1 talep projeksiyonu detayları verilmektedir.



Şekil 5.10 : Versiyon 1 talep projeksiyonu detayları.

5.3.2 Versiyon 2 talep projeksiyonu

Versiyon 2 talep projeksiyonu kapsamında, orta senaryo olarak Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi tüketiminin 2023 yılında 439 milyar kWh olacağı öngörülmüştür. Şekil 5.11'de ise Versiyon 2 talep projeksiyonu çerçevesinde elde edilen gelişim grafiği verilmektedir.

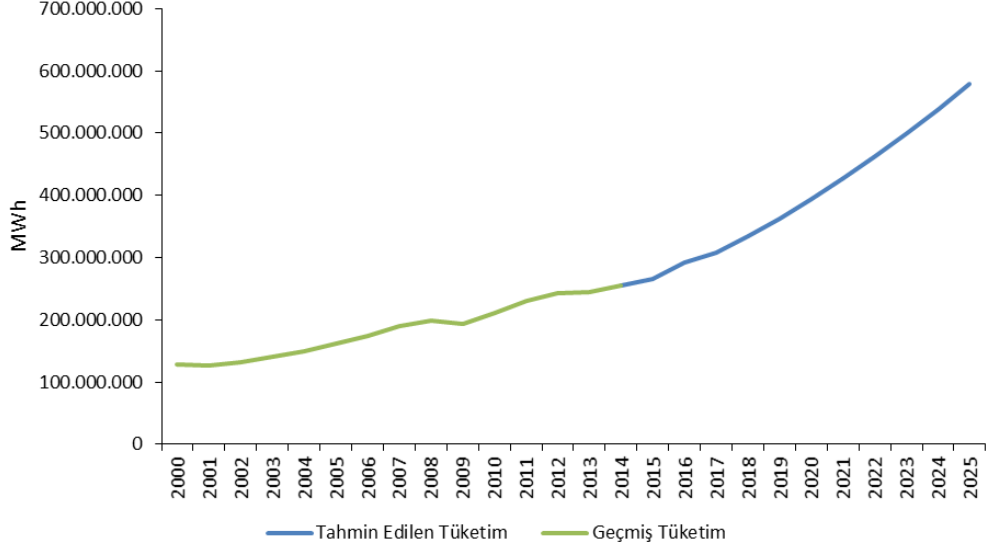


Şekil 5.11 : Versiyon 2 talep projeksiyonu detayları.

5.3.3 Versiyon 3 talep projeksiyonu

Versiyon 3 talep projeksiyonu kapsamında; yüksek senaryo olarak, AB'nin günümüzdeki kişi başı tüketim verileri esas alınmış ve 2023 yılındaki nüfus tahmini ile hesaplanması sonucu Türkiye'nin toplam elektrik enerjisi tüketiminin 500 milyar kWh olacağı öngörülmüştür. Şekil 5.12'de Versiyon 3 talep projeksiyonu detayları verilmektedir.

Bu projeksiyon ile ayrıca, 2023 yılı için öngörülen en yüksek tüketim olan 500 milyar kWh'ın gerçekleşmesi durumunda elektrik üretiminin ne kadarlık kısmının öz kaynaklarımız ile karşılanacağını değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Böylelikle en fazla tüketim senaryosuna göre ülkemizin en büyük problemlerinden olan enerjide kaynaklar bakımından dışa bağımlılık ve cari açığın nasıl oluşabileceği gösterilmek istenmiştir.



Şekil 5.12 : Versiyon 3 talep projeksiyonu detayları.

5.4 APLUS Bilgisayar Programı ile Ulaşılan Sonuçlar

Bu yüksek lisans tezi çerçevesinde; incelenmiş olan Akkuyu Nükleer Güç Santraline ilişkin erişilebilen tüm veriler önceki bölümlerde açıklanmaya çalışılmıştır. Tezin bu bölümünde ise; bu verilere göre ve bazı öngörülere dayandırılarak Türkiye'nin Akkuyu Nükleer Güç Santralinin farklı yıllarda sisteme dâhil olması senaryoları oluşturulması ve bu senaryolar göz önüne alınarak APLUS programında gerçekleştirilen uygulamalarla ulaşılan sonuçlara yer verilmesi benimsenmiştir.

APLUS programı uygulamaları yapılırken; Akkuyu nükleer santral ünitelerinin devreye alınamaması ve farklı yıllarda sisteme dâhil olması senaryoları oluşturulmuştur. Bir başka deyişle, nükleer santralin devrede olmaması hâli ve İyimser, Gerçekçi ve Kötümser bakış açılarından konuya yaklaşılması hedeflenmiştir. Fazla olarak her bakış açısı için 3 farklı talep versiyonu için sonuçlar alınmıştır.

5.4.1 Nükleer santrallerin devreye alınamaması hâli için APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

Senaryolar kapsamında; güvenlik kaygıları, beklenmedik engeller vb. sebepler dolayısıyla projenin hayata geçirilmediği durum olarak bu senaryo oluşturulmuştur. Senaryo kapsamında 2023 yılına dek Türkiye Enerji Piyasası karışımında herhangi bir nükleer santralin yer almayacağı kabul edilmiştir.

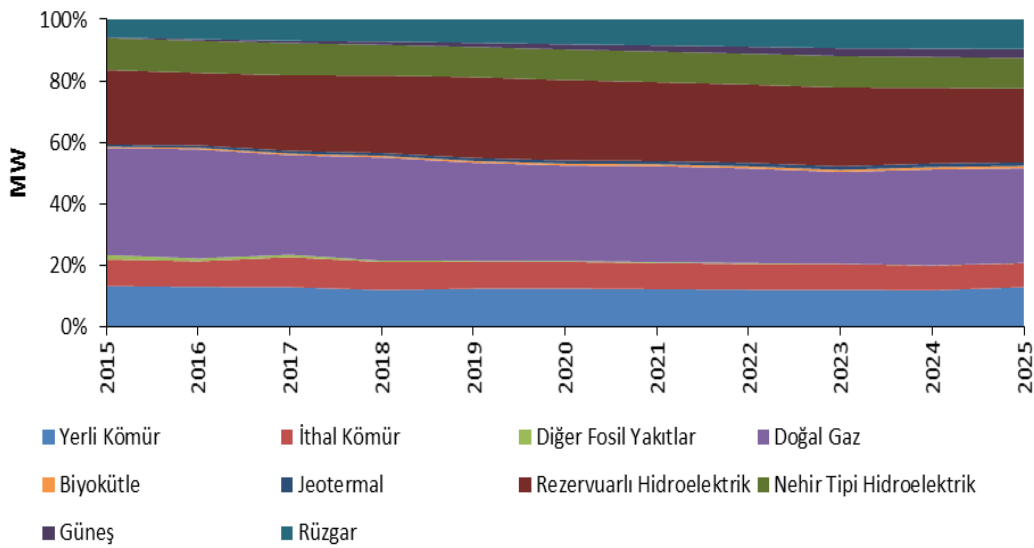
APLUS Bilgisayar programı ile ilk olarak; 3 farklı talep versiyonu için Akkuyu NGS ünitelerinin devreye alınamaması hâli çalışılmıştır. Böylelikle, Türkiye'nin 2023 yılında ve onu takip eden iki yılda daha hiçbir nükleer santral ünitesinin devreye alınamamış hâli ile oluşabilecek durumun belirlenmesi sağlanmıştır. Bu bağlamda, sonraki alt bölümlerde tanıtılacak senaryo uygulamalarıyla ulaşılabilecek sonuçların değerlendirilmesi için bir mukayese referans durumunun belirlenmesi amaçlanmıştır.

5.4.1.1 Nükleer santrallerin devreye alınamaması hâli için versiyon 1 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

Nükleer santrallerin devrede olmamasına ilişkin olarak, Versiyon 1 talep projeksiyonuna göre APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar devamda verilmektedir.

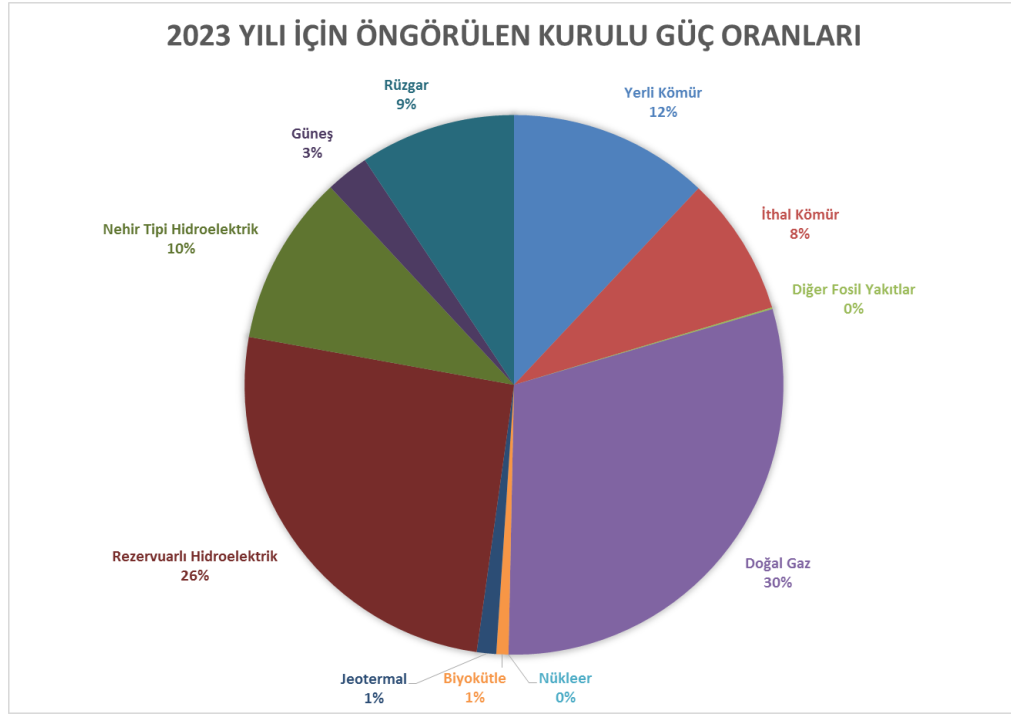
APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen veriler; kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak dağılımı, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı, 2015-2025 döneminde elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre yıllara göre dağılımı, 2023 yılında kaynak gruplarının elektrik enerjisi üretimine katkı oranları ve serbest piyasa fiyatlarının gelişimi olmak üzere 5 farklı grafik ile gösterilmiştir.

Şekil 5.13'de kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak gelişimi görülmektedir.



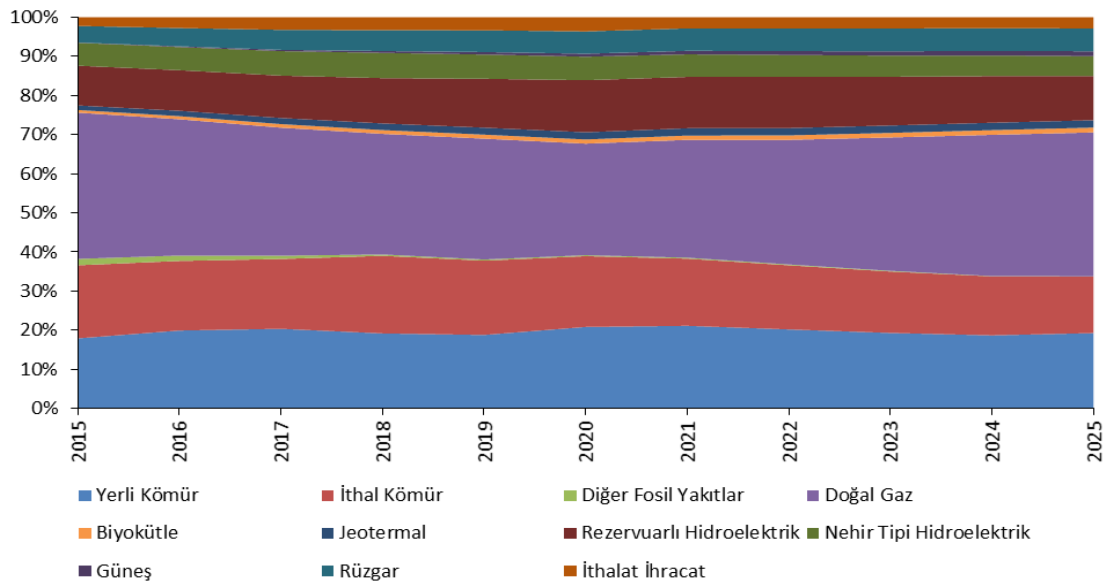
Şekil 5.13 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibarıyla dağılımı.

Şekil 5.14'te, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı görülmektedir.



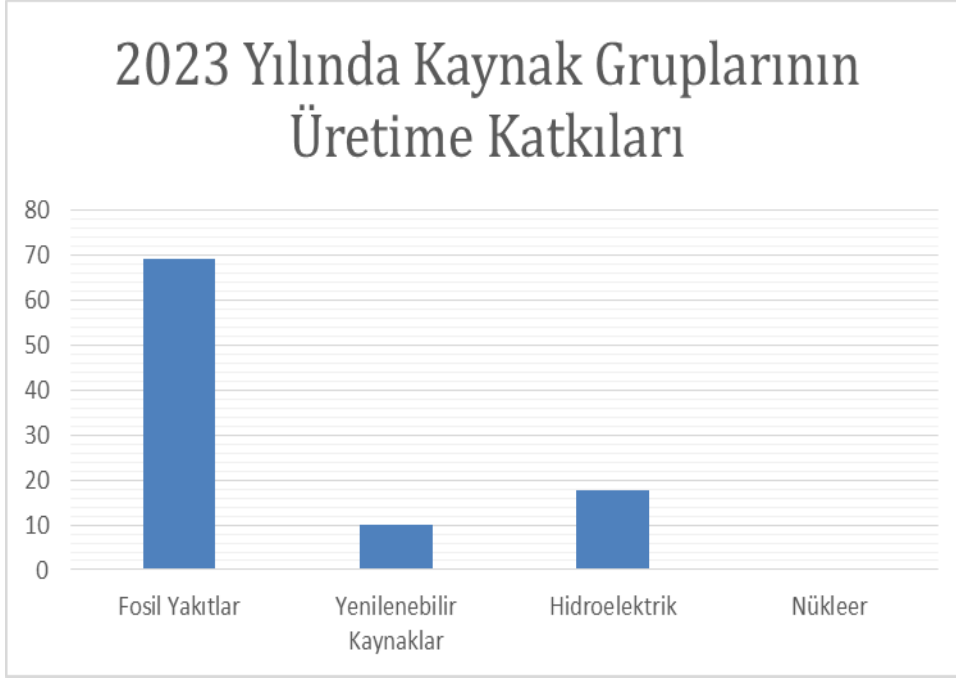
Şekil 5.14 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı.

Şekil 5.15'de ise, yukarıda belirtilen kurulu güçten elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi üretiminin, kaynak bazında dağılımı ve yıllar itibariyle değişimi verilmiştir.



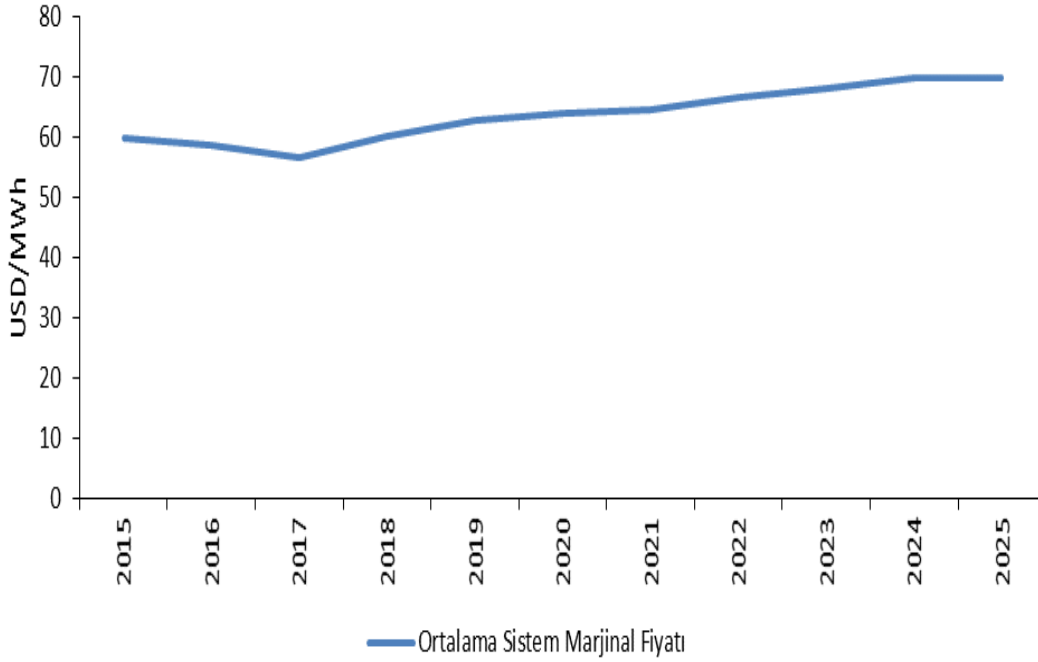
Şekil 5.15 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.

Şekil 5.16'da, nükleer olmadığı durumda 2023 yılı için öngörülen üretime, kaynak türlerinin gruplandırılmış şekilde katkı oranları yüzde olarak verilmiştir.



Şekil 5.16 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.

Çalışma kapsamında, kurulu güç gelişimi ve kaynakların üretime olan katkılarının değerlendirilmesi yanı sıra serbest piyasa fiyatlarının gelişimine ilişkin çalışma da yapılmış olup elde edilen serbest piyasa fiyat öngörülleri Şekil 5.17’de gösterilmektedir.



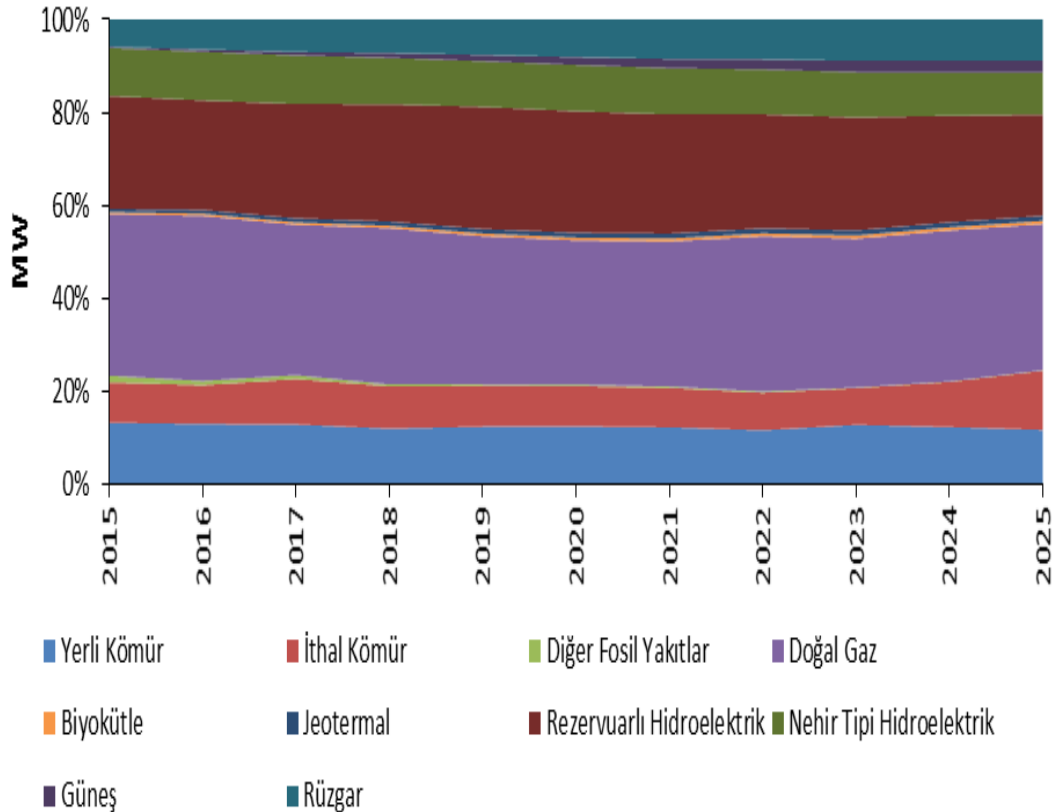
Şekil 5.17 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.

5.4.1.2 Nükleer santrallerin devreye alınamaması hâli için versiyon 2 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

Nükleer santrallerin devrede olmamasına ilişkin olarak, Versiyon 2 talep projeksiyonuna göre APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

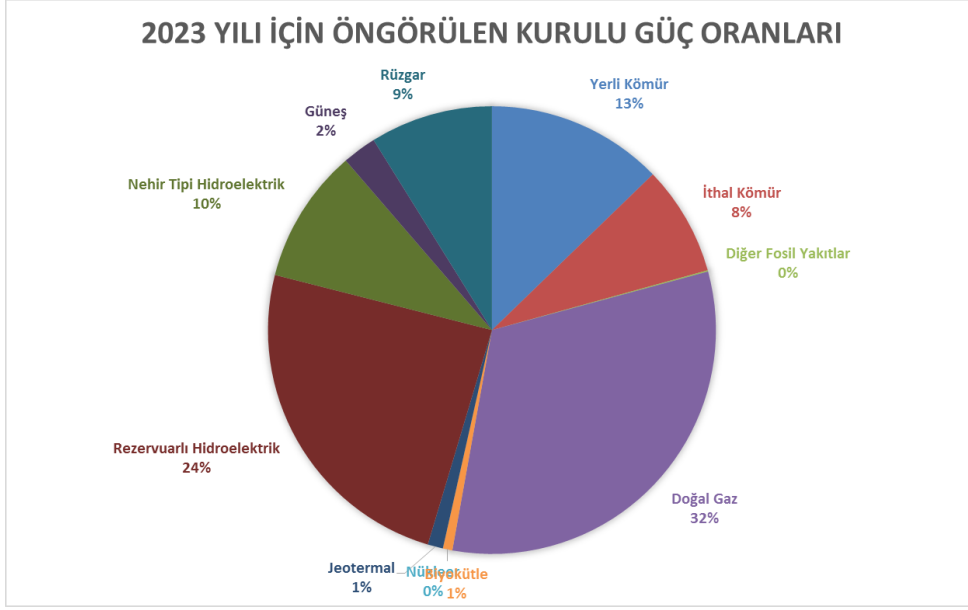
APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen veriler; kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak dağılımı, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı, 2015-2025 döneminde elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre yıllara göre dağılımı, 2023 yılında kaynak gruplarının elektrik enerjisi üretimine katkı oranları ve serbest piyasa fiyatlarının gelişimi olmak üzere 5 farklı grafik ile gösterilmiştir.

Şekil 5.18'de kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak gelişimi görülmektedir.



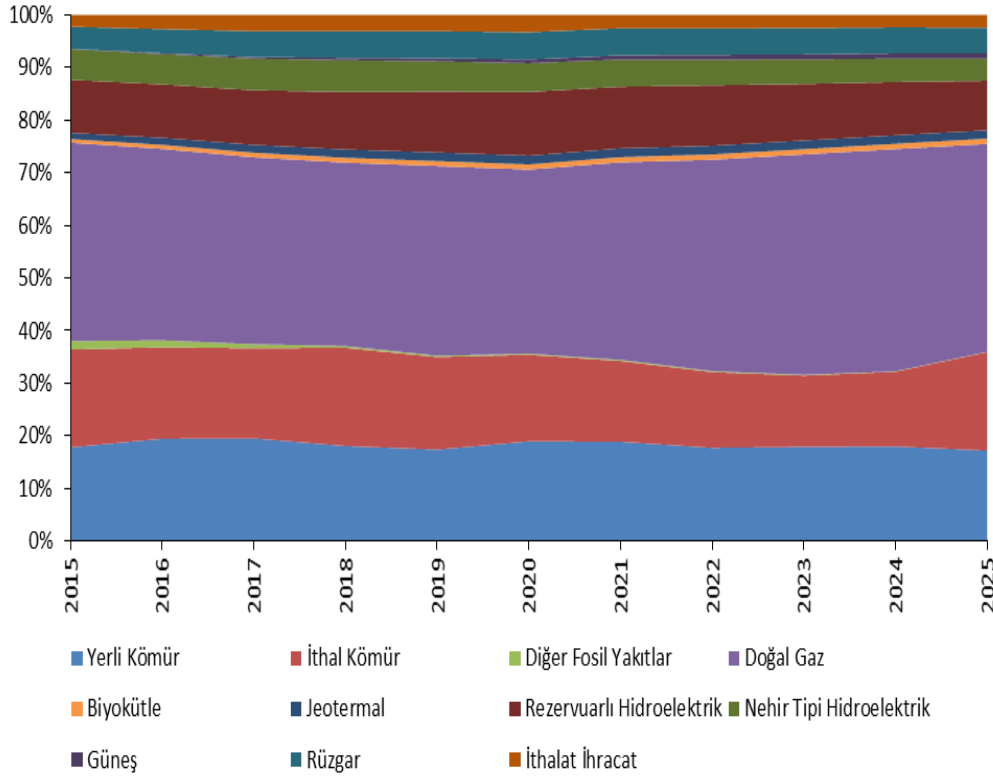
Şekil 5.18 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı.

Şekil 5.19'da, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı görülmektedir.



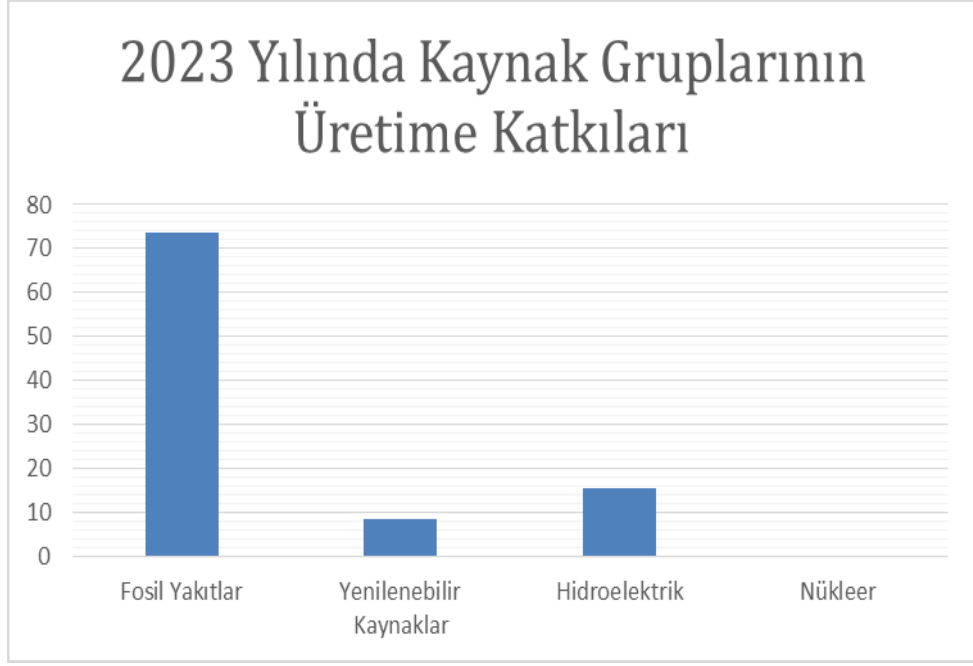
Şekil 5.19 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı.

Şekil 5.20’de ise, yukarıda belirtilen kurulu güçten elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi üretiminin, kaynak bazında dağılımı ve yıllar itibariyle değişimi verilmiştir.



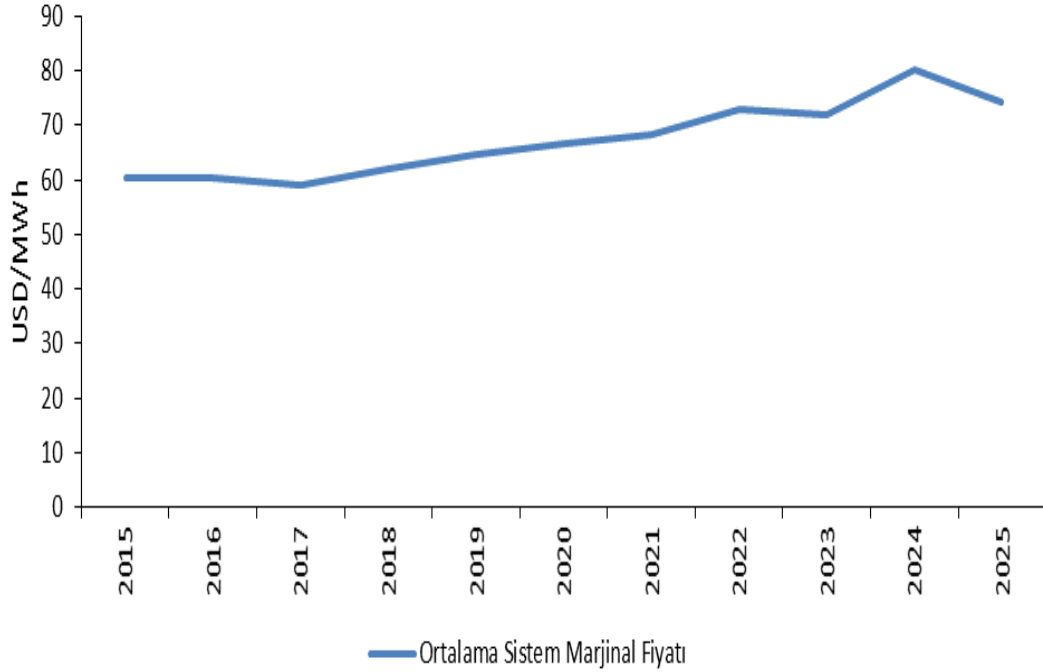
Şekil 5.20 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.

Şekil 5.21’de, 2023 yılı için öngörülen üretime, kaynak türlerinin gruplandırılmış şekilde katkı oranları yüzde olarak verilmiştir.



Şekil 5.21 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.

Çalışma kapsamında, kurulu güç gelişimi ve kaynakların üretime olan katkılarının değerlendirilmesi yanı sıra serbest piyasa fiyatlarının gelişimine ilişkin çalışma da yapılmış olup elde edilen serbest piyasa fiyat öngörülleri Şekil 5.22’de gösterilmektedir.



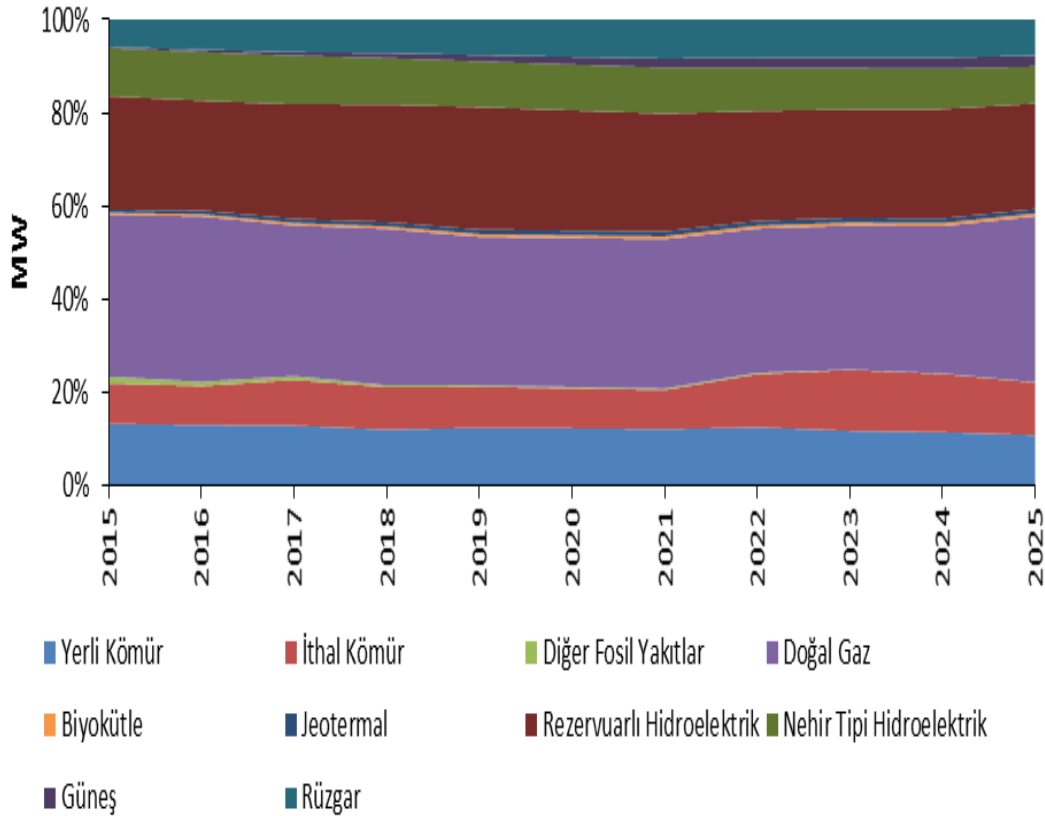
Şekil 5.22 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.

5.4.1.3 Nükleer santrallerin devreye alınmaması hâli için versiyon 3 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

Nükleer santrallerin devreye alınmamasına ilişkin olarak, Versiyon 3 talep projeksiyonuna göre APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar aşağıda görülmektedir.

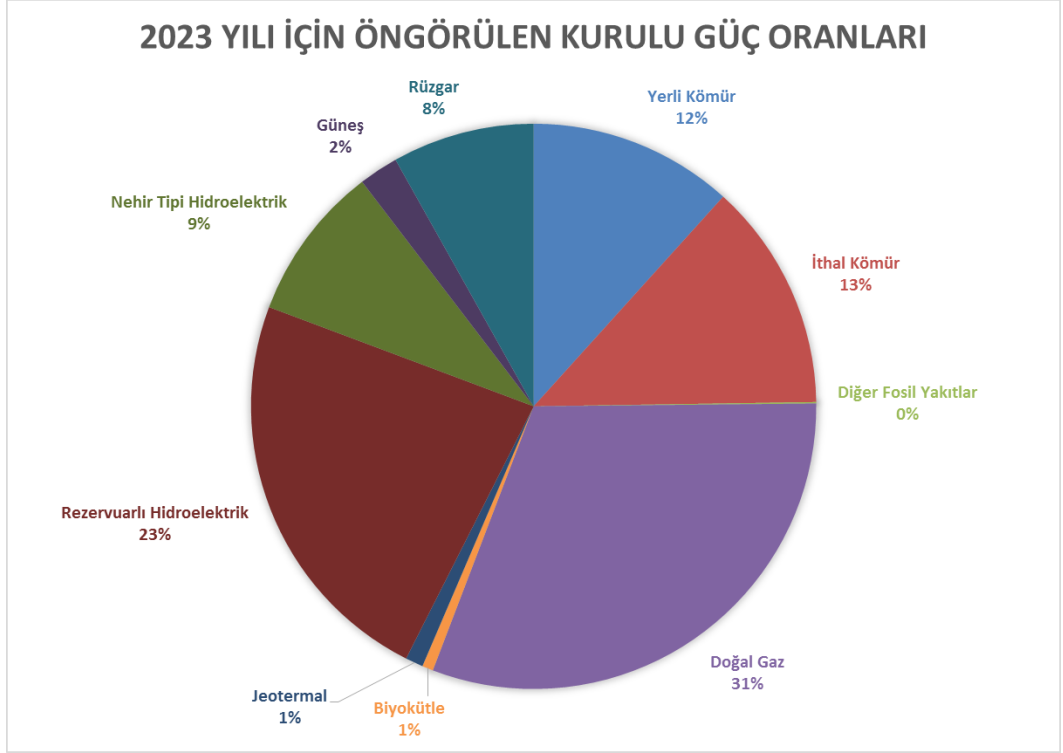
APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen veriler; kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesele olarak dağılımı, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı, 2015-2025 döneminde elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre yıllara göre dağılımı, 2023 yılında kaynak gruplarının elektrik enerjisi üretimine katkı oranları ve serbest piyasa fiyatlarının gelişimi olmak üzere 5 farklı grafik ile gösterilmiştir.

Şekil 5.23'de kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesele olarak gelişimi görülmektedir.



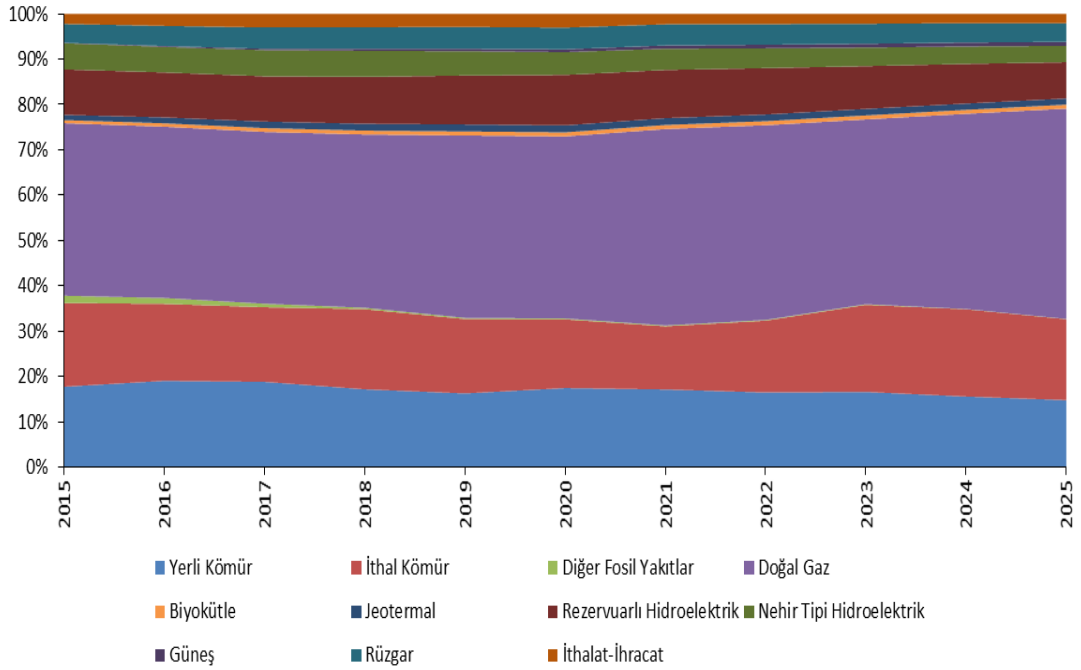
Şekil 5.23 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibarıyla dağılımı.

Şekil 5.24'te, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı görülmektedir.



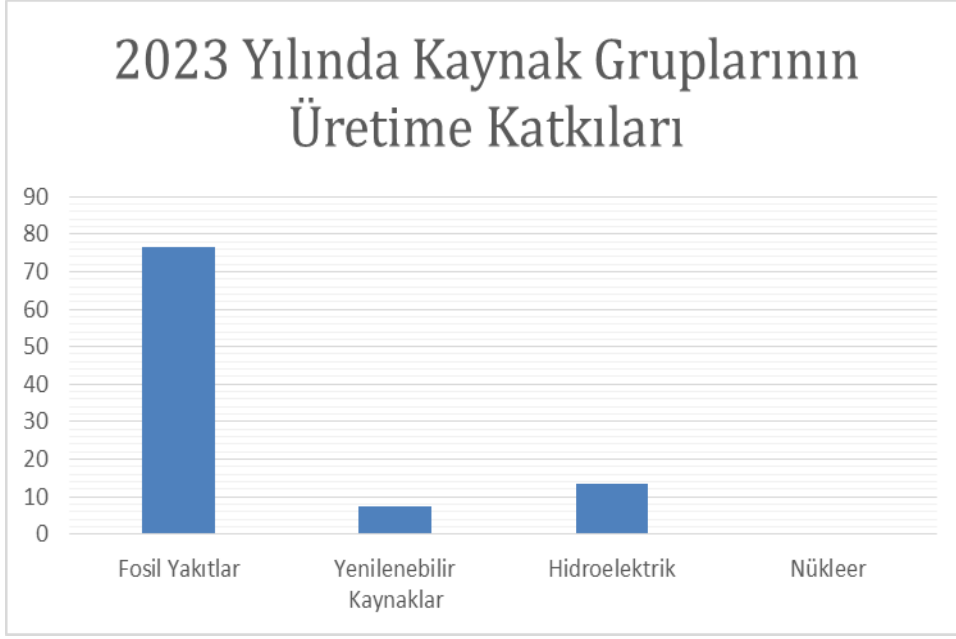
Şekil 5.24 : 2023 yılı için öngörülen kurulu güç oranları.

Şekil 5.25’de ise, yukarıda belirtilen kurulu güçten elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi üretiminin, kaynak bazında dağılımı ve yıllar itibariyle değişimi verilmiştir.



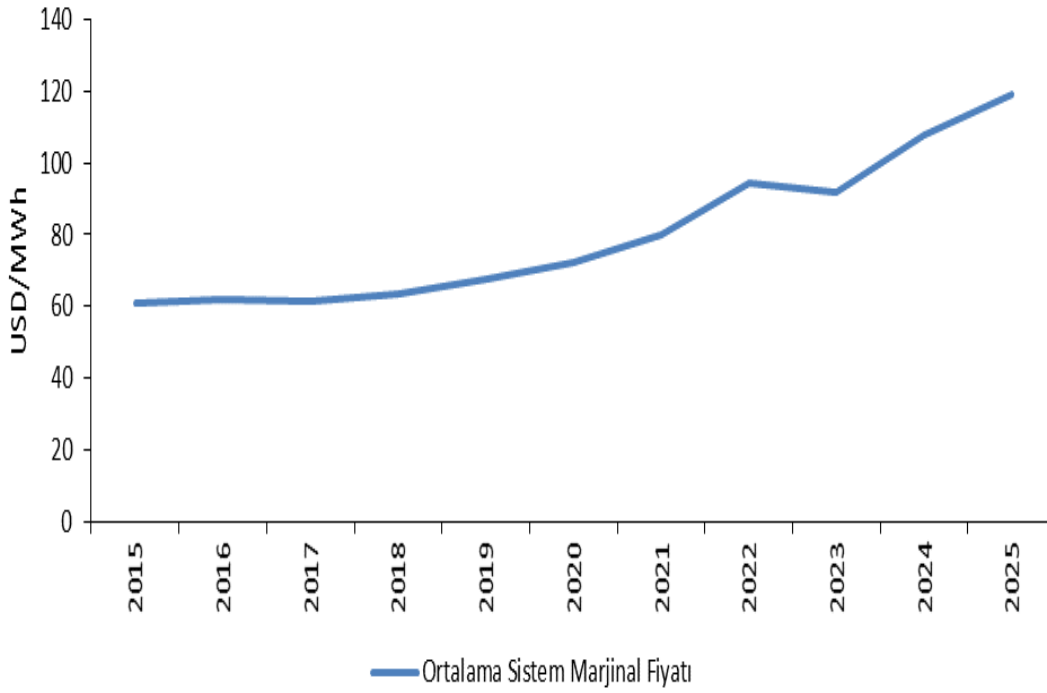
Şekil 5.25 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.

Şekil 5.26’da, 2023 yılı için öngörülen üretime, kaynak türlerinin gruplandırılmış şekilde katkı oranları yüzde olarak verilmiştir.



Şekil 5.26 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.

Çalışma kapsamında, kurulu güç gelişimi ve kaynakların üretime olan katkılarının değerlendirilmesi yanı sıra serbest piyasa fiyatlarının gelişimine ilişkin çalışma da yapılmış olup elde edilen serbest piyasa fiyat öngörülleri Şekil 5.27’de gösterilmektedir.



Şekil 5.27 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.

5.4.2 Senaryo 1 hâli için APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

APLUS Bilgisayar programı uygulaması ile Senaryo 1 olarak; Akkuyu NGS ünitelerinden ilkinin 2020 yılında devreye alınması ve takip eden her yılda yeni bir nükleer santral ünitesinin daha devreye alınması hâli için çalışılmıştır. Bir başka deyişle; bu şekilde Türkiye'nin 2023 yılında Akkuyu Nükleer santral ünitelerinin hepsinin devreye alınması hâli ile oluşabilecek durumun belirlenmesi sağlanmıştır. Bu bağlamda, söz konusu bu senaryo uygulamasıyla “İyimser Senaryo” sonuçlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Türkiye'nin 2023 yılında Akkuyu Nükleer santral ünitelerinin hepsinin devreye alınması hâline ilişkin olarak APLUS Bilgisayar programı uygulaması için göz önüne alınan Senaryo 1 (İyimser Senaryo) verileri Çizelge 5.4'te görülmektedir.

Çizelge 5.4 : Akkuyu NGS'nin 2023'de devrede olduğu durum.

AKKUYU NGS'İN 4 ÜNİTESİDE 2023'DE DEVREDE	
YILLAR	İŞLETMEYE ALINMA DURUMU
2019	-
2020	1. Ünite Devrede
2021	2. Ünite Devrede
2022	3. Ünite Devrede
2023	4. Ünite Devrede
2024	-
2025	-

Ayrıca, Ünitelerin kapasite faktörünün; ülkenin ilk nükleer santrali olması nedeniyle konservatif bir yaklaşımla % 80 olabileceği öngörüsünde bulunulmuştur. Fazla olarak, Nükleer santral ünitelerinin kademeli olarak devreye alınabileceği düşünülmüştür. Bu bağlamda, oluşturulan Senaryo 1 (İyimser Senaryo) için kademeli devreye alışı öngörüsü Çizelge 5.5'de verilmektedir.

Çizelge 5.5 : Senaryo 1 (iyimser senaryo) için kademeli devreye alışı öngörüsü.

		Ünite Kapasite Faktörleri								
YILLAR		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
2023'de devrede	1. Ünite	50%	60%	70%	80%	80%	80%	80%	80%	80%
	2. Ünite		50%	60%	70%	80%	80%	80%	80%	80%
	3. Ünite			50%	60%	70%	80%	80%	80%	80%
	4. Ünite				50%	60%	70%	80%	80%	80%

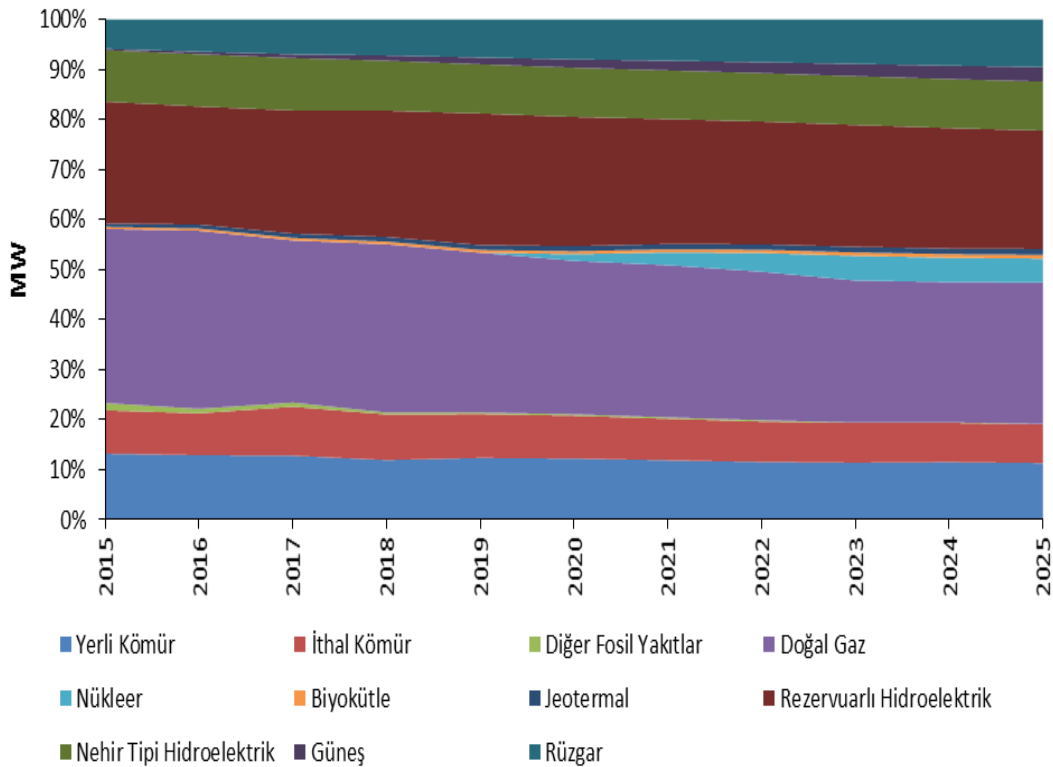
Akkuyu NGS ünitelerinin 2023 yılında tamamen devreye alınması hâline ilişkin olarak kurgulanan Senaryo 1 (İyimser Senaryo)'e göre farklı talep versiyonları doğrultusunda APLUS Bilgisayar programı uygulaması ile ulaşılan sonuçlar aşağıda görülmektedir.

5.4.2.1 Senaryo 1 hâli için versiyon 1 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

Akkuyu NGS'nin ilk ünitesinin 2020'de devrede olmasına (Senaryo 1) ilişkin olarak, Versiyon 1 talep projeksiyonuna göre APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

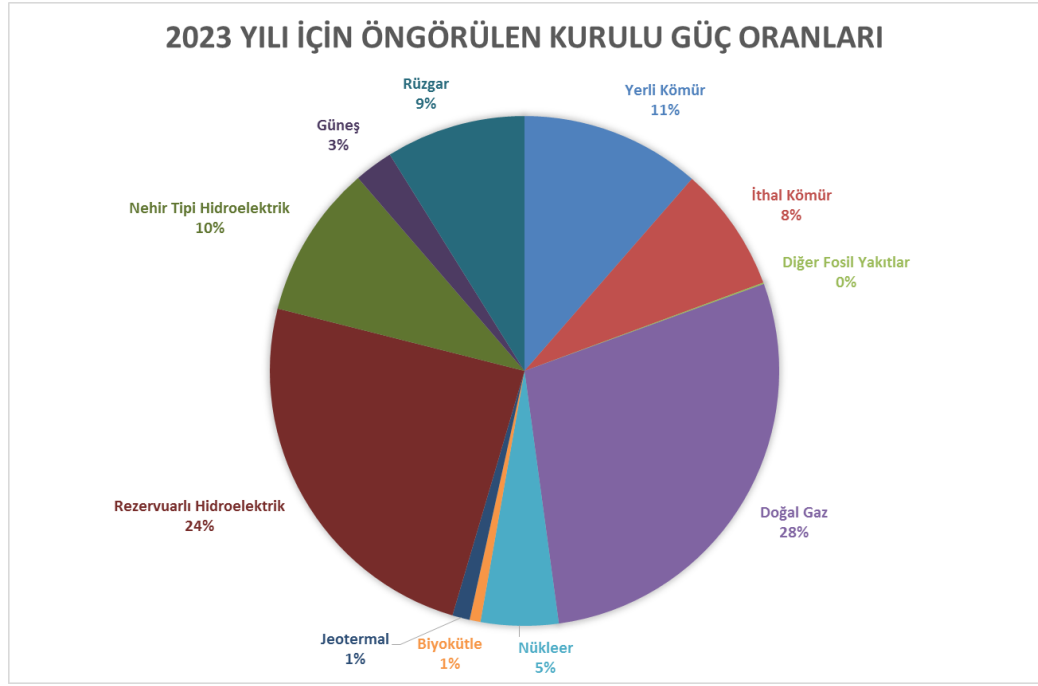
APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen veriler; kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak dağılımı, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı, 2015-2025 döneminde elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre yıllara göre dağılımı, 2023 yılında kaynak gruplarının elektrik enerjisi üretimine katkı oranları ve serbest piyasa fiyatlarının gelişimi olmak üzere 5 farklı grafik ile gösterilmiştir.

Şekil 5.28'de kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak gelişimi görülmektedir.



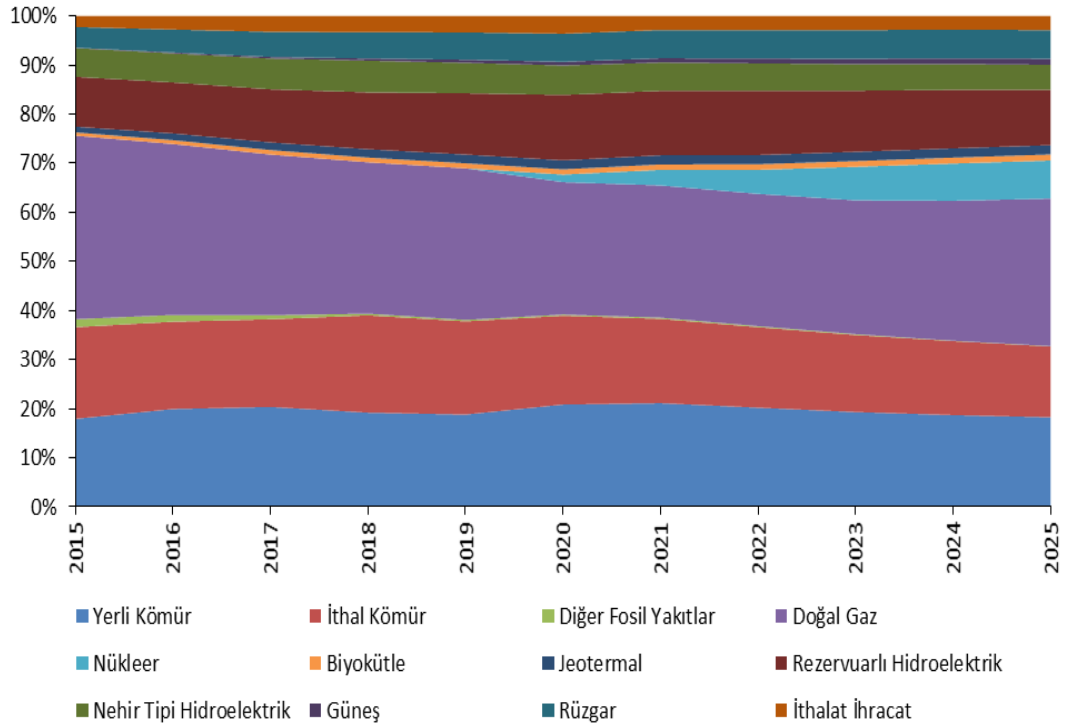
Şekil 5.28 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibarıyla dağılımı.

Şekil 5.29'da, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı görülmektedir.



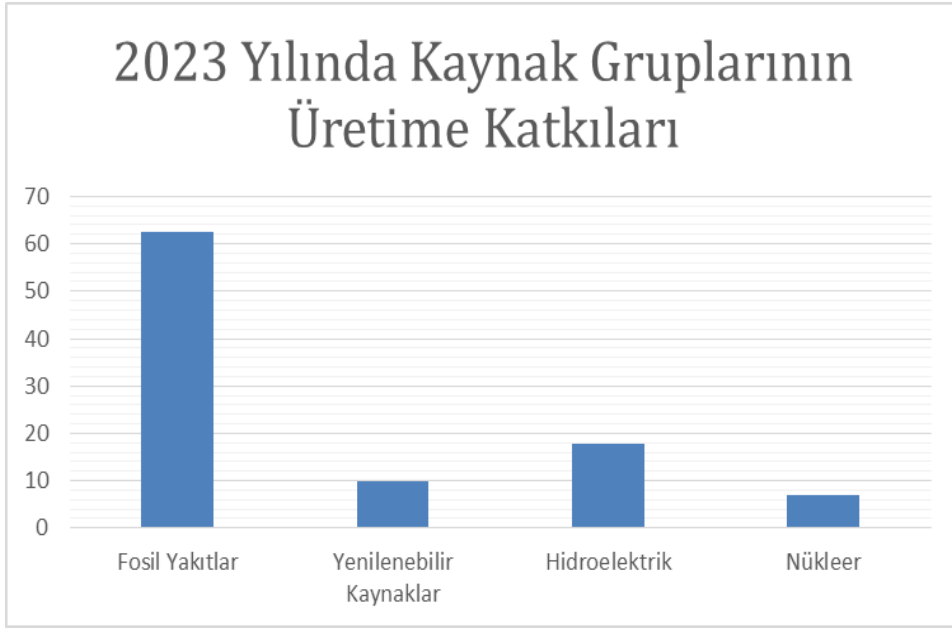
Şekil 5.29 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı.

Şekil 5.30'da ise, yukarıda belirtilen kurulu güçten elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi üretiminin, kaynak bazında dağılımı ve yıllar itibariyle değişimi verilmiştir.



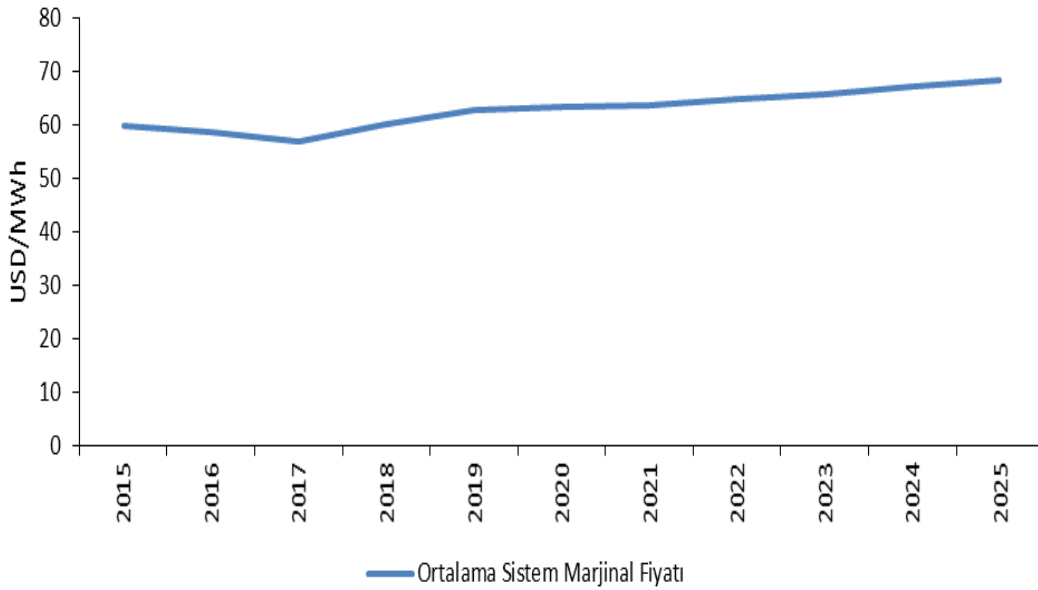
Şekil 5.30 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.

Şekil 5.31’de, 2023 yılı için öngörülen üretime, kaynak türlerinin gruplandırılmış şekilde katkı oranları yüzde olarak verilmiştir.



Şekil 5.31 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.

Çalışma kapsamında, kurulu güç gelişimi ve kaynakların üretime olan katkılarının değerlendirilmesi yanı sıra serbest piyasa fiyatlarının gelişimine ilişkin çalışma da yapılmış olup elde edilen serbest piyasa fiyat öngörülleri Şekil 5.32’de gösterilmektedir.



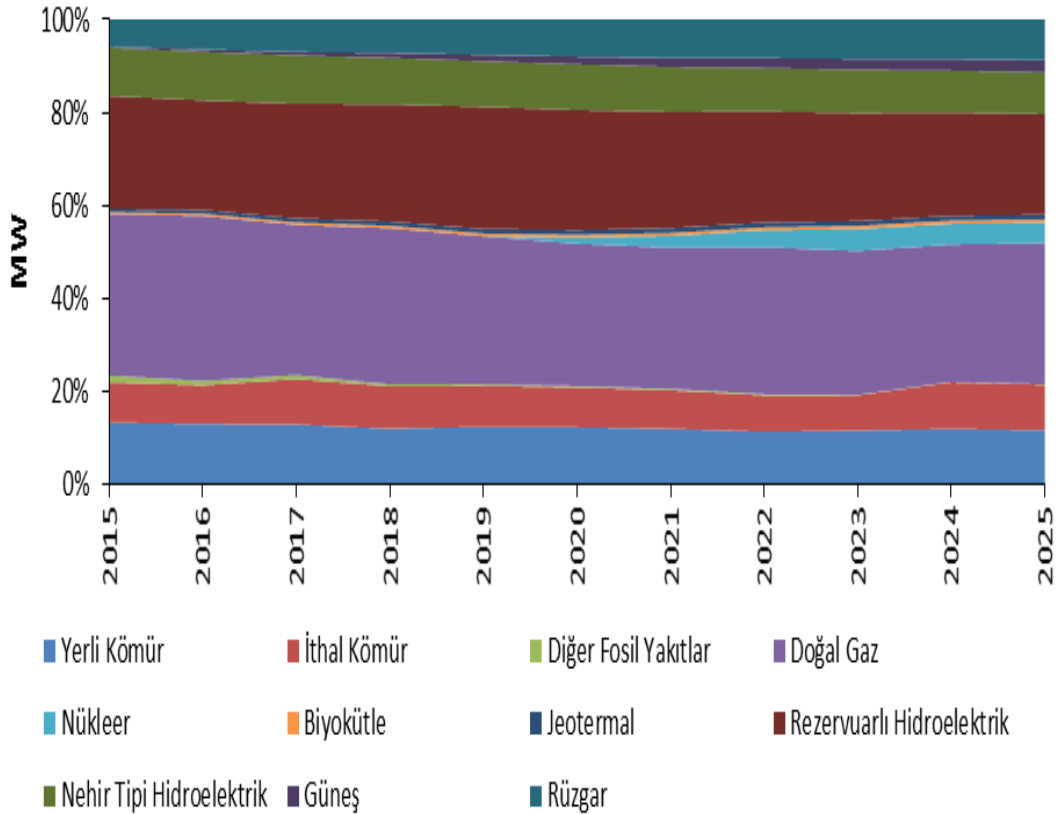
Şekil 5.32 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.

5.4.2.2 Senaryo 1 hâli için versiyon 2 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

Akkuyu NGS'nin ilk ünitesinin 2020'de devrede olmasına (Senaryo 1) ilişkin olarak, Versiyon 2 talep projeksiyonuna göre APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

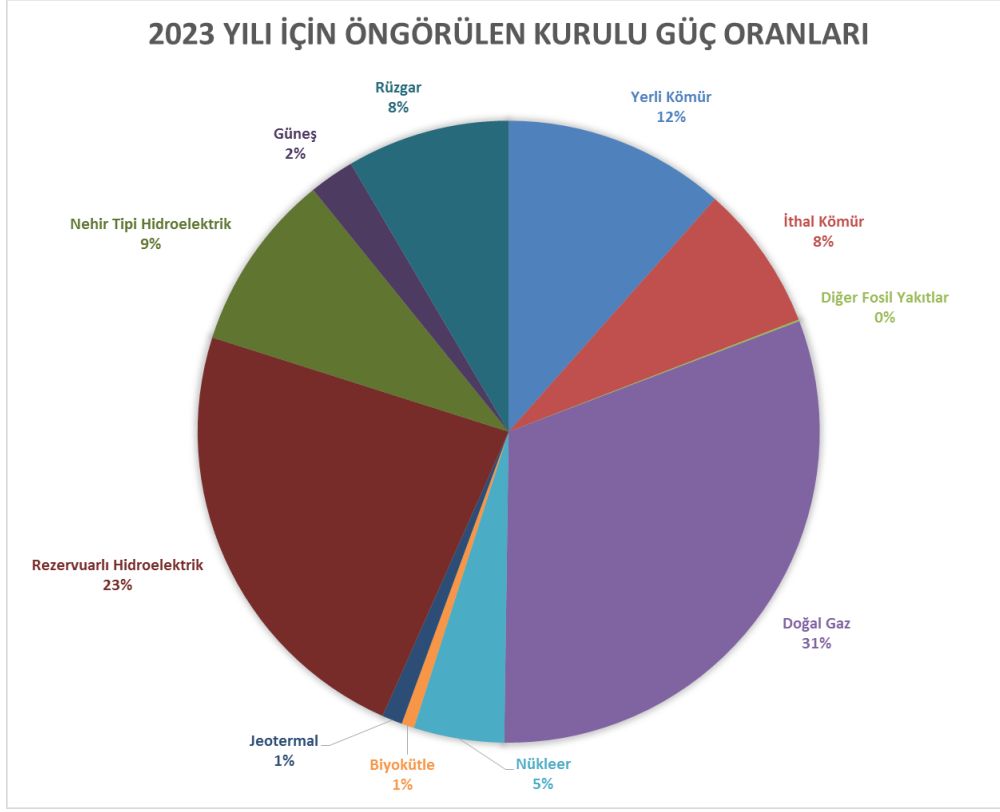
APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen veriler; kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak dağılımı, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı, 2015-2025 döneminde elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre yıllara göre dağılımı, 2023 yılında kaynak gruplarının elektrik enerjisi üretimine katkı oranları ve serbest piyasa fiyatlarının gelişimi olmak üzere 5 farklı grafik ile gösterilmiştir.

Şekil 5.33'de kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak gelişimi görülmektedir.



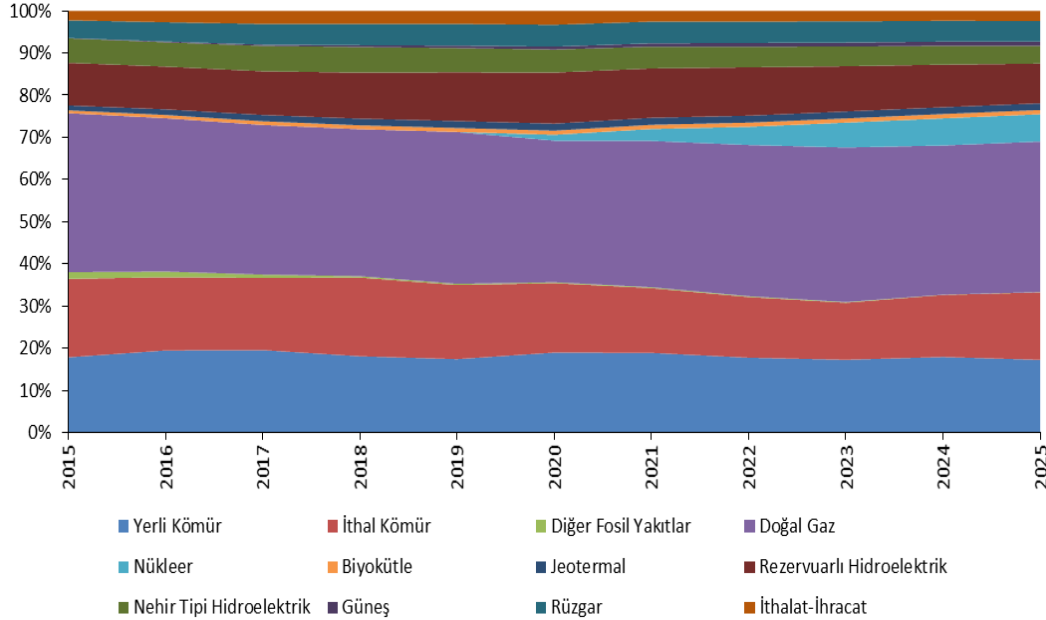
Şekil 5.33 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı.

Şekil 5.34'te, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı görülmektedir.



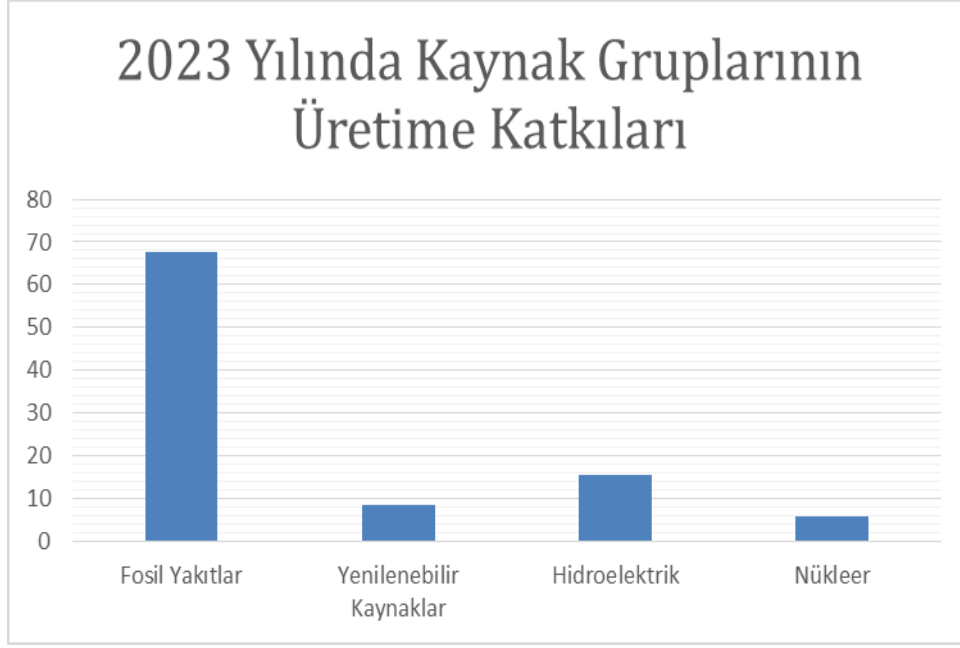
Şekil 5.34 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı.

Şekil 5.35’de ise, yukarıda belirtilen kurulu güçten elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi üretiminin, kaynak bazında dağılımı ve yıllar itibariyle değişimi verilmiştir.



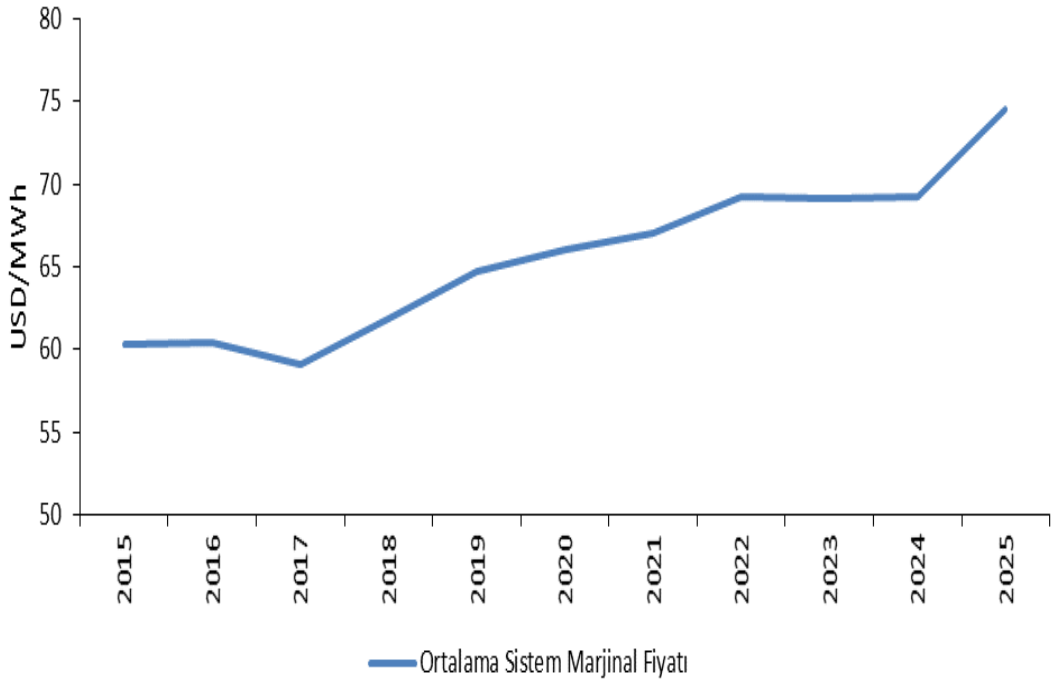
Şekil 5.35 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.

Şekil 5.36’da, 2023 yılı için öngörülen üretime, kaynak türlerinin gruplandırılmış şekilde katkı oranları yüzde olarak verilmiştir.



Şekil 5.36 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.

Çalışma kapsamında, kurulu güç gelişimi ve kaynakların üretime olan katkılarının değerlendirilmesi yanı sıra serbest piyasa fiyatlarının gelişimine ilişkin çalışma da yapılmış olup elde edilen serbest piyasa fiyat öngörülere Şekil 5.37’de gösterilmektedir.



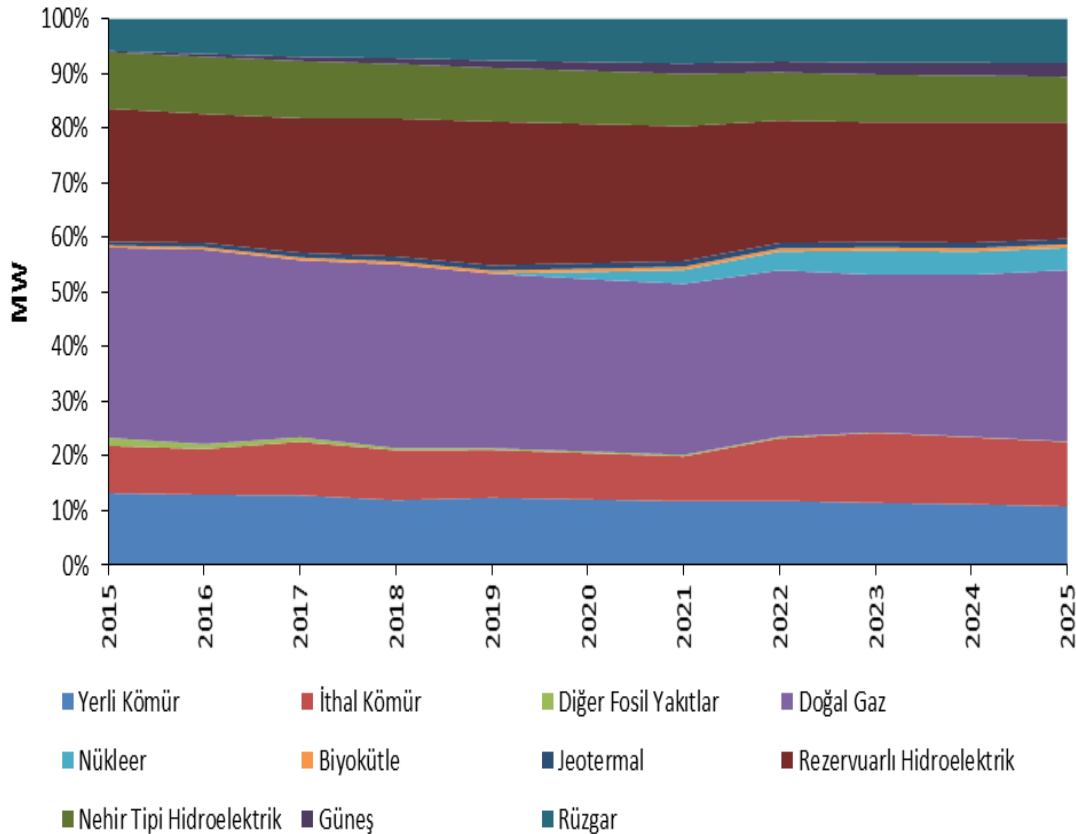
Şekil 5.37 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.

5.4.2.3 Senaryo 1 hâli için versiyon 3 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

Akkuyu NGS'nin ilk ünitesinin 2020'de devrede olmasına (Senaryo 1) ilişkin olarak, Versiyon 3 talep projeksiyonuna göre APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

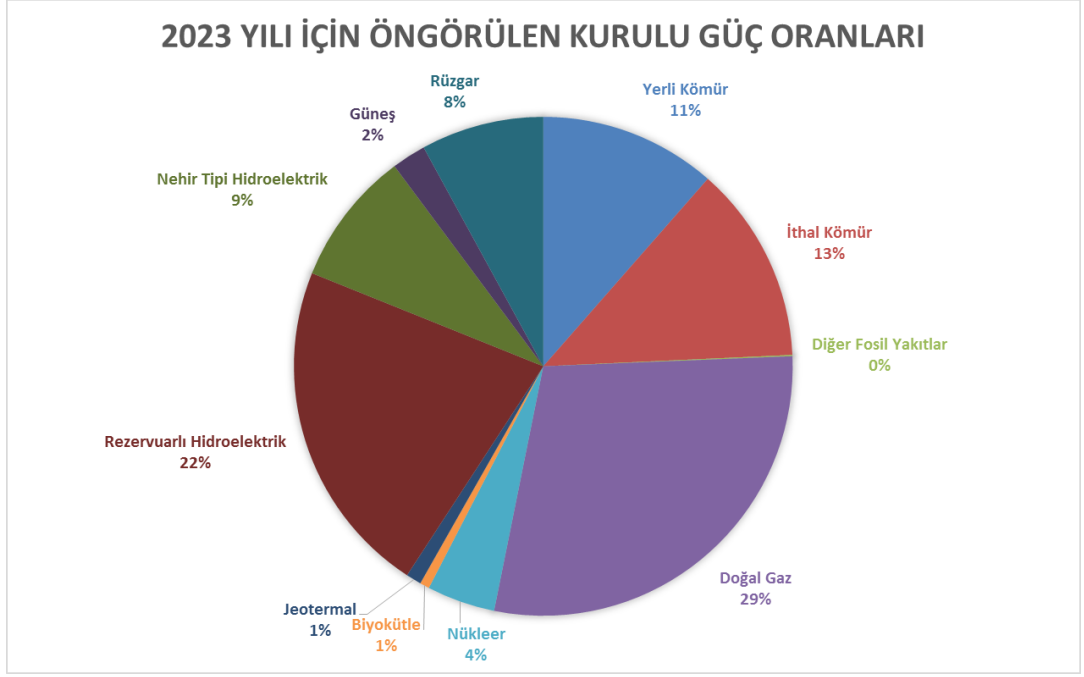
APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen veriler; kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak dağılımı, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı, 2015-2025 döneminde elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre yıllara göre dağılımı, 2023 yılında kaynak gruplarının elektrik enerjisi üretimine katkı oranları ve serbest piyasa fiyatlarının gelişimi olmak üzere 5 farklı grafik ile gösterilmiştir.

Şekil 5.38'de kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak gelişimi görülmektedir.



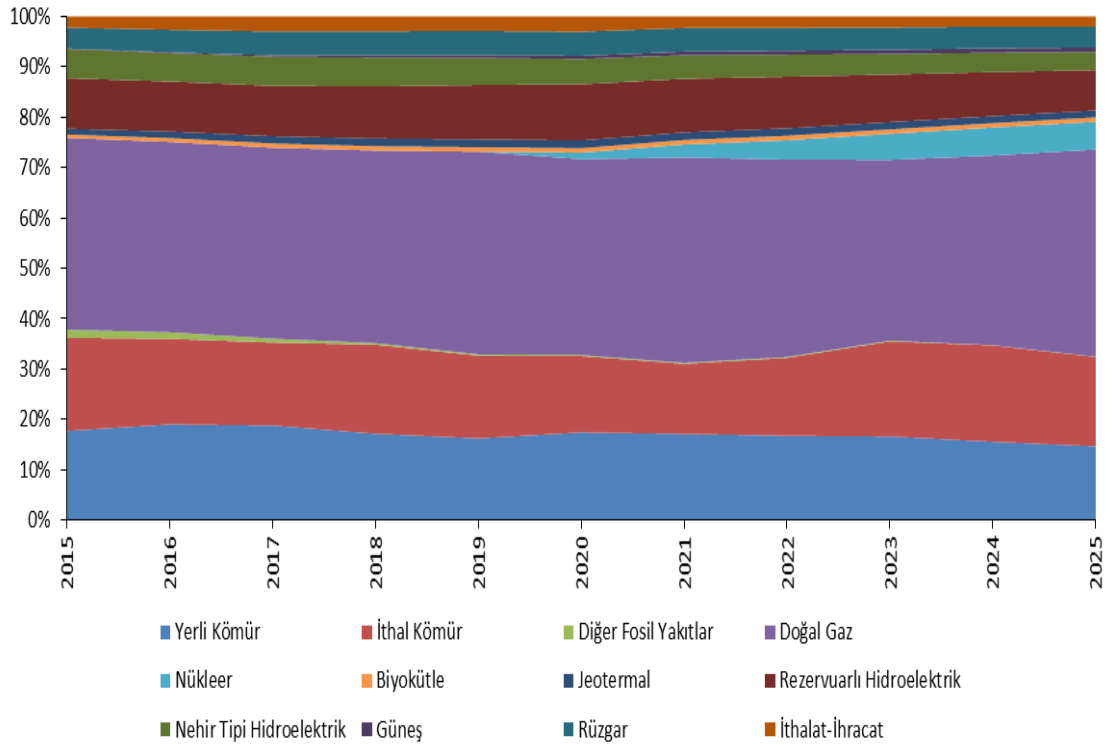
Şekil 5.38 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı.

Şekil 5.39'da, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı görülmektedir.



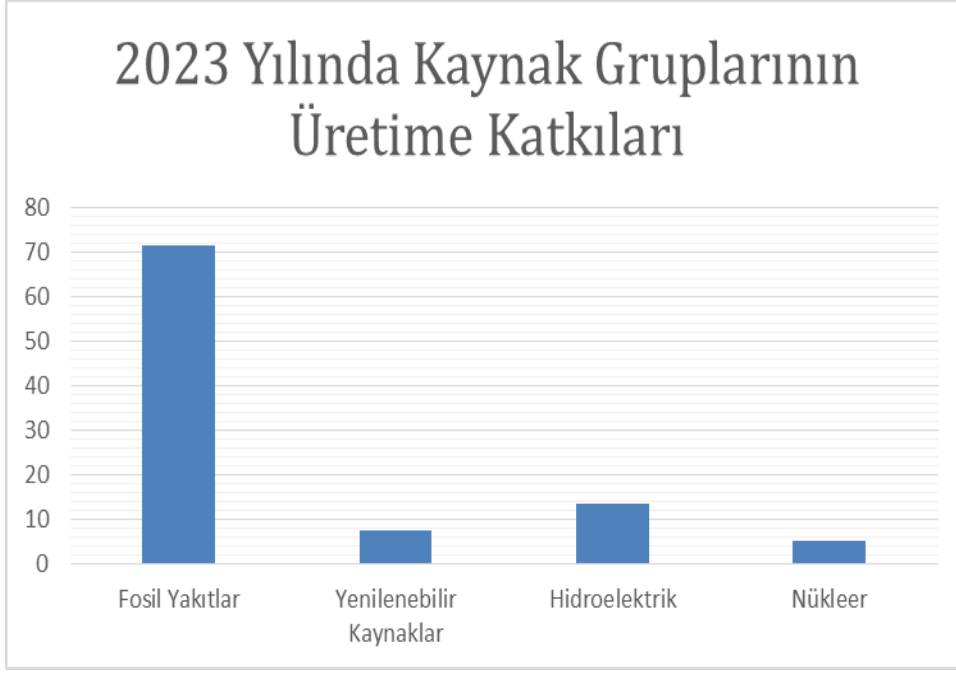
Şekil 5.39 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı.

Şekil 5.40'da ise, yukarıda belirtilen kurulu güçten elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi üretiminin, kaynak bazında dağılımı ve yıllar itibariyle değişimi verilmiştir.



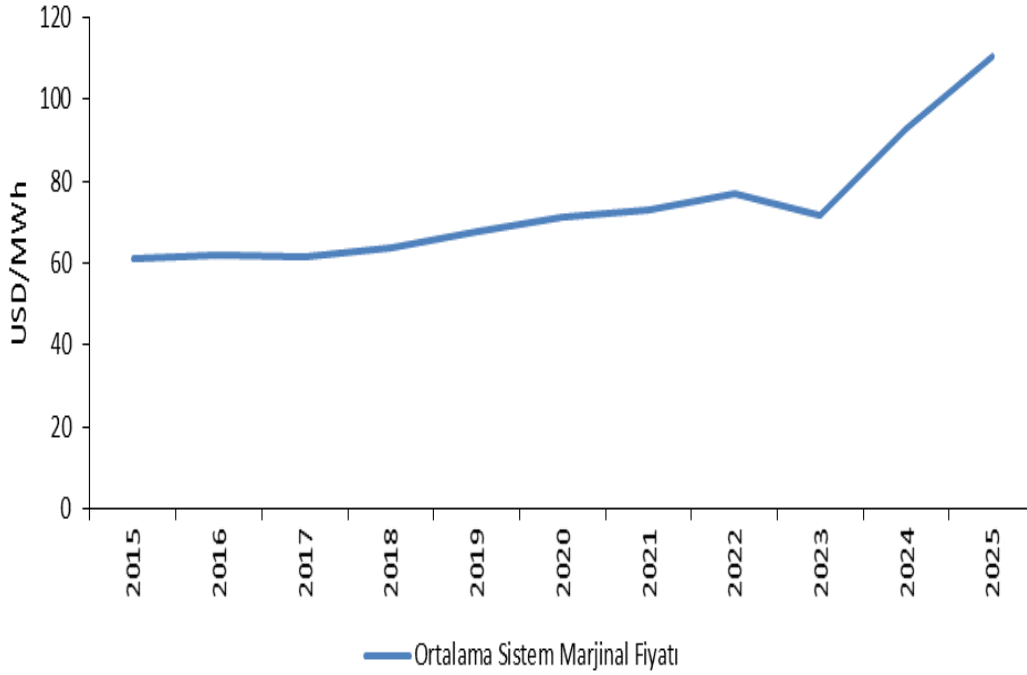
Şekil 5.40 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.

Şekil 5.41'de, 2023 yılı için öngörülen üretime, kaynak türlerinin gruplandırılmış şekilde katkı oranları yüzde olarak verilmiştir.



Şekil 5.41 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.

Çalışma kapsamında, kurulu güç gelişimi ve kaynakların üretime olan katkılarının değerlendirilmesi yanı sıra serbest piyasa fiyatlarının gelişimine ilişkin çalışma da yapılmış olup elde edilen serbest piyasa fiyat öngörülleri Şekil 5.42’de gösterilmektedir.



Şekil 5.42 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.

5.4.3 Senaryo 2 hâli için APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

APLUS Bilgisayar programı uygulaması ile Senaryo 2 olarak; Akkuyu NGS ünitelerinden ilkinin 2021 yılında devreye alınması ve takip eden her yılda yeni bir nükleer santral ünitesinin daha devreye alınması hâli için çalışılmıştır. Bir başka deyişle; bu şekilde Türkiye'nin 2024 yılında Akkuyu NGS ünitelerinin hepsinin devreye alınması hâli ile oluşabilecek durumun belirlenmesi sağlanmıştır. Bu bağlamda, söz konusu bu senaryo uygulamasıyla "Gerçekçi Senaryo" sonuçlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Türkiye'nin 2024 yılında Akkuyu Nükleer santral ünitelerinin hepsinin devreye alınması hâline ilişkin olarak APLUS Bilgisayar programı uygulaması için göz önüne alınan Senaryo 2 (Gerçekçi Senaryo) verileri Çizelge 5.6'da görülmektedir.

Çizelge 5.6 : Akkuyu NGS'nin 2024'te devrede olduğu durum.

AKKUYU NGS'İN 4 ÜNİTESİDE 2024'DE DEVREDE	
YILLAR	İŞLETMEYE ALINMA DURUMU
2019	-
2020	-
2021	1. Ünite Devrede
2022	2. Ünite Devrede
2023	3. Ünite Devrede
2024	4. Ünite Devrede
2025	-

Ayrıca, Ünitelerin kapasite faktörünün; ülkenin ilk nükleer santrali olması nedeniyle konservatif bir yaklaşımla % 80 olabileceği öngörüsünde bulunulmuştur. Fazla olarak, Nükleer santral ünitelerinin kademeli olarak devreye alınabileceği düşünülmüştür. Bu bağlamda, oluşturulan Senaryo 2 (Gerçekçi Senaryo) için kademeli devreye alışı öngörüsü Çizelge 5.7'de verilmektedir.

Çizelge 5.7 : Senaryo 2 (gerçekçi senaryo) için kademeli devreye alışı öngörüsü.

Ünite Kapasite Faktörleri									
YILLAR	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
2024'de devrede	1. Ünite	50%	60%	70%	80%	80%	80%	80%	80%
	2. Ünite		50%	60%	70%	80%	80%	80%	80%
	3. Ünite			50%	60%	70%	80%	80%	80%
	4. Ünite				50%	60%	70%	80%	80%

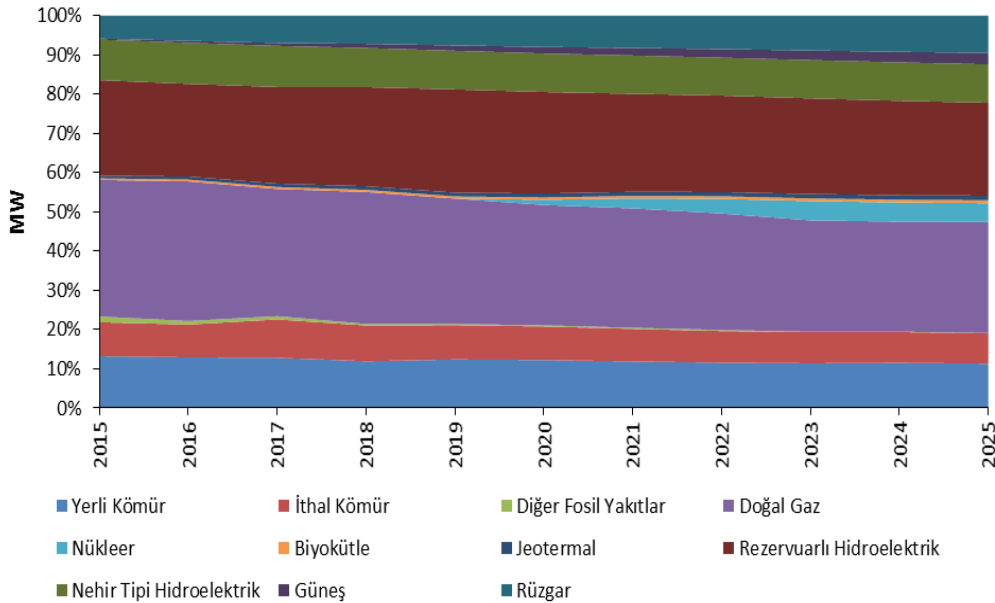
Akkuyu NGS ünitelerinin 2024 yılında tamamen devreye alınması hâline ilişkin olarak kurgulanan Senaryo 2 (Gerçekçi Senaryo)'ye göre farklı talep versiyonları doğrultusunda APLUS Bilgisayar programı uygulaması ile ulaşılan sonuçlar aşağıda görülmektedir.

5.4.3.1 Senaryo 2 hâli için versiyon 1 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

Akkuyu NGS'nin ilk ünitesinin 2021'de devrede olmasına (Senaryo 2) ilişkin olarak, Versiyon 1 talep projeksiyonuna göre APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

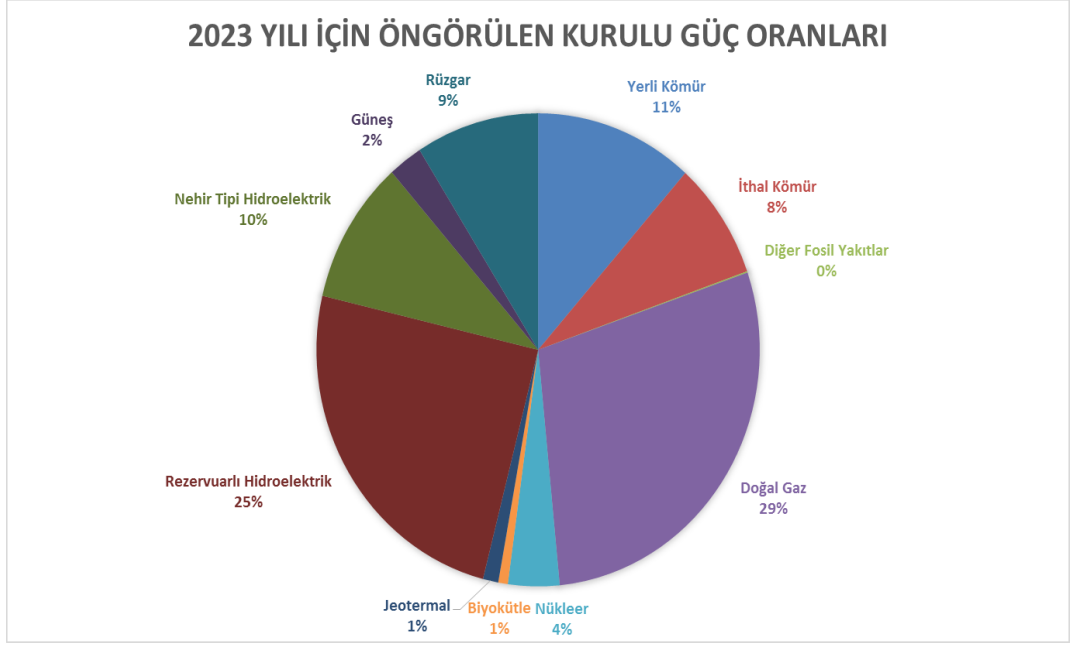
APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen veriler; kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak dağılımı, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı, 2015-2025 döneminde elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre yıllara göre dağılımı, 2023 yılında kaynak gruplarının elektrik enerjisi üretimine katkı oranları ve serbest piyasa fiyatlarının gelişimi olmak üzere 5 farklı grafik ile gösterilmiştir.

Şekil 5.43'de kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak gelişimi görülmektedir.



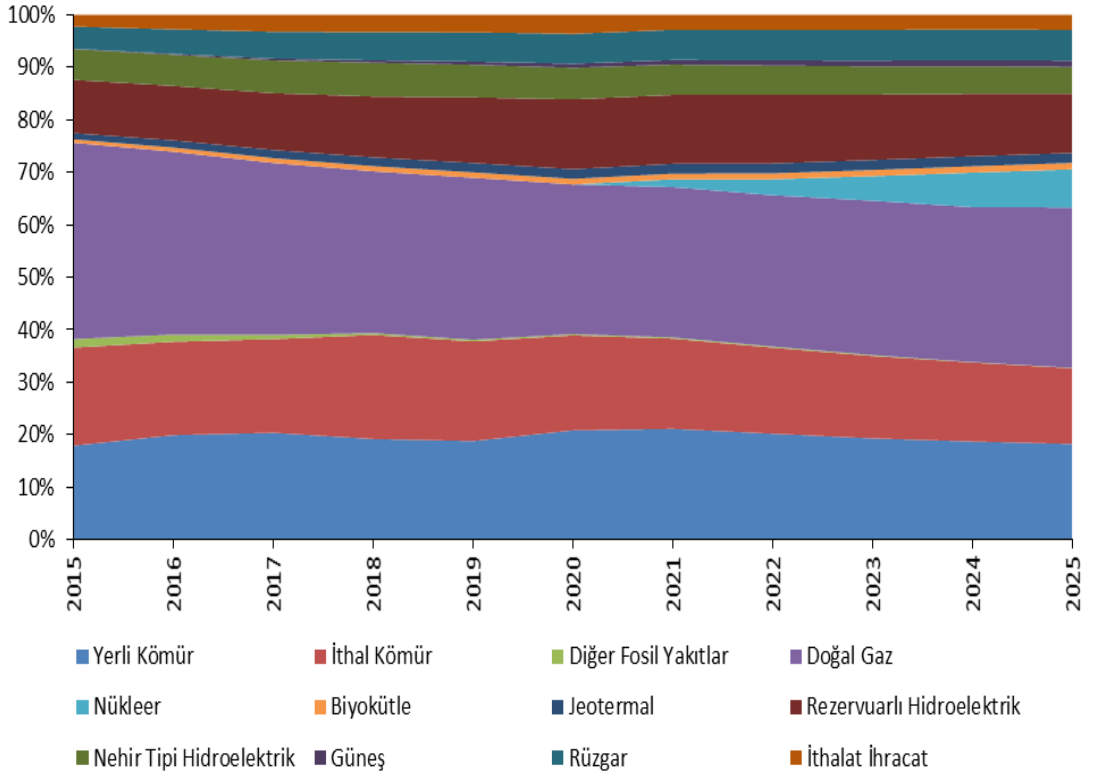
Şekil 5.43 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı.

Şekil 5.44'te, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı görülmektedir.



Şekil 5.44 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı.

Şekil 5.45’de ise, yukarıda belirtilen kurulu güçten elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi üretiminin, kaynak bazında dağılımı ve yıllar itibariyle değişimi verilmiştir.



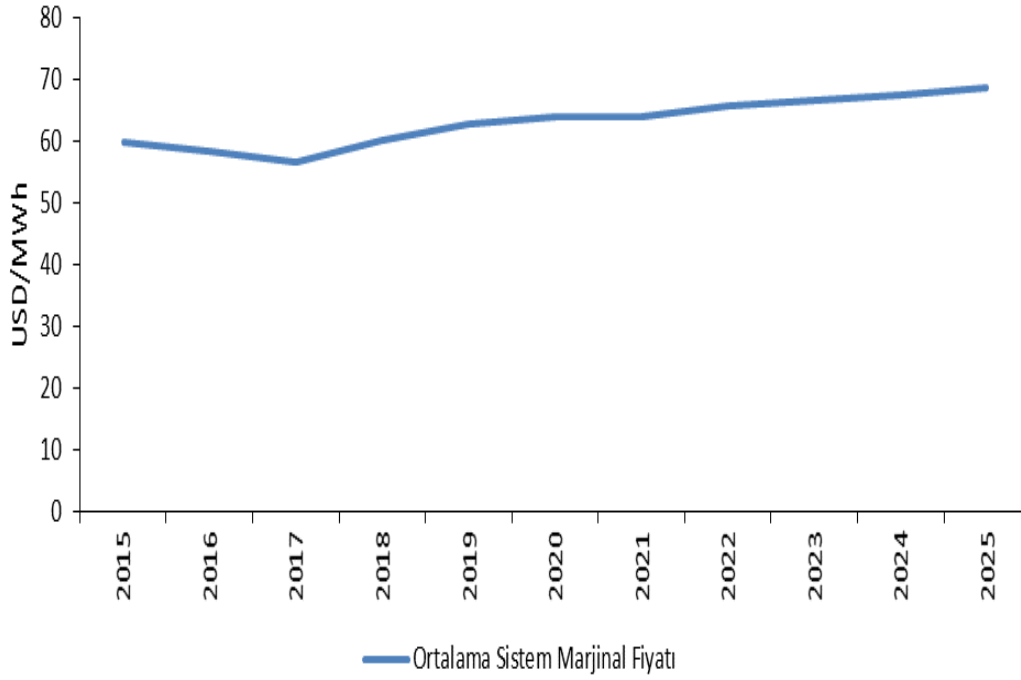
Şekil 5.45 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.

Şekil 5.46’da, 2023 yılı için öngörülen üretime, kaynak türlerinin gruplandırılmış şekilde katkı oranları yüzde olarak verilmiştir.



Şekil 5.46 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.

Çalışma kapsamında, kurulu güç gelişimi ve kaynakların üretime olan katkılarının değerlendirilmesi yanı sıra serbest piyasa fiyatlarının gelişimine ilişkin çalışma da yapılmış olup elde edilen serbest piyasa fiyat öngörülleri Şekil 5.47’de gösterilmektedir.



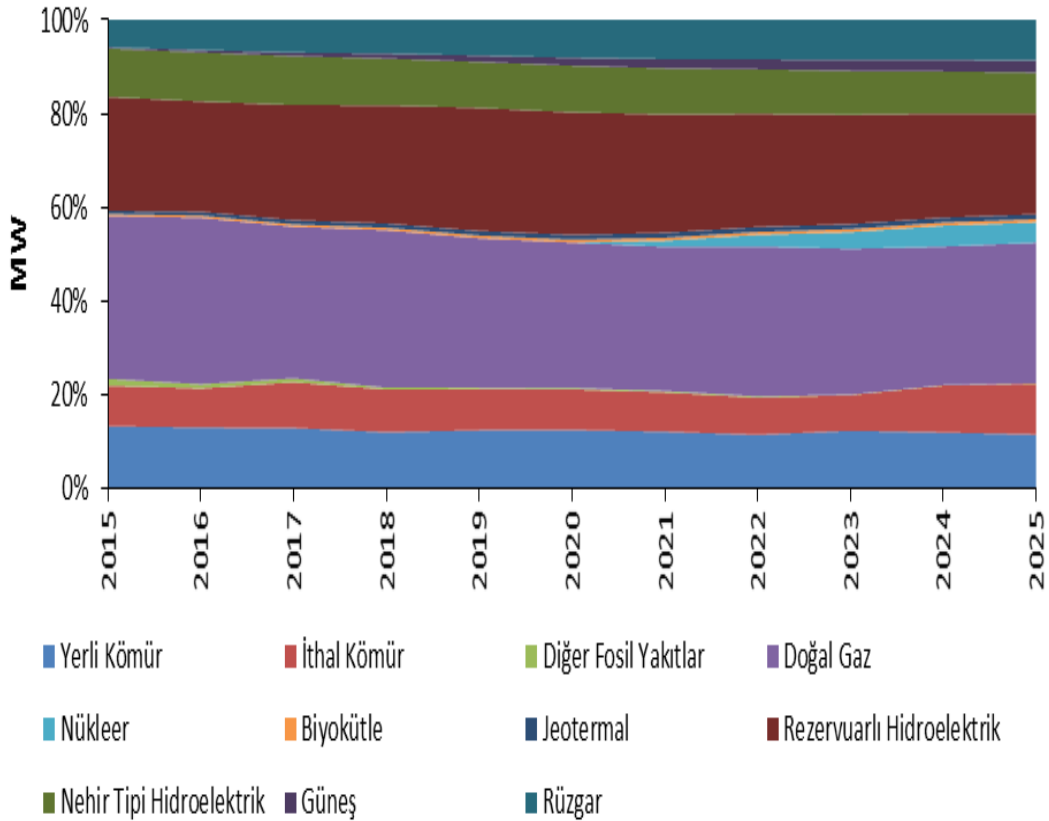
Şekil 5.47 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.

5.4.3.2 Senaryo 2 hâli için versiyon 2 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

Akkuyu NGS'nin ilk ünitesinin 2021'de devrede olmasına (Senaryo 2) ilişkin olarak, Versiyon 2 talep projeksiyonuna göre APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

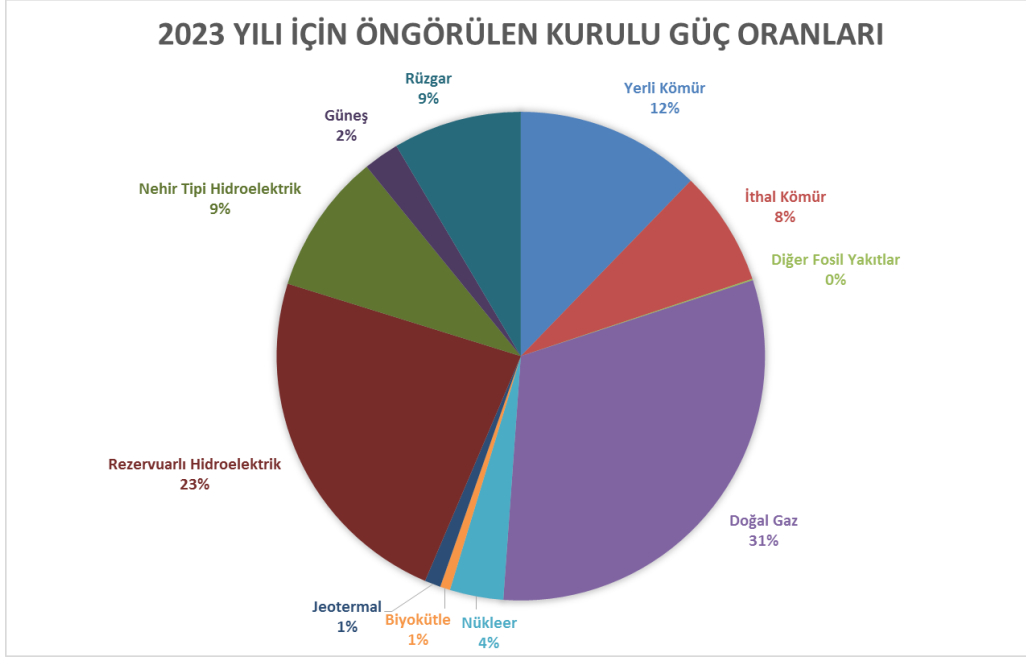
APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen veriler; kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak dağılımı, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı, 2015-2025 döneminde elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre yıllara göre dağılımı, 2023 yılında kaynak gruplarının elektrik enerjisi üretimine katkı oranları ve serbest piyasa fiyatlarının gelişimi olmak üzere 5 farklı grafik ile gösterilmiştir.

Şekil 5.48'de kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak gelişimi görülmektedir.



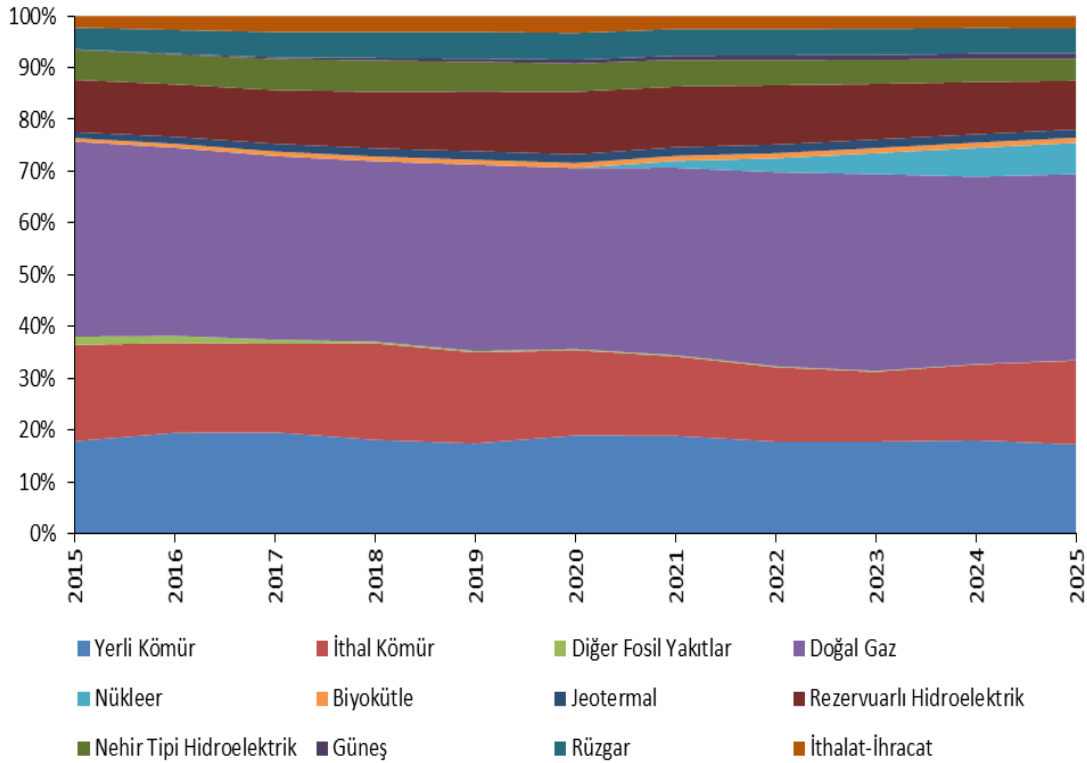
Şekil 5.48 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı.

Şekil 5.49'da, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı görülmektedir.



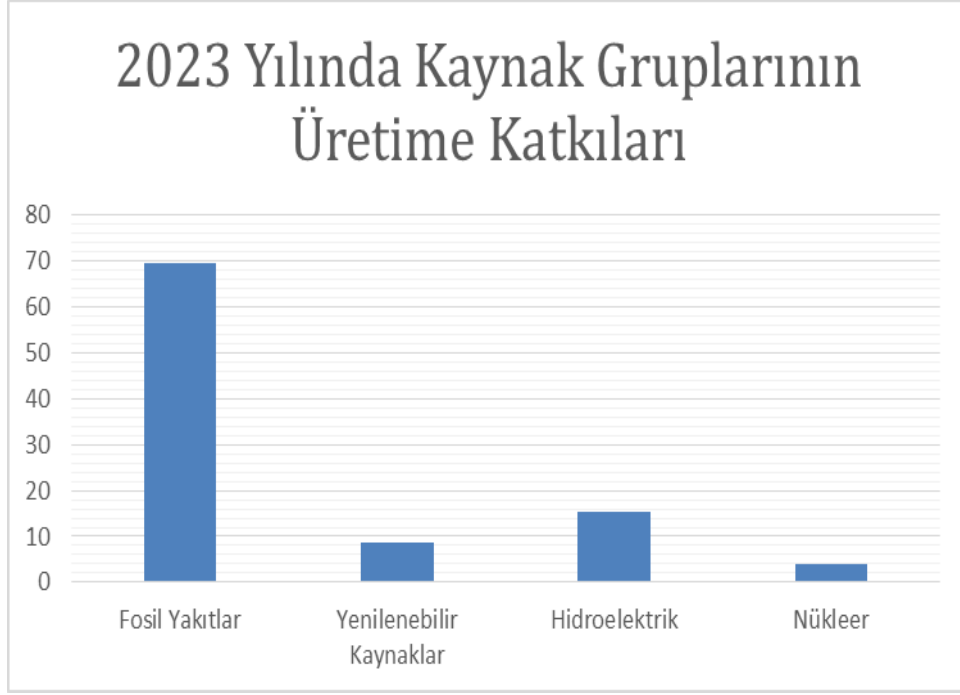
Şekil 5.49 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı.

Şekil 5.50’de ise, yukarıda belirtilen kurulu güçten elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi üretiminin, kaynak bazında dağılımı ve yıllar itibariyle değişimi verilmiştir.



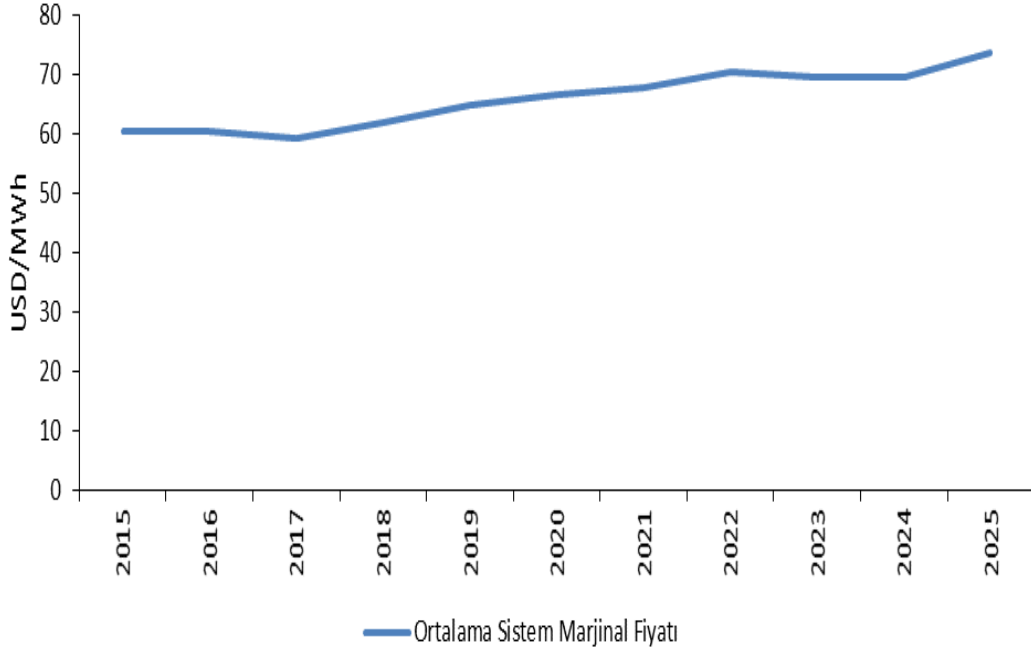
Şekil 5.50 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.

Şekil 5.51’de, 2023 yılı için öngörülen üretime, kaynak türlerinin gruplandırılmış şekilde katkı oranları yüzde olarak verilmiştir.



Şekil 5.51 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.

Çalışma kapsamında, kurulu güç gelişimi ve kaynakların üretime olan katkılarının değerlendirilmesi yanı sıra serbest piyasa fiyatlarının gelişimine ilişkin çalışma da yapılmış olup elde edilen serbest piyasa fiyat öngörülleri Şekil 5.52’de gösterilmektedir.



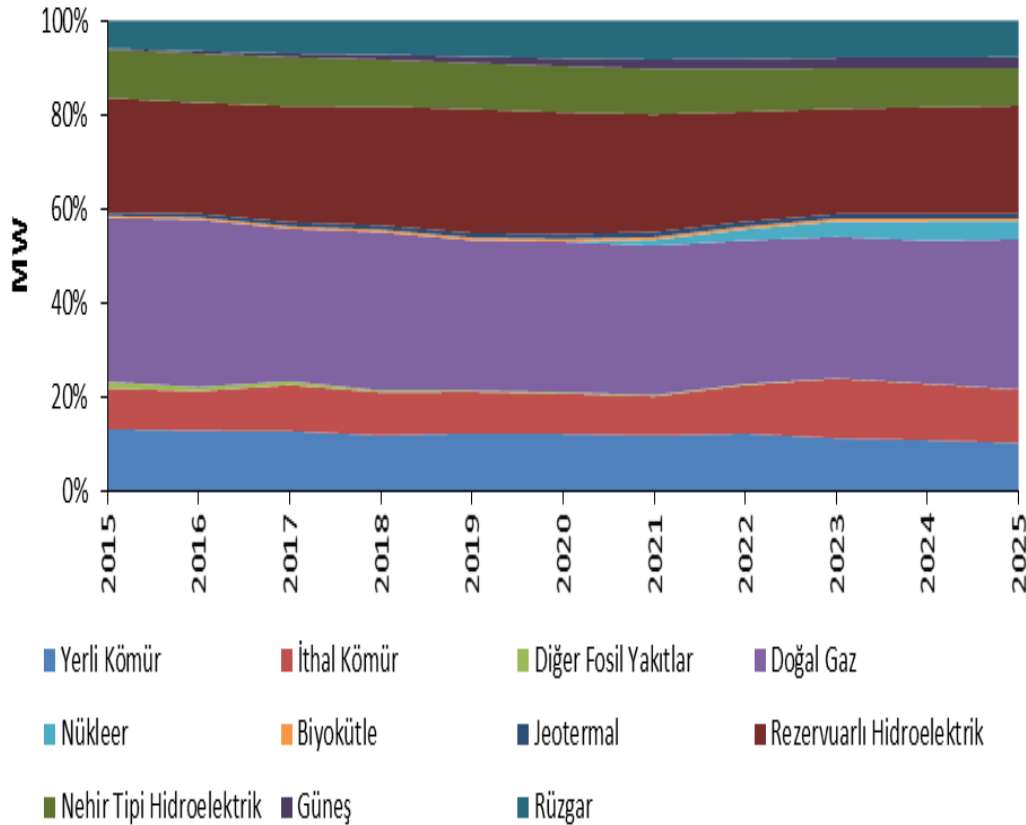
Şekil 5.52 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.

5.4.3.3 Senaryo 2 hâli için versiyon 3 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

Akkuyu NGS'nin ilk ünitesinin 2021'de devrede olmasına (Senaryo 2) ilişkin olarak, Versiyon 3 talep projeksiyonuna göre APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

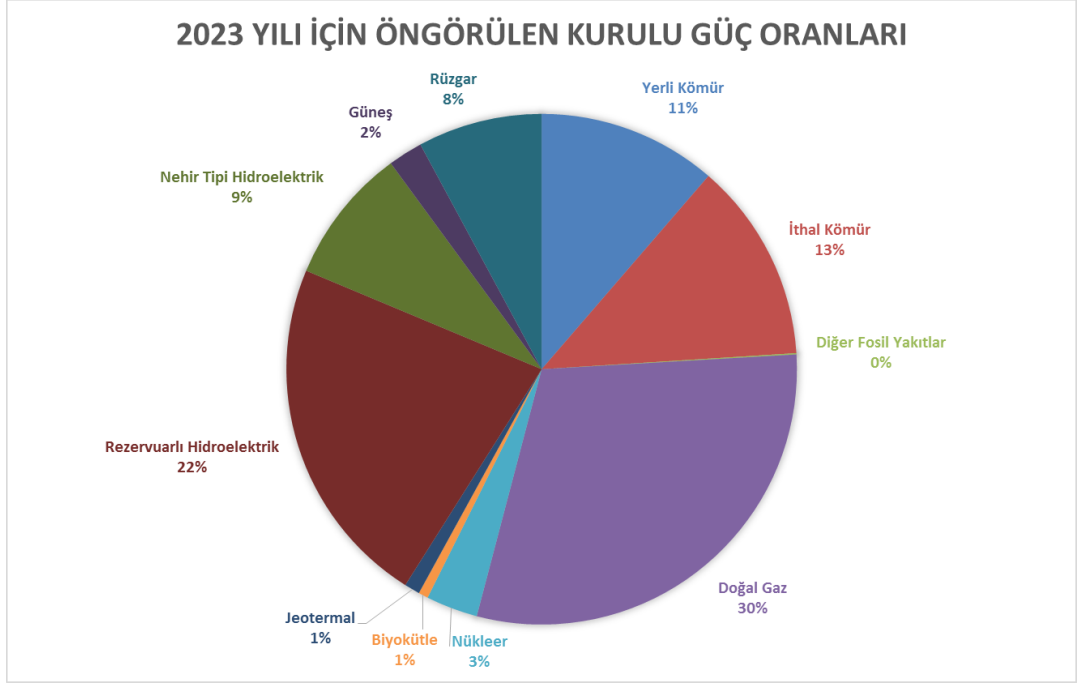
APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen veriler; kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesele olarak dağılımı, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı, 2015-2025 döneminde elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre yıllara göre dağılımı, 2023 yılında kaynak gruplarının elektrik enerjisi üretimine katkı oranları ve serbest piyasa fiyatlarının gelişimi olmak üzere 5 farklı grafik ile gösterilmiştir.

Şekil 5.53'de kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesele olarak gelişimi görülmektedir.



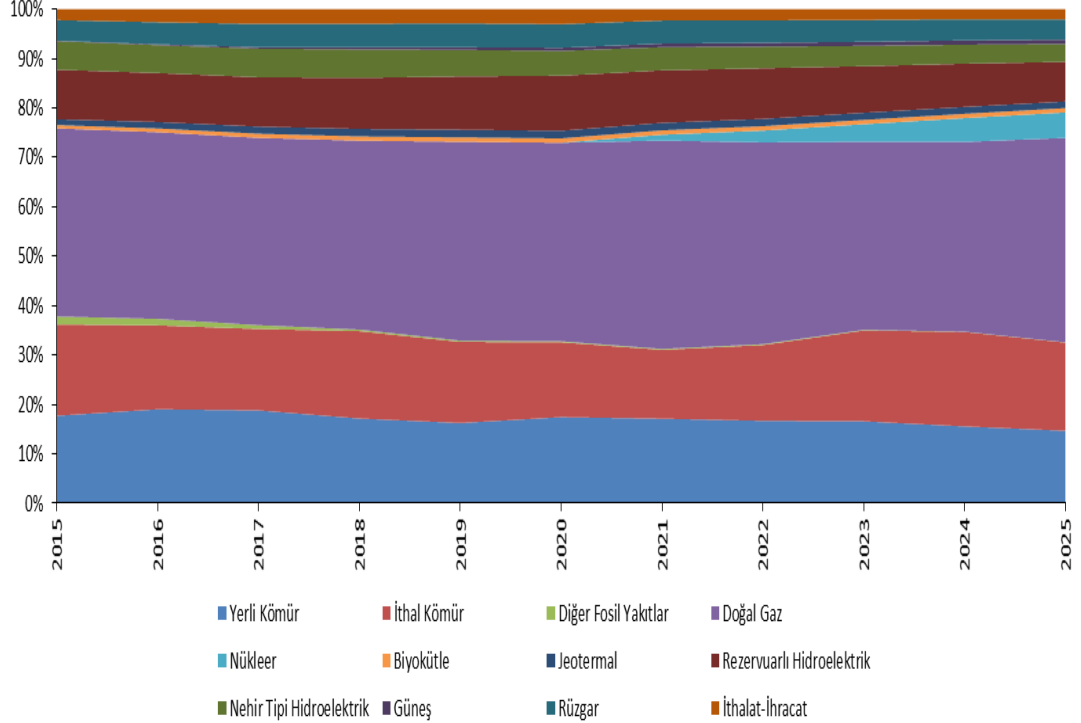
Şekil 5.53 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı.

Şekil 5.54'te, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı görülmektedir.



Şekil 5.54 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı.

Şekil 5.55’de ise, yukarıda belirtilen kurulu güçten elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi üretiminin, kaynak bazında dağılımı ve yıllar itibariyle değişimi verilmiştir.



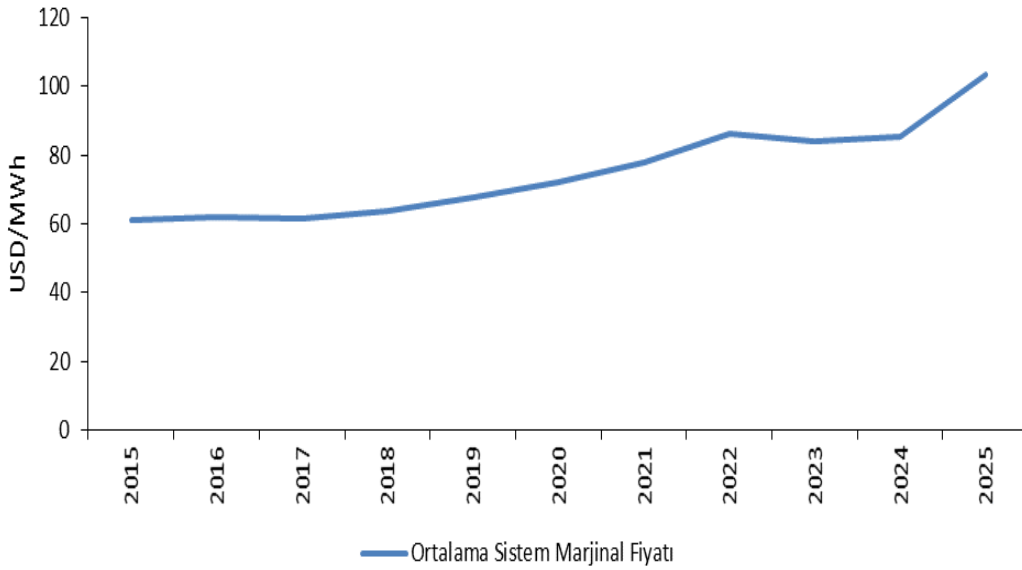
Şekil 5.55 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.

Şekil 5.56’da, 2023 yılı için öngörülen üretime, kaynak türlerinin gruplandırılmış şekilde katkı oranları yüzde olarak verilmiştir.



Şekil 5.56 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.

Çalışma kapsamında, kurulu güç gelişimi ve kaynakların üretime olan katkılarının değerlendirilmesi yanı sıra serbest piyasa fiyatlarının gelişimine ilişkin çalışma da yapılmış olup elde edilen serbest piyasa fiyat öngörülleri Şekil 5.57’de gösterilmektedir.



Şekil 5.57 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.

5.4.4 Senaryo 3 hâli için APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

APLUS Bilgisayar programı uygulaması ile Senaryo 3 olarak; Akkuyu NGS ünitelerinden ilkinin 2022 yılında devreye alınması ve takip eden her yılda yeni bir nükleer santral ünitesinin daha devreye alınması hâli için çalışılmıştır. Bir başka deyişle; bu şekilde Türkiye'nin 2025 yılında Akkuyu Nükleer santral ünitelerinin hepsinin devreye alınması hâli ile oluşabilecek durumun belirlenmesi sağlanmıştır. Bu bağlamda, söz konusu bu senaryo uygulamasıyla “Pesimist Senaryo” sonuçlarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Türkiye'nin 2025 yılında Akkuyu Nükleer santral ünitelerinin hepsinin devreye alınması hâline ilişkin olarak APLUS Bilgisayar programı uygulaması için göz önüne alınan Senaryo 3 (Kötümser Senaryo) verileri Çizelge 5.8'de görülmektedir.

Çizelge 5.8 : Akkuyu NGS'nin 2025'de devrede olduğu durum.

AKKUYU NGS'İN 4 ÜNİTESİDE 2025'DE DEVREDE	
YILLAR	İŞLETMEYE ALINMA DURUMU
2019	-
2020	-
2021	-
2022	1. Ünite Devrede
2023	2. Ünite Devrede
2024	3. Ünite Devdere
2025	4. Ünite Devrede

Ayrıca, Ünitelerin kapasite faktörünün; ülkenin ilk nükleer santrali olması nedeniyle konservatif bir yaklaşımla % 80 olabileceği öngörüsünde bulunulmuştur. Fazla olarak, Nükleer santral ünitelerinin kademeli olarak devreye alınabileceği düşünülmüştür. Bu bağlamda, oluşturulan Senaryo 3 (Kötümser Senaryo) için kademeli devreye alışı öngörüsü Çizelge 5.9'da verilmektedir.

Çizelge 5.9 : Senaryo 3 (pesmistik senaryo) için kademeli devreye alışı öngörüsü.

Ünite Kapasite Faktörleri									
YILLAR	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
2025'de devrede	1. Ünite		50%	60%	70%	80%	80%	80%	80%
	2. Ünite			50%	60%	70%	80%	80%	80%
	3. Ünite				50%	60%	70%	80%	80%
	4. Ünite					50%	60%	70%	80%

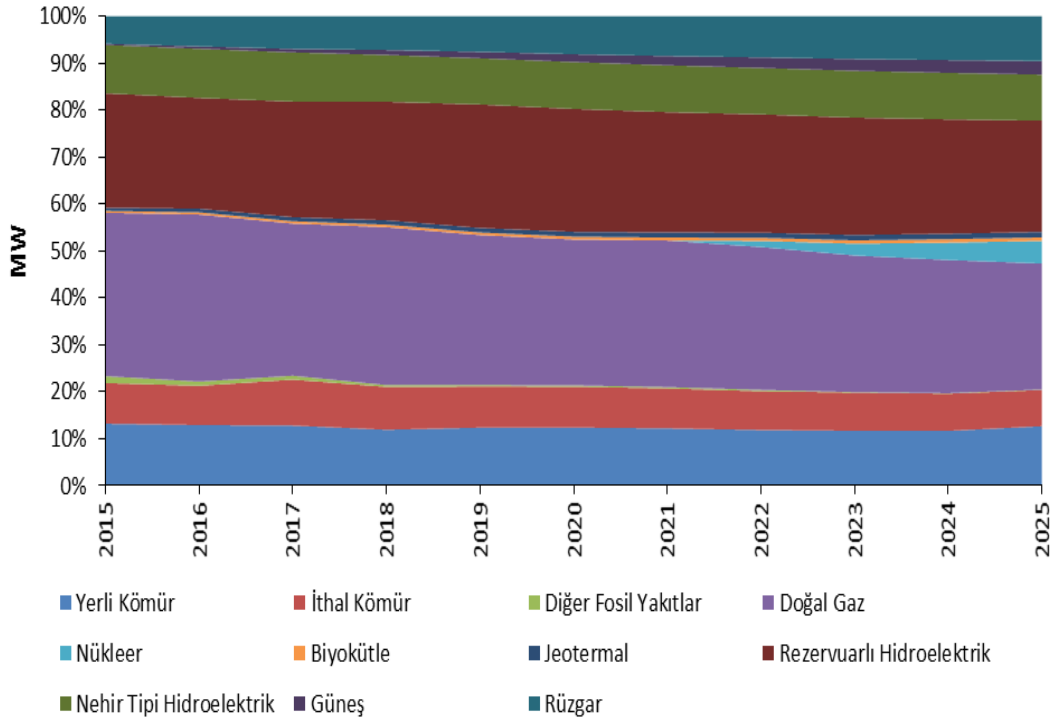
Akkuyu NGS ünitelerinin 2025 yılında tamamen devreye alınması hâline ilişkin olarak kurgulanan Senaryo 3 (Pesimist Senaryo)'ye göre farklı talep versiyonları doğrultusunda APLUS Bilgisayar programı uygulaması ile ulaşılan sonuçlar aşağıda görülmektedir.

5.4.4.1 Senaryo 3 hâli için versiyon 1 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

Akkuyu NGS'nin ilk ünitesinin 2022'de devrede olmasına (Senaryo 3) ilişkin olarak, Versiyon 1 talep projeksiyonuna göre APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

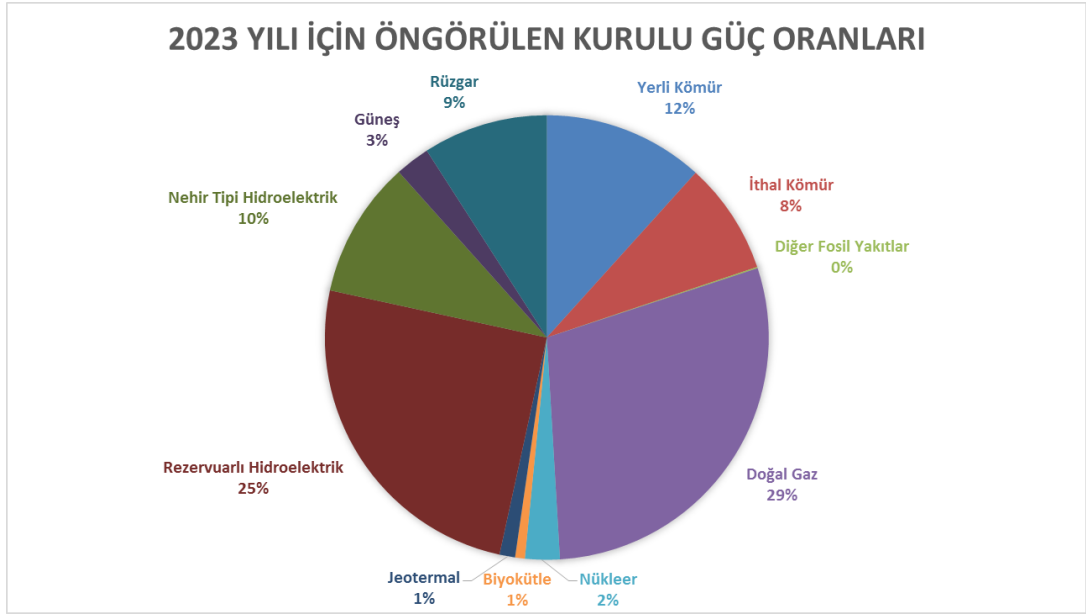
APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen veriler; kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak dağılımı, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı, 2015-2025 döneminde elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre yıllara göre dağılımı, 2023 yılında kaynak gruplarının elektrik enerjisi üretimine katkı oranları ve serbest piyasa fiyatlarının gelişimi olmak üzere 5 farklı grafik ile gösterilmiştir.

Şekil 5.58'de kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak gelişimi görülmektedir.



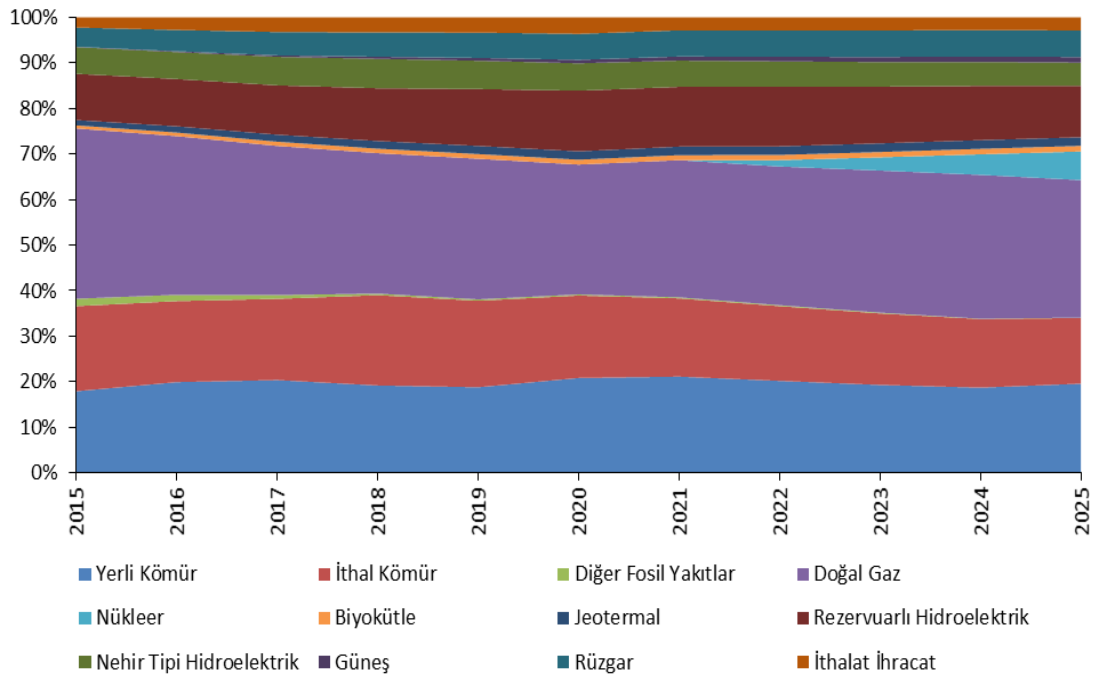
Şekil 5.58 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı.

Şekil 5.59'da, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı görülmektedir.



Şekil 5.59 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı.

Şekil 5.60'da ise, yukarıda belirtilen kurulu güçten elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi üretiminin, kaynak bazında dağılımı ve yıllar itibariyle değişimi verilmiştir.



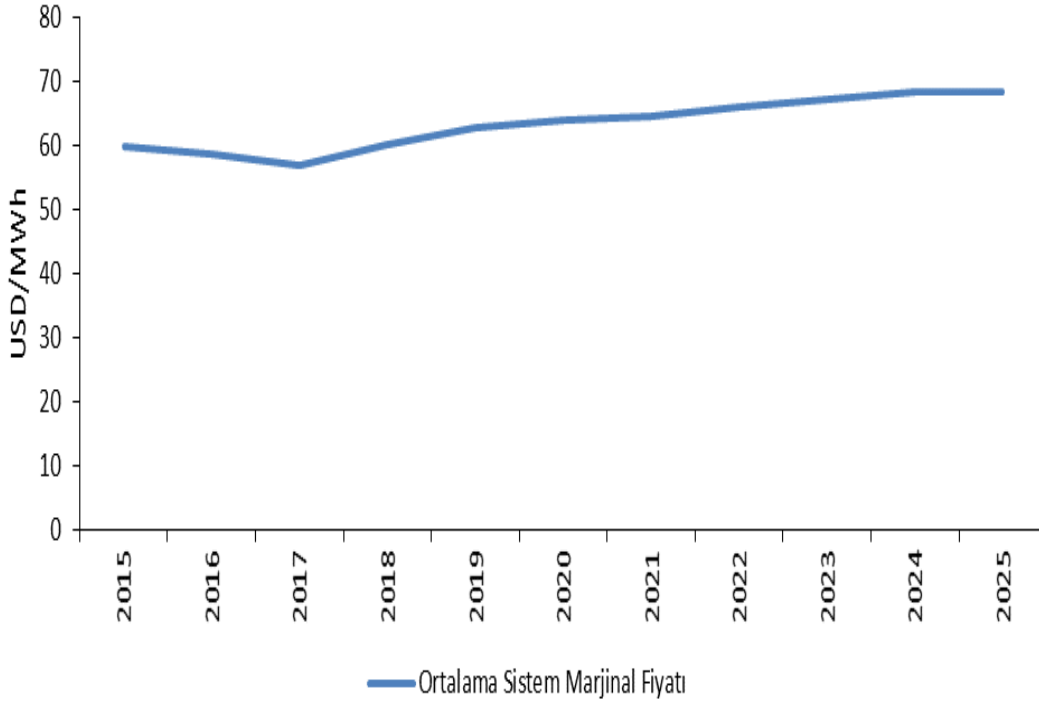
Şekil 5.60 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.

Şekil 5.61'de, 2023 yılı için öngörülen üretime, kaynak türlerinin gruplandırılmış şekilde katkı oranları yüzde olarak verilmiştir.



Şekil 5.61 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.

Çalışma kapsamında, kurulu güç gelişimi ve kaynakların üretime olan katkılarının değerlendirilmesi yanı sıra serbest piyasa fiyatlarının gelişimine ilişkin çalışma da yapılmış olup elde edilen serbest piyasa fiyat öngörülleri Şekil 5.62’de gösterilmektedir.



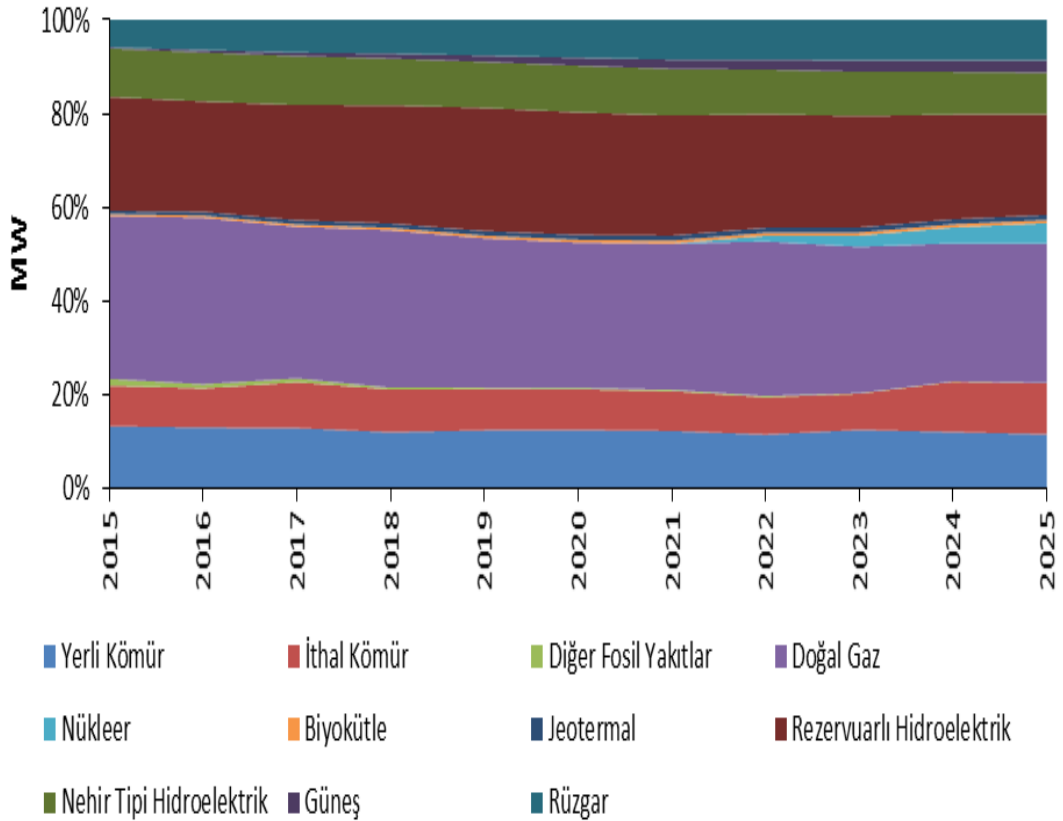
Şekil 5.62 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.

5.4.4.2 Senaryo 3 hâli için versiyon 2 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

Akkuyu NGS'nin ilk ünitesinin 2022'de devrede olmasına (Senaryo 3) ilişkin olarak, Versiyon 2 talep projeksiyonuna göre APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

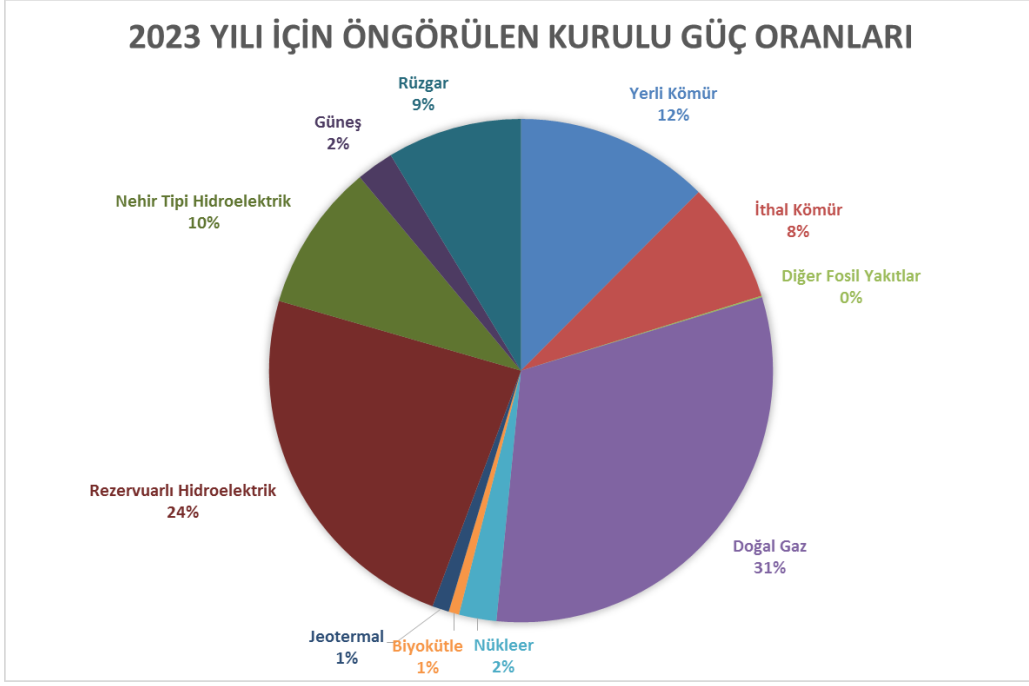
APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen veriler; kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak dağılımı, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı, 2015-2025 döneminde elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre yıllara göre dağılımı, 2023 yılında kaynak gruplarının elektrik enerjisi üretimine katkı oranları ve serbest piyasa fiyatlarının gelişimi olmak üzere 5 farklı grafik ile gösterilmiştir.

Şekil 5.63'de kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesel olarak gelişimi görülmektedir.



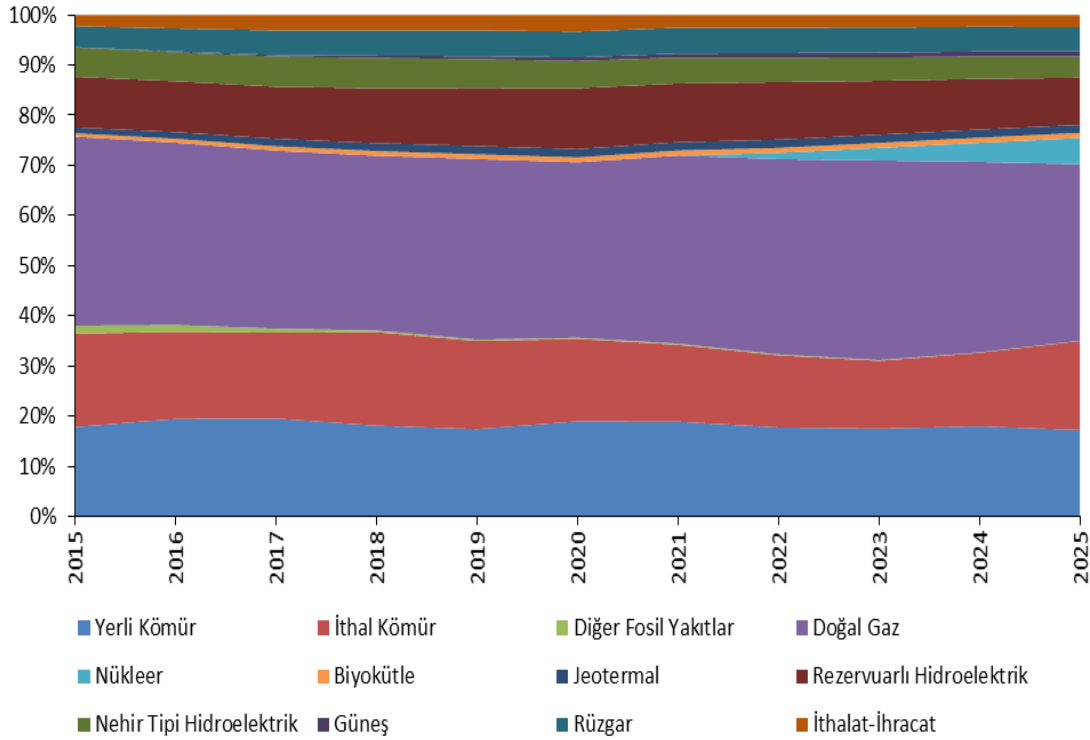
Şekil 5.63 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı.

Şekil 5.64'te, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı görülmektedir.



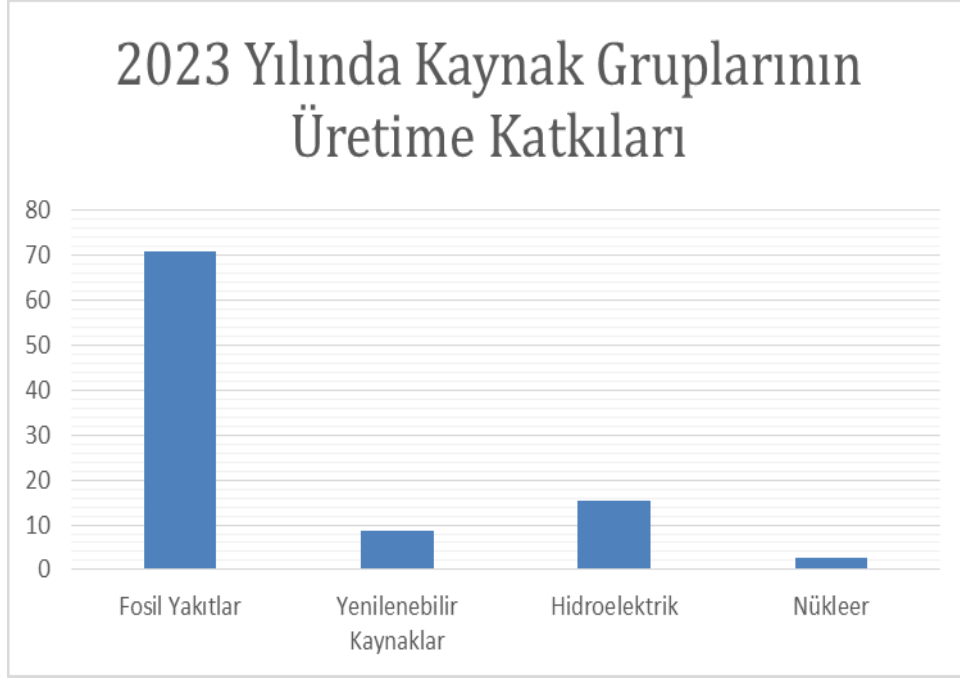
Şekil 5.64 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı.

Şekil 5.65’de ise, yukarıda belirtilen kurulu güçten elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi üretiminin, kaynak bazında dağılımı ve yıllar itibariyle değişimi verilmiştir.



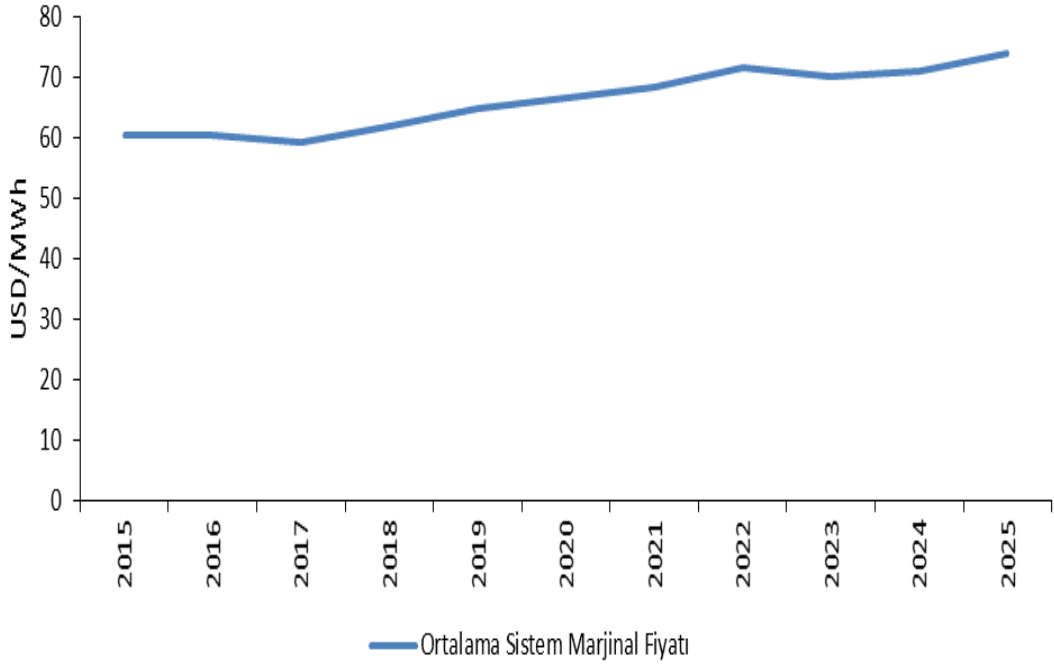
Şekil 5.65 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.

Şekil 5.66’da, 2023 yılı için öngörülen üretime, kaynak türlerinin gruplandırılmış şekilde katkı oranları yüzde olarak verilmiştir.



Şekil 5.66 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.

Çalışma kapsamında, kurulu güç gelişimi ve kaynakların üretime olan katkılarının değerlendirilmesi yanı sıra serbest piyasa fiyatlarının gelişimine ilişkin çalışma da yapılmış olup elde edilen serbest piyasa fiyat öngörülleri Şekil 5.67’de gösterilmektedir.



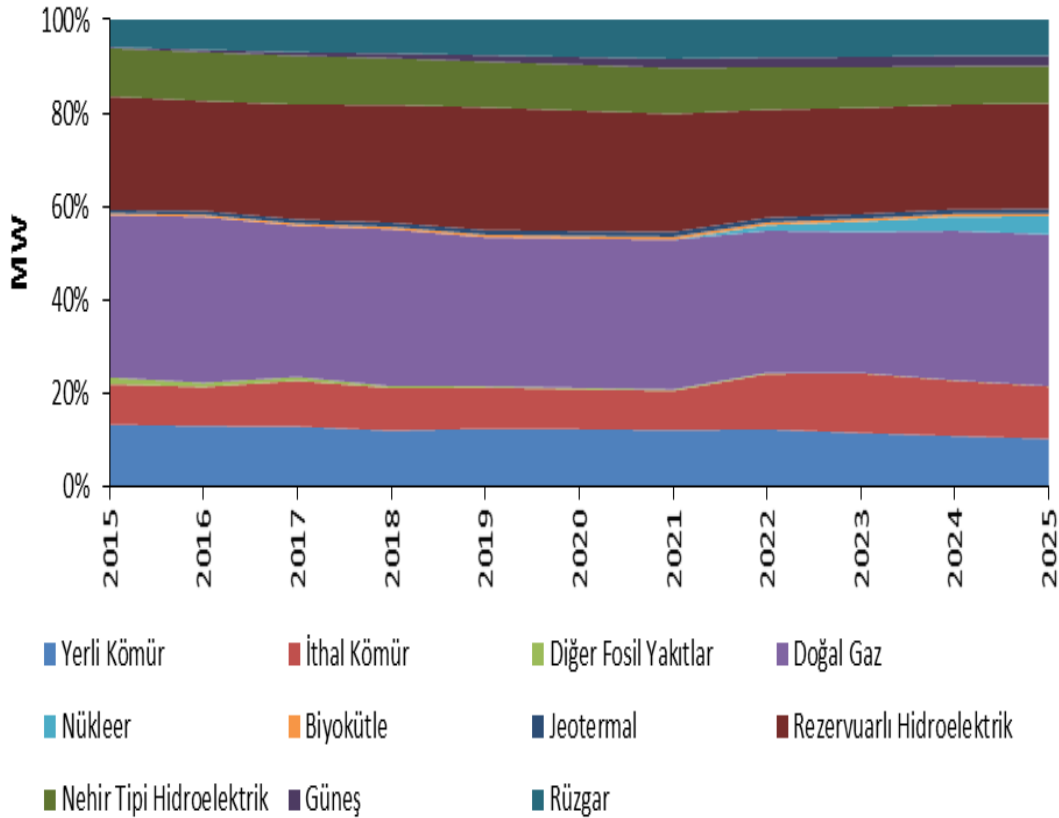
Şekil 5.67 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.

5.4.4.3 Senaryo 3 hâli için versiyon 3 talep projeksiyonuna göre APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçlar

Akkuyu NGS'nin ilk ünitesinin 2022'de devrede olmasına (Senaryo 3) ilişkin olarak, Versiyon 3 talep projeksiyonuna göre APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen sonuçlar aşağıda verilmektedir.

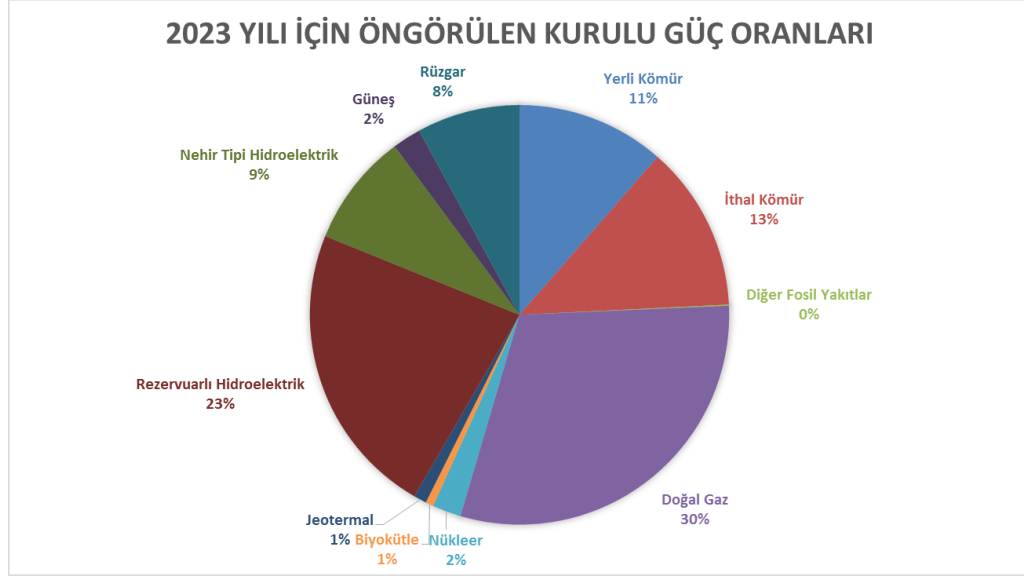
APLUS Bilgisayar programı ile elde edilen veriler; kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesele olarak dağılımı, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı, 2015-2025 döneminde elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre yıllara göre dağılımı, 2023 yılında kaynak gruplarının elektrik enerjisi üretimine katkı oranları ve serbest piyasa fiyatlarının gelişimi olmak üzere 5 farklı grafik ile gösterilmiştir.

Şekil 5.68'de kurulu gücün kaynak bazında 2015-2025 döneminde yüzdesele olarak gelişimi görülmektedir.



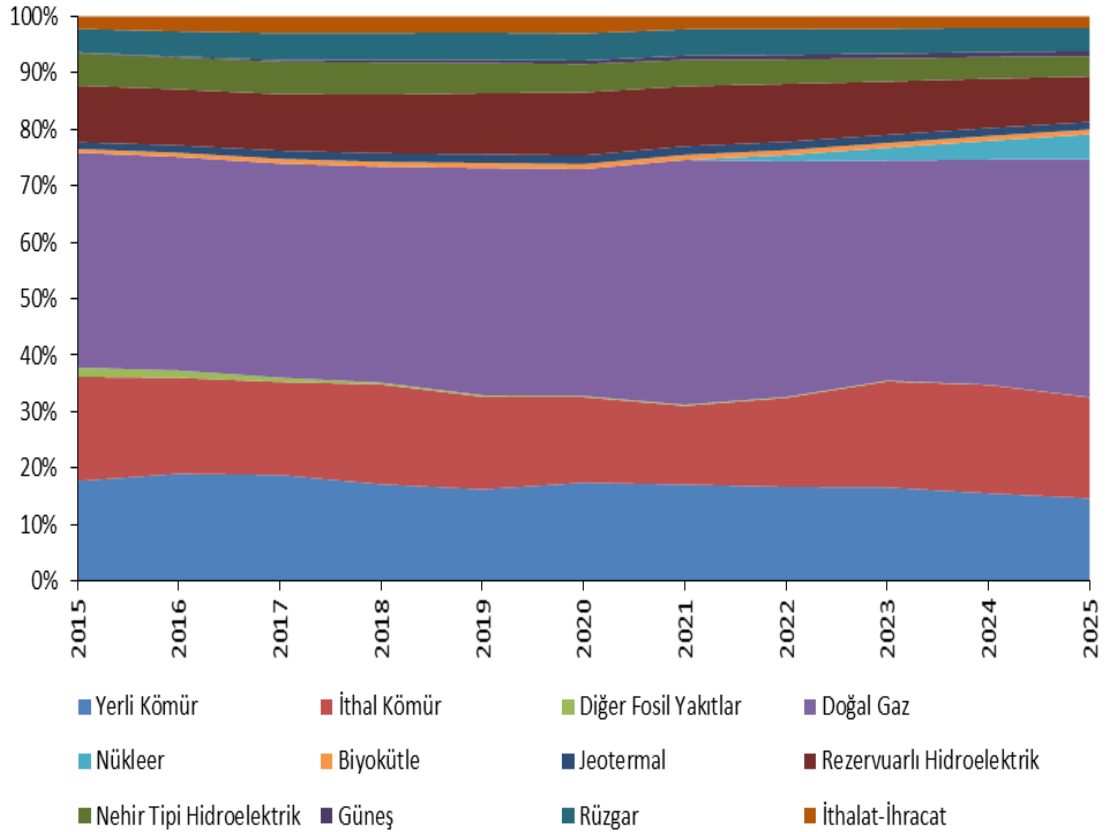
Şekil 5.68 : Kurulu gücün kaynak bazında yıllar itibariyle dağılımı.

Şekil 5.69'da, 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı görülmektedir.



Şekil 5.69 : 2023 yılı için öngörülen kurulu gücün kaynak bazında dağılımı.

Şekil 5.70’de ise, yukarıda belirtilen kurulu güçten elde edilmesi öngörülen elektrik enerjisi üretiminin, kaynak bazında dağılımı ve yıllar itibariyle değişimi verilmiştir.



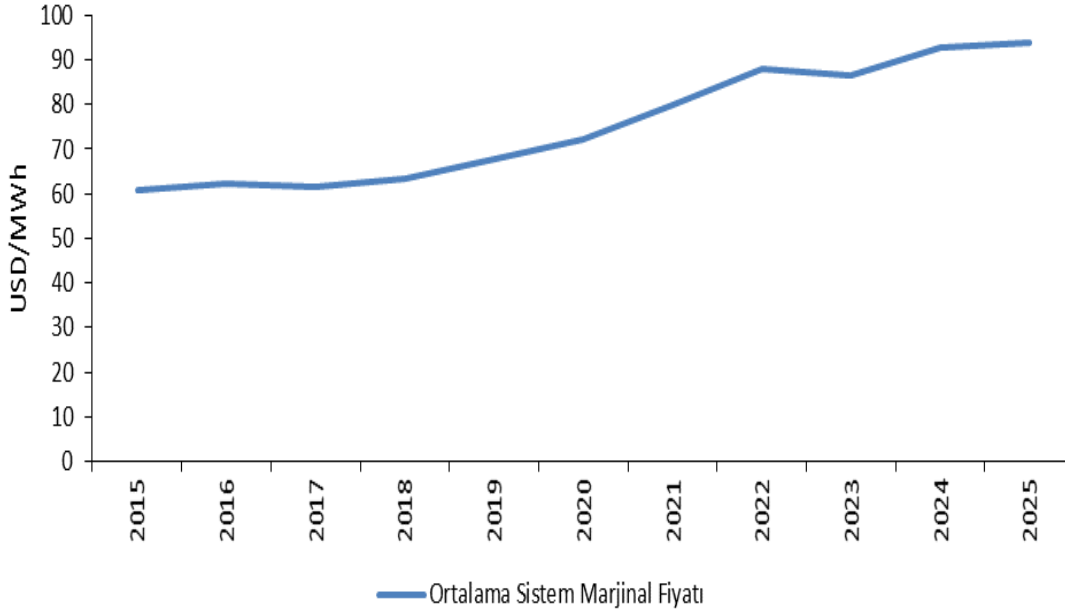
Şekil 5.70 : Elektrik enerjisi üretiminin yıllar itibariyle kaynaklara göre dağılımı.

Şekil 5.71’de, 2023 yılı için öngörülen üretime, kaynak türlerinin gruplandırılmış şekilde katkı oranları yüzde olarak verilmiştir.



Şekil 5.71 : 2023 yılında kaynak gruplarının üretime katkıları.

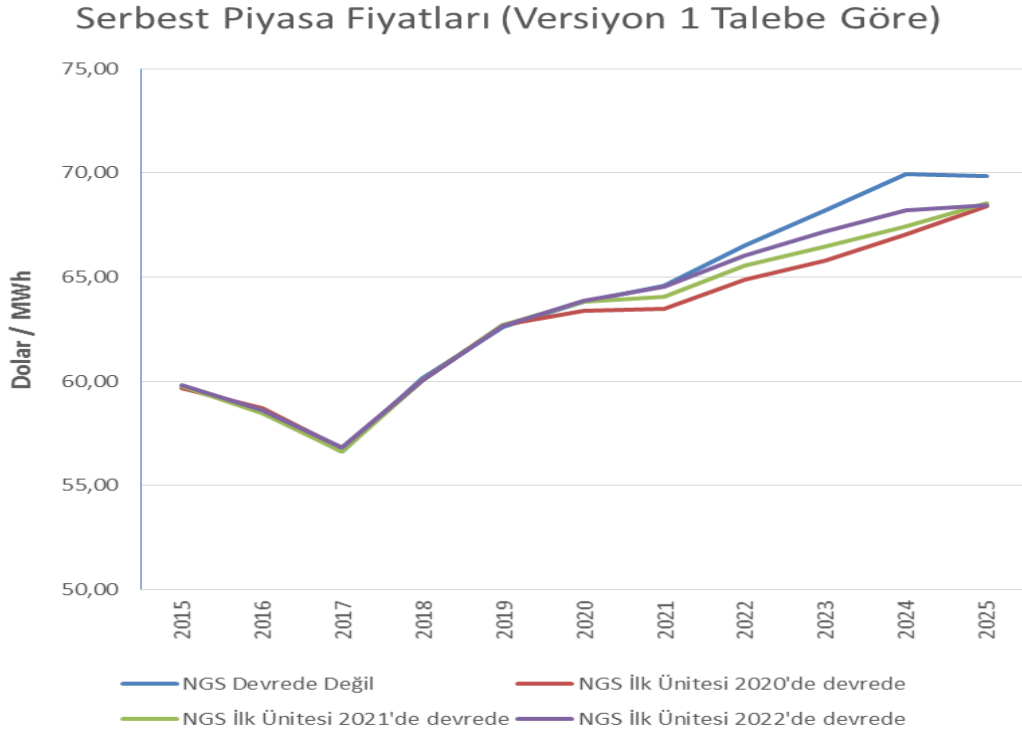
Çalışma kapsamında, kurulu güç gelişimi ve kaynakların üretime olan katkılarının değerlendirilmesi yanı sıra serbest piyasa fiyatlarının gelişimine ilişkin çalışma da yapılmış olup elde edilen serbest piyasa fiyat öngörülleri Şekil 5.72’de gösterilmektedir.



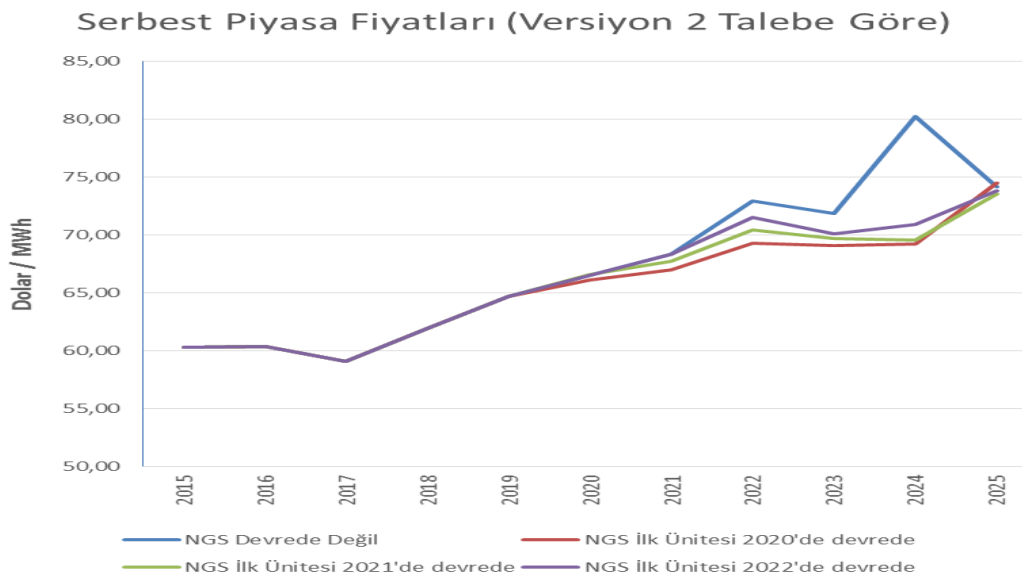
Şekil 5.72 : Serbest piyasa fiyatlarının gelişimi.

5.4.5 APLUS bilgisayar programı ile ulaşılan sonuçların değerlendirilmesi

Talep versiyonları itibariyle serbest piyasa fiyatlarının gelişimi Şekil 5.73-74 ve 75’de gösterilmektedir.



Şekil 5.73 : Versiyon 1 talebe göre serbest piyasa fiyatları.

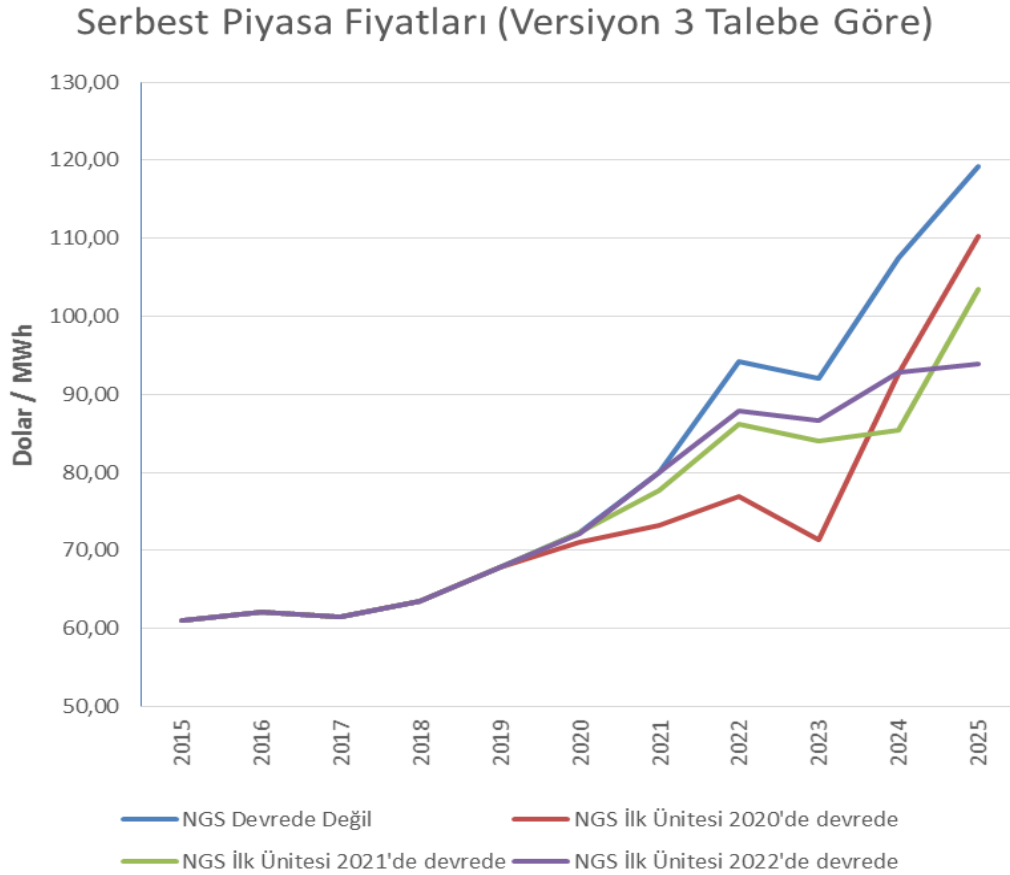


Şekil 5.74 : Versiyon 2 talebe göre serbest piyasa fiyatları.

Şekil 5.73 ve Şekil 5.74’teki grafiklerde de görüldüğü gibi 2015 ile 2017’ye dek olan sürede piyasa fiyatlarının düşüş eğilimi gösterirken daha sonra artan bir grafik

çizmektedir. Öngörülen düşüş ve sonrasındaki artış, aslında tamamen modellemede gerçeğe yakın yaklaşım uygulanarak oyun teorisinin esas alınmasına dayanmaktadır. Son dönemde giderek artan kurulu güç ve 2015-2016 da işletmeye alınması beklenen tesisler ile Türkiye enerji arzında fazlalık olması beklenmektedir. Yani arzdaki artışın talepten daha fazla olması öngörülmektedir. Böyle bir senaryo, rekabete dayalı piyasa ekonomisi gereği fiyatların belli bir süre düşmesi anlamına gelmektedir. Ancak bu düşüş, aynı zamanda projelerin kar marjlarını düşürdüğü için yatırımlarda belli bir duraklama dönemi oluşmasına sebep olacak gibi görünmektedir. Belli bir süre yatırımlarda duraksama görülmesi ile talebin arza yetiyeceği ve fiyatların tekrar artan bir grafik izleyeceği beklenmektedir.

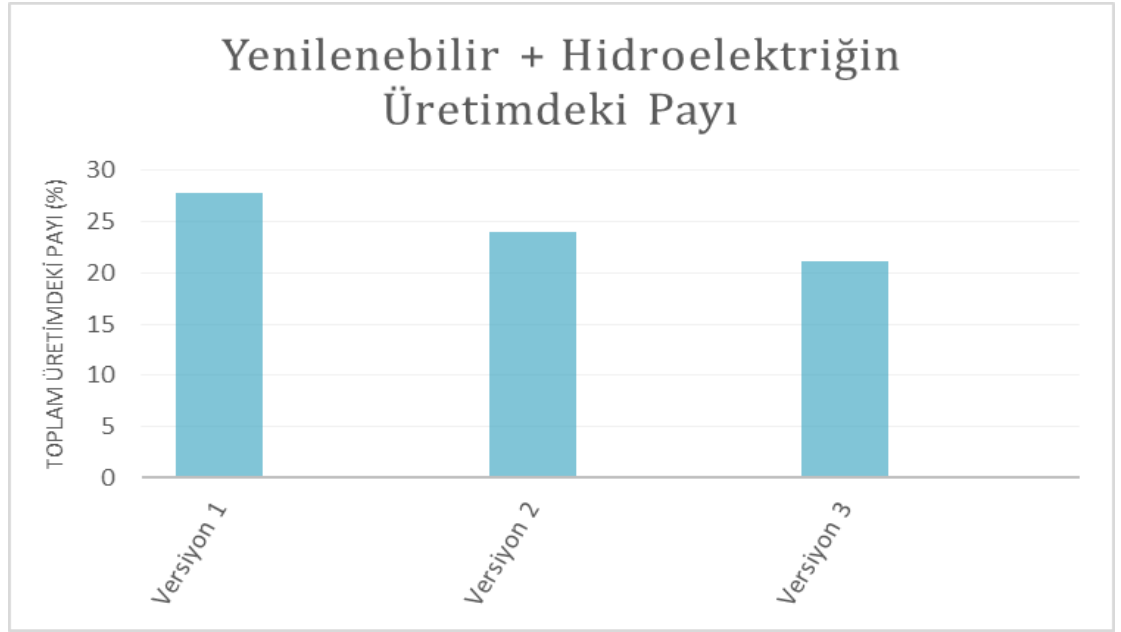
Ayrıca söz konusu grafikler incelendiğinde, NGS'nin ilk ünitesinin 2020'de devreye girdiği senaryolarda fiyatların minimumda seyrettiği görülmektedir. Ek olarak, nükleerin hiç devreye alınmadığı durumlarda fiyatların tavan yaptığı görülmektedir.



Şekil 5.75 : Versiyon 3 talebe göre serbest piyasa fiyatları.

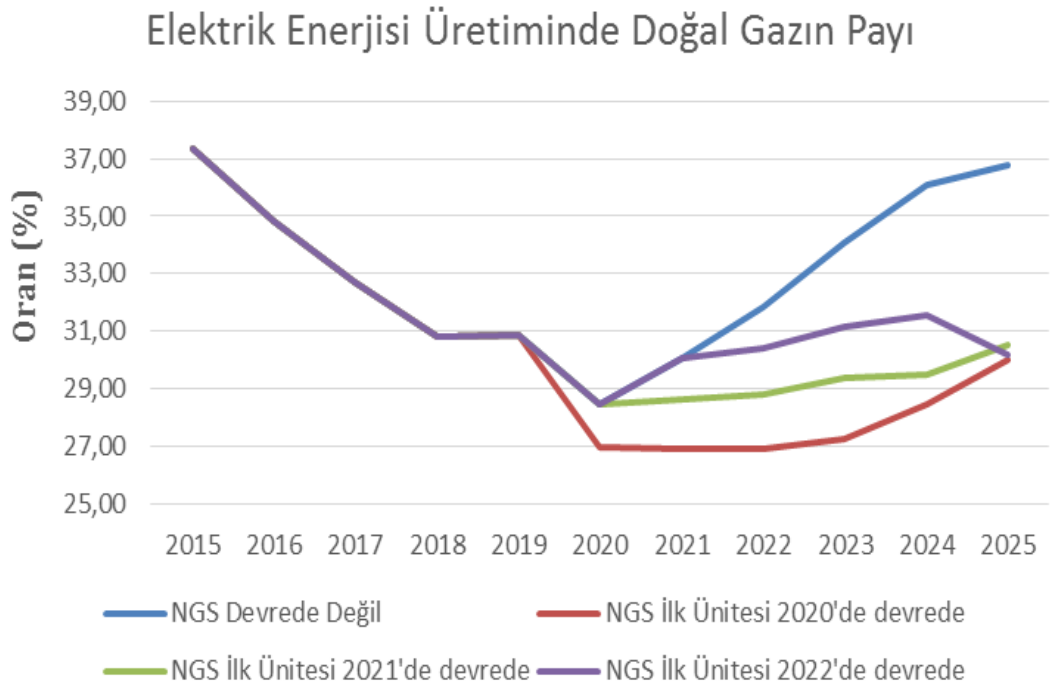
Şekil 5.76'da, 2023 yılında öngörülen elektrik enerjisi üretiminin yenilebilir ve hidroelektrikten karşılanma oranları, değişen talep versiyonlarına göre verilmiştir.

2023 yılı için konulan % 30'luk yenilenebilir payına, düşük talep versiyonunda (Versiyon 1) yaklaşıldığı görülmektedir.

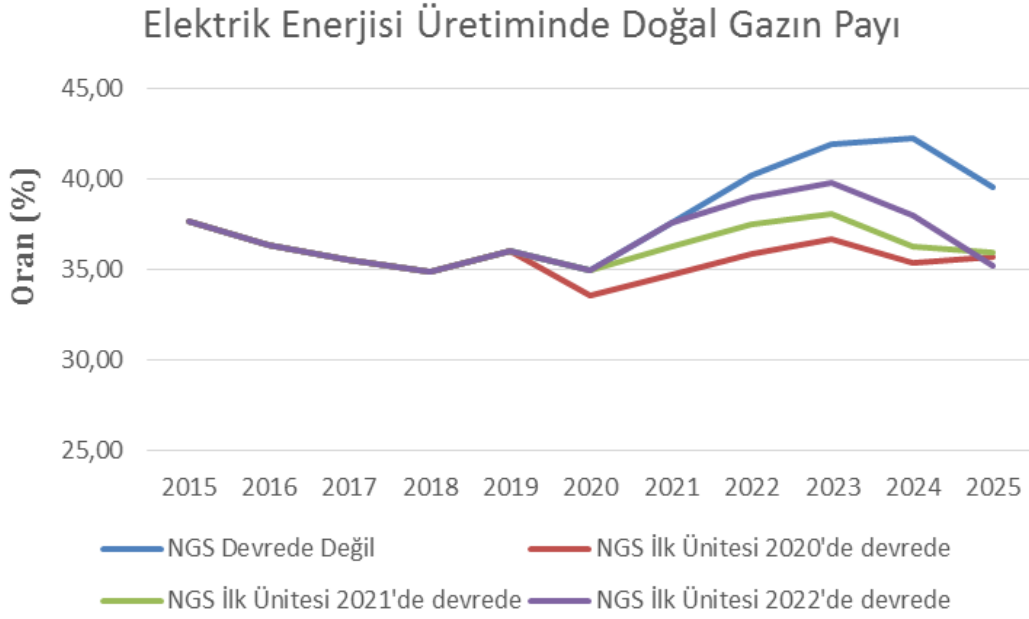


Şekil 5.76 : Talep versiyonlarına göre yenilenebilir ve hidroelektriğin toplam payı.

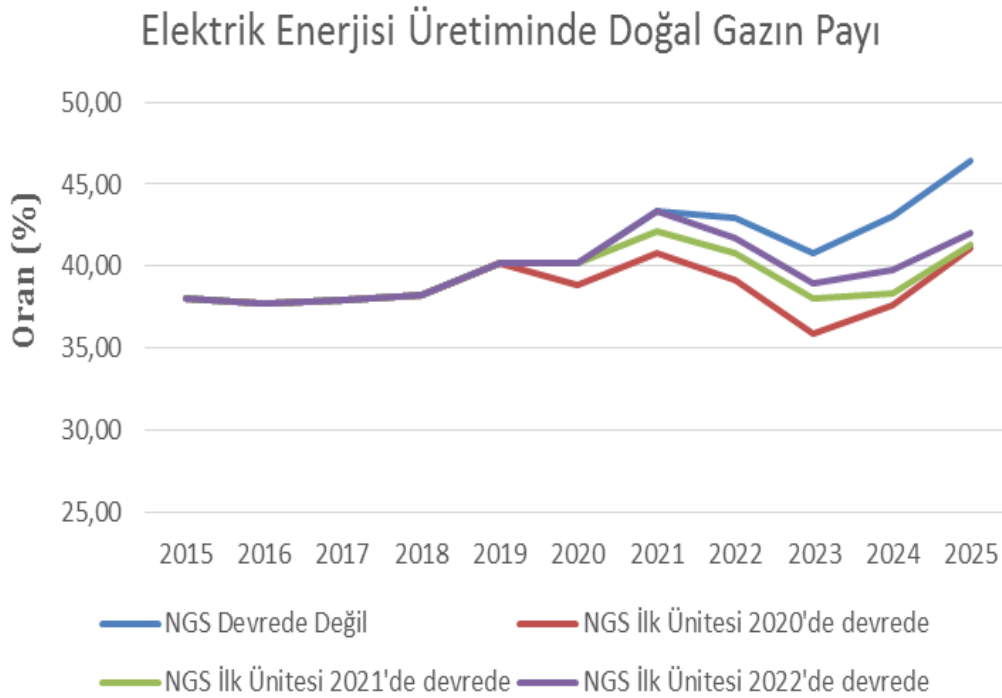
2023 yılı için belirlenen hedeflerden olan doğalgazın üretimdeki payının % 30'a çekilmesine ilişkin olarak, 2023 yılındaki öngörülen üretimin doğalgazdan karşılanma oranları versiyonlara göre Şekil 5.77-78 ve 79'da verilmektedir.



Şekil 5.77 : Versiyon 1 talep projeksiyonuna göre doğal gazın payı.



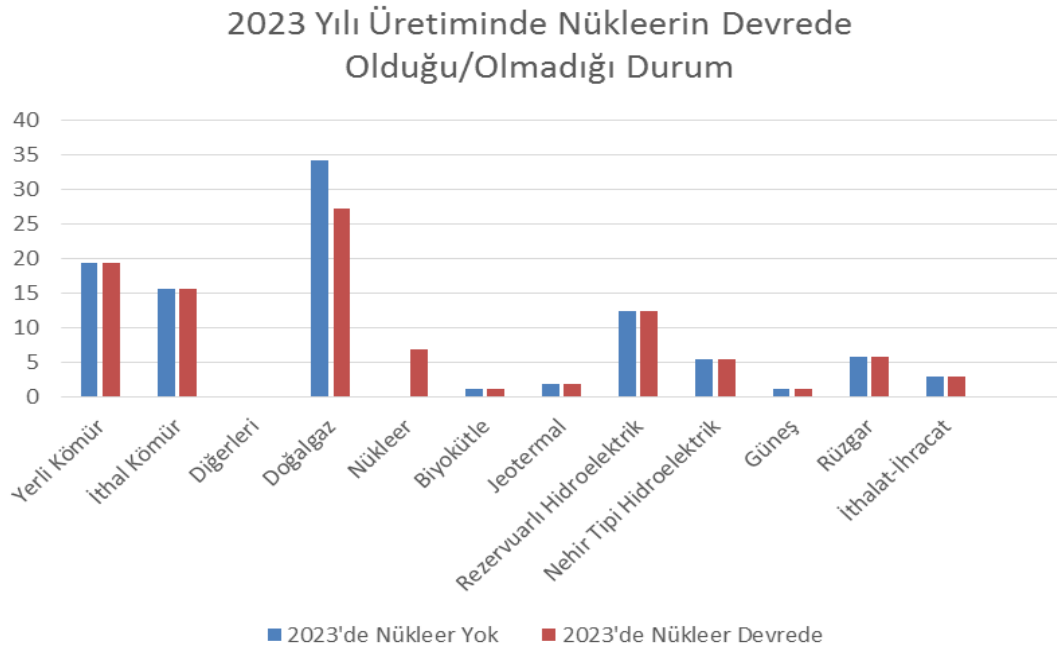
Şekil 5.78 : Versiyon 2 talep projeksiyonuna göre doğal gazın payı.



Şekil 5.79 : Versiyon 3 talep projeksiyonuna göre doğal gazın payı.

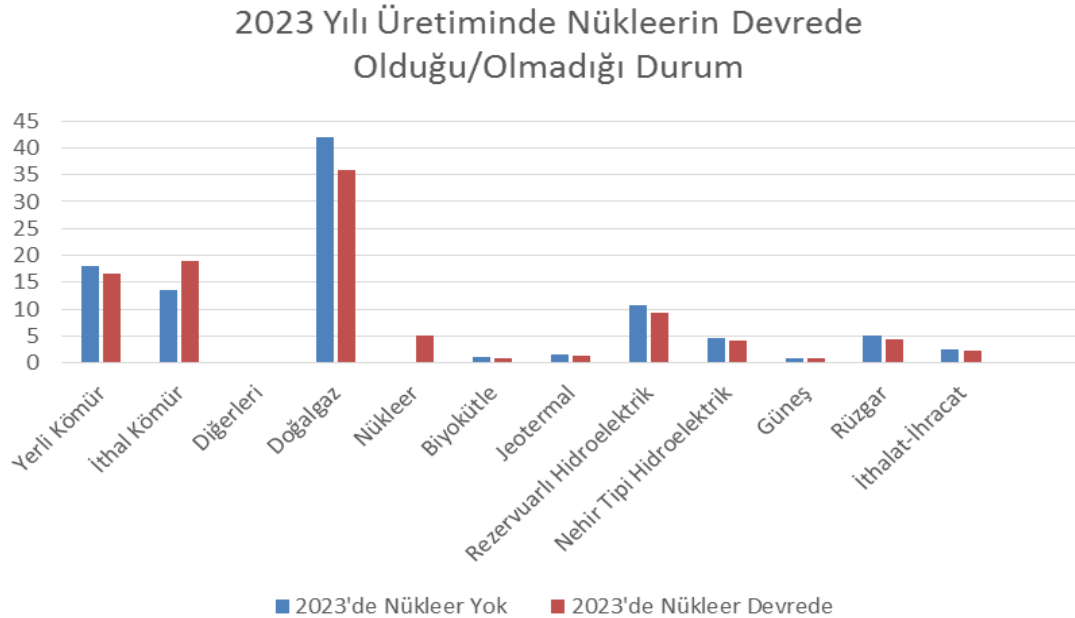
Yukarıda verilen sonuçlar incelendiğinde nükleerın doğalgaza önemli oranda etki ettiği görölmektedir. İşletme maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda, nükleer reaktörlerin kurulması durumunda doğalgaza dayalı tesislerin yüksek işletme maliyetleri dolayısıyla tercih edilmeyeceği görölmektedir. Ayrıca tersinir olarak da yorumlanabileceği üzere nükleer santrallerin yapılamaması durumunda oluşın

ana olarak doğalgazdan karşılandığı söylenebilmektedir. Şekil 5.80-81 ve 82’de buna ilişkin daha detaylı bilgiler verilmektedir.



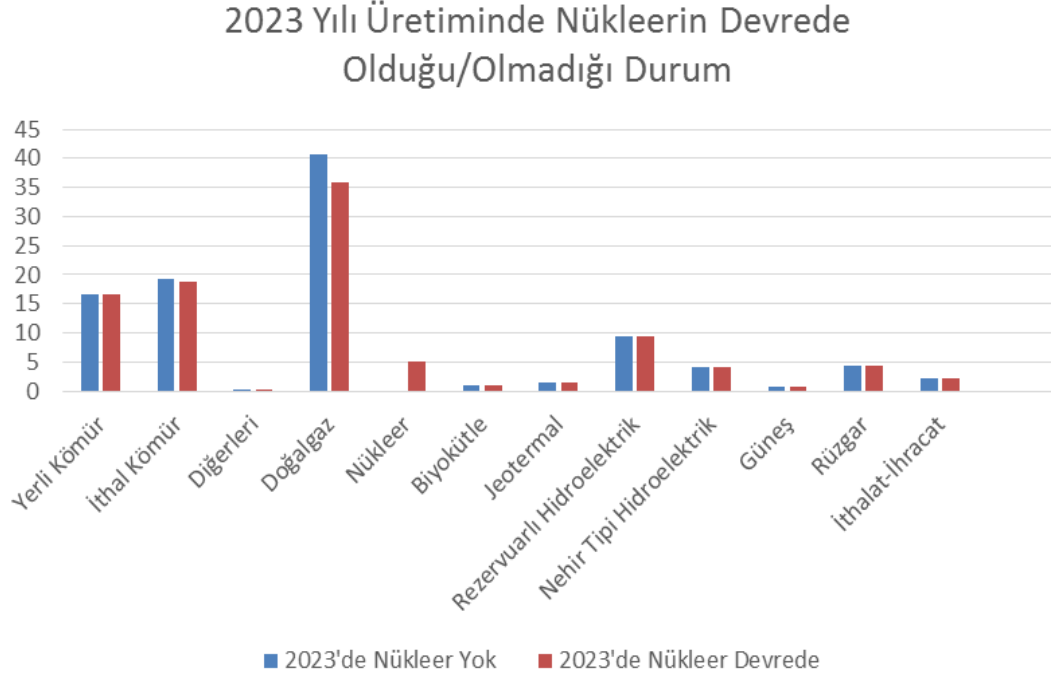
Şekil 5.80 : Versiyon 1 talebe göre nükleerin olduğu / olmadığı durum.

Yukarıdaki grafiğe göre, Versiyon 1 talep projeksiyonuna göre nükleerin piyasada yer almadığı durumda oluşan açığın doğalgaz ile ikame edildiği görülmektedir.



Şekil 5.81 : Versiyon 2 talebe göre nükleerin olduğu / olmadığı durum.

Yukarıdaki grafiğe göre, Versiyon 2 talep projeksiyonuna göre nükleer piyasada yer almadığı durumda oluşan açığın büyük oranda doğalgaz ve kalanının ise yerli kömür ile ikame edildiği görülmektedir.



Şekil 5.82 : Versiyon 3 talebe göre nükleer olduğu / olmadığı durum.

Yukarıdaki grafiğe göre, Versiyon 3 talep projeksiyonuna göre nükleer piyasada yer almadığı durumda oluşan açığın büyük oranda doğalgaz ve kalanının ise yerli kömür ve ithal kömür ile ikame edildiği görülmektedir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu Yüksek Lisans tezinde öncelikle Türkiye Enerji Piyasası ve dinamikleri üzerinde durulmuş ve enerji piyasasını etkileyen argümanlar (ekonomi, çevre, sürdürülebilir kalkınma, teknoloji ve politikalar) tanıtılmıştır. Burada, emre amade enerji santrallerinin enerji piyasası için önemi vurgulanmış ve enerji piyasası hareketleriyle birlikte incelenmiştir.

Emre amade ve yüksek güçte kurulabilen, kapasite faktörü yüksek, günümüzde kendini kanıtlamış ve konvansiyonel nitelemesi kazanmış nükleer santraller tanıtılmış ve bu santrallara ilişkin, hem kendi türü içerisinde hem de farklı kaynaklara dayalı santraller ile mukayese edilerek değerlendirmeler yapılmıştır. Bu bağlamda, nükleer güç santrallerinin enerji piyasasındaki yeri ve önemi belirtilmiştir.

Nükleer güç santrallerinin Türkiye elektrik piyasasına etkisinin incelenmesi, bu yüksek lisans tezinin ana hedeflerinden biridir. Bu amaçla, Türkiye Elektrik Piyasası'nın modellenmesine yönelik olarak geliştirilmiş olan APLUS Bilgisayar programı ile çalışılması benimsenmiştir. Farklı değerlendirmeleri yapabilen gelişkin bir bilgisayar programı olan APLUS Bilgisayar programı ile farklı şartlar için değerlendirmeler yapılması için bir dizi çalışma gerçekleştirilmiştir.

Türkiye'de geleceğe yönelik, üç farklı yerde üç nükleer güç santralının kurulması projeleri söz konusu olmakla beraber, yakın gelecekte ve Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşunun 100. Yılı olan 2023 yılında devreye girmesi söz konusu olabilecek santral Akkuyu Nükleer Güç Santralıdır. Anlaşmaları imzalanmış ve ilgili çalışmalara başlanmış nükleer güç santralı olan ve VVER-1200 tipi 4 üniteden oluşacak Akkuyu nükleer güç santralının enerji piyasalarına etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir.

İncelemenin yapılabilmesi için öncelikle 3 farklı talep projeksiyonu oluşturulması yoluna gidilmiştir. Böylelikle, Türkiye'nin farklı elektrik enerjisi tüketimine ilişkin 3 Versiyon oluşturulmuştur. Versiyonlar oluşturulurken 2023 yılı için farklı enerji tüketim miktarları göz önüne alınmıştır. Versiyon 1, Versiyon 2 ve Versiyon 3 için

ülke enerji tüketim miktarlarının sırasıyla; 379 milyar kWh, 439 milyar kWh ve 500 milyar kWh olacağı öngörülmüştür.

Öncelikle, nükleer santrallerin devreye girmemesi (veya girememesi) hali ele alınmış ve farklı enerji tüketim miktarları, bir başka deyişle, Versiyon 1, Versiyon 2 ve Versiyon 3 için durumun ne olacağını belirlemek için çalışılmıştır. Bu amaçla, APLUS Programı çalıştırılmış ve 3 farklı Versiyon için sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 5.13 - Şekil 5.27)

Ayrıca, nükleer santral ünitelerinin devreye alınmasında gecikmelerin olabileceği düşünülerek 3 farklı Senaryo hazırlanmıştır. Senaryo 1’de; ilk ünitenin 2020 yılında % 50 kapasite faktörüyle devreye alınacağı ve takip eden her yılda kapasite faktörünün yükseleceği ve dördüncü yılda % 80 kapasite faktörüne ulaşılacağı düşünülmüştür. Fazla olarak, 2020 yılını takip eden her yılda da yeni bir ünitenin devreye yine benzer kademeli kapasite faktörü değerleriyle gireceği düşünülmüştür (Çizelge 5.4 - Çizelge 5.5). Bu senaryo, “İyimser Senaryo” olarak nitelenmiştir.

Senaryo 2’de; ilk ünitenin 2021 yılında % 50 kapasite faktörüyle devreye alınacağı ve takip eden her yılda kapasite faktörünün yükseleceği ve dördüncü yılda % 80 kapasite faktörüne ulaşılacağı düşünülmüştür. Fazla olarak, 2021 yılını takip eden her yılda da yeni bir ünitenin devreye yine benzer kademeli kapasite faktörü değerleriyle gireceği düşünülmüştür (Çizelge 5.6 - Çizelge 5.7). Bu senaryo, “Gerçekçi Senaryo” olarak nitelenmiştir.

Senaryo 3’de; ilk ünitenin 2022 yılında % 50 kapasite faktörüyle devreye alınacağı ve takip eden her yılda kapasite faktörünün yükseleceği ve dördüncü yılda % 80 kapasite faktörüne ulaşılacağı düşünülmüştür. Fazla olarak, 2022 yılını takip eden her yılda da yeni bir ünitenin devreye yine benzer kademeli kapasite faktörü değerleriyle gireceği düşünülmüştür (Çizelge 5.8 - Çizelge 5.9). Bu senaryo, “Kötümser Senaryo” olarak nitelenmiştir.

Akkuyu nükleer güç santrallerinin devreye alınmasına ilişkin söz konusu 3 Senaryo ve 3 elektrik enerjisi tüketim veriyonu için permütasyonel şartlarla APLUS Bilgisayar Programı ile çalışılmış ve sonuçlara ulaşılmıştır. Böylelikle 12 farklı hal için neticeler alınmıştır.

Senaryo 1/ Versiyon 1 için ulaşılan sonuçlar Şekil 5.28-Şekil 5.32’de, Senaryo 1/ Versiyon 2 için ulaşılan sonuçlar Şekil 5.33-Şekil 5.37’de ve Senaryo 1/ Versiyon 3 için ulaşılan sonuçlar Şekil 5.38-Şekil 5.42’de verilmiştir.

Senaryo 2/ Versiyon 1 için ulaşılan sonuçlar Şekil 5.43-Şekil 5.47’de, Senaryo 2/ Versiyon 2 için ulaşılan sonuçlar Şekil 5.48-Şekil 5.52’de ve Senaryo 2/ Versiyon 3 için ulaşılan sonuçlar Şekil 5.53-Şekil 5.57’de verilmiştir.

Senaryo 3/ Versiyon 1 için ulaşılan sonuçlar Şekil 5.58-Şekil 5.62’de, Senaryo 3/ Versiyon 2 için ulaşılan sonuçlar Şekil 5.63-Şekil 5.67’de ve Senaryo 3/ Versiyon 3 için ulaşılan sonuçlar Şekil 5.68-Şekil 5.72’de verilmiştir.

APLUS Bilgisayar Programı ile ulaşılan sonuçlar, değerlendirilme için nükleer güç santrallarının devreye girememesi hâli (güvenlik kaygıları, beklenmedik engeller vb. sebepler dolayısıyla projenin hayata geçirilmediği ve 2023 yılına dek Türkiye Enerji Piyasası karışımında nükleer enerjinin yer almadığı durum) ile birlikte göz önüne alınmıştır. Öncelikle; Versiyon 1, Versiyon 2 ve Versiyon 3 elektrik enerjisi taleplerine göre mukayese yapılmış ve “Serbest Piyasa Fiyatları” bağlamında mukayeseli grafikler çizilmiştir (Şekil 5.73 - Şekil 5.75). Her 3 versiyon için de en uygun çözümün Senaryo 1’in oluşturduğu görülmüştür. Bu durum beklenti doğrultusunda olup, nükleer santralların erken devreye girmesinin önemini vurgulamaktadır.

Ancak, Versiyon 3, bir başka deyişle yüksek elektrik tüketimli şartlarda, Senaryo 1’de 2023’den sonra yükselme kendini bariz olarak göstermektedir (Şekil 5.75). 2023 yılı Senaryo 1 için 4. ünitenin de devreye girdiği, bu yıldan sonra yeni ünitenin girmeyeceği yıl olmaktadır. Bu da göstermektedir ki; özellikle yüksek elektrik tüketimli şartlarda, Akkuyu santrallarından sonra yeni büyük güçlü santralların devreye girmesi gerekmektedir. Bir başka deyişle, örneğin; Sinop Nükleer Güç Santralının devreye girmesinin gerekliliği kendini göstermektedir.

Nükleer santralların devreye girmesine ilişkin Senaryolarımız ve elektrik tüketimine ilişkin Versiyonlarımızla, nükleer santralin yer almaması durumuyla birlikte Versiyon 1, Versiyon 2 ve Versiyon 3 şartları için doğal gazın elektrik üretimindeki payının değişimi incelenmiştir (Şekil 5.77 – Şekil 5.79). Her 3 Versiyon için de Senaryolarımız çerçevesinde doğal gazın payının düştüğü, ancak nükleer santral ünitelerinin devreye girmesinden sonra tekrar yükselme gösterdiği görülmektedir. Burada da görülmektedir ki; yine özellikle 2025 yılından sonra büyük güçlü santralların devreye girmesi

gerekmektedir. Dolayısıyla, doğal gazın payının yükselmesi istenmiyorsa, Sinop Nükleer Güç Santralının devreye girmesi gerekmektedir.

Ayrıca, 2023 yılı için nükleer güç santrallarının olduğu ve olmadığı hal için Versiyon 1, Versiyon 2 ve Versiyon 3 şartlarında diğer enerji kaynaklarındaki durum incelenmiştir (Şekil 5.80 - Şekil 5.82). Buradaki sonuçlardan görülmektedir ki; nükleer santralların piyasada yer almadığı durumda, oluşan açığın önemli ölçüde doğalgaz ve bir kısmının da yerli kömür ve ithal kömür ile ikame edilmesi söz konusu olmaktadır. Bir başka deyişle, daha çok ithal kaynaklarla giderilme söz konusu olacaktır. Dolayısı ile Türkiye'nin önemli sorunu olan cari açık sorunu daha da önem kazanacaktır.

Yapılan bu çalışma ile; Akkuyu Nükleer Güç Santralının devreye girmesi veya girmemesi durumunda oluşacak durumların rasyonel şekilde incelemesi yapılmıştır. Ulaşılan özgün sonuçlar çerçevesinde öz olarak denebilir ki; nükleer güç santrallarının devreye girmesi doğal gaz ve kömür ithalatını bir miktar azaltacak, ancak, santral ünitelerinin devreye girmesi tamamlandıktan sonra, artan talep beğlamında yine ithalatın yükselmesi söz konusu olacaktır. Bunu önlemek için de diğer bir nükleer santralin, örneğin; Sinop nükleer santralının devreye girmesi gerekecektir. Dolayısı ile sadece Akkuyu nükleer santralının değil, arka arkaya devreye girecek şekilde diğer nükleer santralların da planlanması ve hayata geçirilmesi bir zorunluluk olarak kendini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- AB Bakanlığı** (2014). Avrupa Birliği Sürecinde Enerji Faslı”. T.C. Avrupa Birliği Bakanlığı, Ankara, s. 36-38.
- Accenture** (2013). Türkiye Elektrik Piyasası - Türkiye Elektrik Piyasası’nda Elektrik Ticareti. Accent Türkiye, Enerji ve Tabii Kaynaklar Birimi Raporu, s.3.
- Akçollu, Y.** (2009). Türkiye Doğalgaz Piyasasında Liberalizasyon ve Yaşanan Son Gelişmelerin Değerlendirilmesi. Ingas 2009 Sunumu, İstanbul, 9-10 Haziran 2009, s.14-16.
- Akkuyu NGS A.Ş.** (2011). Akkuyu Nükleer Güç Santrali Projesi Çevresel Etki Değerlendirme Başvuru Dosyası. Ankara, s.13-15.
- Altın, V.** (2007). Yeni Ufuklara 4. Nesil Nükleer Santraller. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, Aralık 2007 Sayısı Eki, s.2-7.
- APLUS** (2015). AVIEW-MarketSim Fundamental Energy Price Forecast Model. APLUS Energy Investment Technology Consultancy, İstanbul.
- Atıyas, İ.** (2006). Elektrik Sektörünün Yeniden Yapılanması Sürecinde Dağıtım Faaliyetlerinde Dikey Ayırıştırma. Sabancı Üniversitesi, İstanbul, 18 Nisan 2006, s.3-5.
- Başaran, M.** (2011). Termik Santrallerde Verimlilik Çalışmaları ve Kazanımlar. Mühendislik ve Makine Dergisi, Cilt:52, Sayı: 617, s.116-122.
- BM** (1996). Second International Conference on Human Settlements (Habitat II). İstanbul: UN.
- Bodansky, D.** (2004). Nuclear Energy: Principles, Practices, and Prospects. Springer-Verlag, USA, 2004, s.50.
- Boşça, S.** (2009). Yenilenebilir Enerji Sektöründe Mevzuat Değişikliklerinin Yatırımlara Etkisi Ve Hukuki Uyuşmazlıklar. Hukuk Gündemi Dergisi, 2009-3 Sayısı, s.21-24.
- Deloitte** (2014). 10 Kritik Konu - Serbestleşme Yolunda Perakende Elektrik Ticareti. Deloitte, Şubat 2014, s.4-8.
- Dinwiddie, R., Sparrow, G.** ve diğ. (2011). Science: The Definitive Visual Guide. DK Publishing, USA, 19 Eylül 2009, s.298.
- DPT** (1984). Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planı 1985-1989. T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Yayın No: DPT 1974, Ankara, s.197.
- EPDK** (2009). Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği. Resmi Gazete, 14 Nisan 2009, Sayı: 27200.
- EPDK** (2014a). Doğal Gaz Piyasası 2013 yılı Sektör Raporu. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara.

- EPDK** (2014b). Elektrik Piyasası 2013 yılı Piyasa Gelişim Raporu. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara.
- EPDK** (2015). Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi Ana Sözleşmesi. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara.
- Erdoğan, A.** (t.y.). Nükleer Reaktör Tipleri Sunumu. TAEK, Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Erişim Tarihi: 24.04.2015, s.8-10.
- ETKB** (2013). 2014 Yılı Bütçe Sunumu. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı, Ankara, 14 Kasım 2013, s.13-20.
- ETKB** (2014). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2015-2019 Stratejik Planı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, s.18-34.
- FMO** (2011). TMMOB Fizik Mühendisleri Odası - Nükleer Enerji Raporu 2011. Fizik Mühendisleri Odası, Ankara, Aralık 2011, s.21-22.
- GEKA** (2012). Enerji Sektörü Raporu. Güney Ege Kalkınma Ajansı, Eylül 2012, s.82.
- Gözen, M.** (2014). SOLAREX - Güneş Enerjisine Dayalı Lisanssız Elektrik Üretimi Sunumu. EPDK, İstanbul, 11 Nisan 2014, s.9-20.
- Hochreiter, L.E. ve Robinson, G.E.** (2007). Nuclear Engineering 430 - Elements of Nuclear Reactor Design. The Pennsylvania State University, Lecture Notes Fall 2007, s.2-14.
- IAEA** (2005). Assessment and Management of Ageing of Major Nuclear Power Plant Components Important to Safety: BWR pressure vessel internals. International Atomic Energy Agency, IAEA-TECDOC-1471, October 2005, s.12.
- IAEA** (2011). Advanced Pressurized Water Reactor Simulator User Manual. Cassiopeia Technologies Inc. Canada, October 2011, s.22-23.
- IEA** (2005). Energy Market Experience - Lessons from Liberalised Electricity Markets. OECD / International Energy Agency, France, 2005, s.171-213.
- Kibaroğlu, M.** (1997). Turkey's Quest For Peaceful Nuclear Power. The Nonproliferation Review, Spring-Summer 1997, 33-41.
- Kumbaroğlu, G.** (2012). Nükleer Enerjiye Geçişte Türkiye Modeli – Bölüm 3: Türkiye Açısından Nükleer Enerji Ekonomisi. Ekonomi ve Dış Politika Araştırma Merkezi, 2012, s.84-105.
- Linares, P. ve Conchado, A.** (2013). The Economics of new nuclear power plants in liberalized electricity markets. Elsevier B.V. – Energy Economics, 2013, s.2.
- NEPUD** (2013). Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale İlişkin Bilgiler. ETKB - Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Başkanlığı, Yayın:1, 2013.
- OECD/NEA** (2000). Nuclear Development - Reduction of Capital Costs of Nuclear Power Plants. OECD, France, 2000, s.24-29.
- Palabıyık, H., Yavaş, H. ve Aydın, M.** (2010). Nükleer Enerji ve Sosyal Kabul. USAK Yayınları, Sosyoloji Dizisi, Ankara, Mayıs 2010, s. 108.

- Pamir, N.** (2010). Türkiye'nin 2023 Enerji Hedefleri ve Strateji Belgesi'nin Değerlendirilmesi. İCCİ-2010 Sunumu, Mayıs 2010.
- Öğütçü, M.** (2014). Küresel enerji ekonomisinde yeni dinamikler: Türkiye nasıl konumlanmalı?. ESİAD, 18 Şubat 2014, İzmir, s.3.
- SDE** (2011). SDE Analiz - Türkiye'nin Enerji Açığı Sorunu ve Çözüm Önerileri. Stratejik Düşünce Enstitüsü, Temmuz 2011, s.11-18.
- SETA** (2013). Türkiye'de Enerji Borsası. Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırma Vakfı SETA Analiz, Sayı:68, Temmuz 2013, s.13-16.
- TEİAŞ** (2014a). TEİAŞ 2013 yılı Sektör Raporu. Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Ankara, 2014, s.2.
- TEİAŞ** (2014b). Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2014 – 2018). Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Ankara, Haziran 2014, s.14-16.
- Thomas, S.** (2010). Competitive energy markets and nuclear power: Can we have both, do we want neither?. Elsevier B.V. – Energy Policy, 2010, s.2.
- TP** (2014). Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu. Türkiye Petrolleri Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı, Mayıs 2014, s.28-30.
- Tuğrul, A.B.** (2010). Training And Research Studies in Turkey at the Stage Of Nuclear Power Plant Establishment. Consultancy Meeting on Regional Research Reactor Coalitions and Centres of Excellence to Enhance Availability, Utilisation and Support to Newcomer States Planning Nuclear Power Plants, 13 - 16 October 2010, IAEA, Prague, Czech Republic.
- Tuğrul, A.B.** (2012). Enerji Santralleri ve Farklı Yönlerden Mukayeseli Değerlendirilmesi. 18. Uluslararası Enerji ve Çevre Konferansı ICCI-2012, İstanbul, 25-27 Nisan 2012, Bildiri Kitabı s:1-4.
- Tuğrul, A.B.** (2013). EBT 538 Enerji Ekonomisi ve Politikaları Ders Notları. İstanbul Teknik Üniversitesi, 2013/ Bahar Dönemi.
- Tuğrul, A.B.** (2014). Energy Policy and Sustainable Development. Novel Energy and Biotechnology Developments in the Sustainable Built Environment Workshop, 24-27 Mart 2014, İstanbul.
- Turanlı Orakçı, Z.H.** (2012). Nükleer Santrallerin Maliyet Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2012, s.55-66.
- TÜREB** (2015). Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu. Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği, Ocak 2015, s.5-9.
- Uysal, D.** (2004). Türkiye'de Piyasa Ekonomisi ve Ekonomik Özgürlükler. Çizgi Kitabevi, Konya, 2004, s.7-9.
- Uysal, Ö.** (2013). Sürdürülebilir Büyüme Kavramının Çevre ve Ekonomik Boyutlarının Ayrıştırılması. Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi, Yıl:2013, C:5, S:2, s.111-118.
- Üçgül, İ. ve Elibüyük, U.** (2014). Rüzgâr Türbinleri, Çeşitleri ve Rüzgâr Enerjisi Depolama Yöntemleri. Süleyman Demirel Üni. YEKARUM e-DERGİ Yıl: 2014, Cilt: 2, Sayı:3, s.5-8.

WBI (2004). Beyond Economic Growth – An Introduction to Sustainable Development. The World Bank Washington, WBI Learning Resources Series, Second Edition, 2004, s.7-11.

WEC (2004). Genel Enerji Kaynakları. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara, 2004, s. 6-26.

Yılmaz, M. (2014). EPDK Faaliyet Raporu 2013. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, Ankara, 2014, s.VIII.

Url-1 <http://www.eia.gov/beta/international/analysis.cfm?iso=TUR> Erişim Tarihi: 20.05.2015

Url-2 <http://www.epdk.org.tr/index.php/elektrik-piyasasi/lisans> Erişim Tarihi: 06.02.2015

Url-3 <http://www.epdk.org.tr/index.php/elektrik-piyasasi/serbest-tuketici> Erişim Tarihi: 08.02.2015

Url-4 <http://www.epdk.org.tr/index.php/epdk-hakkinda> Erişim Tarihi: 08.02.2015

Url-5 <http://www.tedas.gov.tr/Sayfalar/Hakkimizda.aspx> Erişim Tarihi: 11.02.2015

Url-6 [http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/nc5_turkey\[1\].pdf](http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/application/pdf/nc5_turkey[1].pdf) Erişim Tarihi: 28.05.2015

Url-7 <http://iklim.cob.gov.tr/iklim/AnaSayfa/Kyoto.aspx?sflang=tr> Erişim Tarihi: 13.02.2015

Url-8 http://www.eie.gov.tr/iklim_deg/emisyon_ticareti.aspx Erişim Tarihi: 13.02.2015

Url-9 http://tr.wikipedia.org/wiki/Birle%C5%9Fmi%C5%9F_Milletler_%C4%B0klim_De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fi_%C3%87er%C3%A7e_ve_S%C3%B6zle%C5%9Fmesi Erişim Tarihi: 20.02.2015

Url-10 <http://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/glossary/defense-in-depth.html> Erişim Tarihi: 24.02.2015

Url-11 http://www.abgs.gov.tr/files/Muktesebat_Uyum_Programi/15_Enerji.pdf Erişim Tarihi: 30.02.2015

Url-12 <http://enerjienstitusu.com/2014/02/25/serbest-tuketici-olma-yolunda/> Erişim Tarihi: 02.03.2015

Url-13 http://www.enerji-dunyasi.com/yayin/0/turkiye'de-enerji-piyasasinda-gectigimiz-10-yillik-surecte-buyuk-bir-donusum-yasandi_6729.html#.VSwaNvmsUat Erişim Tarihi: 03.03.2015

Url-14 http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_power Erişim Tarihi: 03.03.2015

- Url-15** <http://www.taek.gov.tr> Erişim Tarihi: 04.03.2015
- Url-16** <http://www.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx> Erişim Tarihi: 04.03.2015
- Url-17** <http://www.world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Power-Reactors/Nuclear-Power-Reactors/> Erişim Tarihi: 05.03.2015
- Url-18** <http://talknuclear.ca/2012/04/the-evolution-of-nuclear-power/> Erişim Tarihi: 07.03.2015
- Url-19** <http://en.wikipedia.org/wiki/VVER> Erişim Tarihi: 12.03.2015
- Url-20** http://en.wikipedia.org/wiki/Base_load_power_plant Erişim Tarihi: 12.03.2015
- Url-21** http://www.conserve-energy-future.com/Advantages_FossilFuels.php Erişim Tarihi: 12.03.2015
- Url-22** http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_nuclear_power_stations Erişim Tarihi: 12.03.2015
- Url-23** <http://www.world-nuclear.org/info/facts-and-figures/nuclear-generation-by-country/> Erişim Tarihi: 14.03.2014
- Url-24** <http://www.eia.gov/tools/faqs/faq.cfm?id=427&t=3> Erişim Tarihi: 14.03.2015
- Url-25** <http://www.triga.itu.edu.tr/> Erişim Tarihi: 15.03.2015
- Url-26** <http://cdnimage.zaman.com.tr/embedded/d3/77/0d68f0cdd12b16294fd753504b4e.jpeg> Erişim Tarihi: 15.03.2015
- Url-27** http://www.aksiyon.com.tr/kapak/nukleer-enerji-yolda_512874 Erişim Tarihi: 15.03.2015
- Url-28** http://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-enerji-stratejisi.tr.mfa Erişim Tarihi: 16.03.2015
- Url-29** <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji> Erişim Tarihi: 16.03.2015
- Url-30** <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/10/20101006-6.htm> Erişim Tarihi: 18.03.2015
- Url-31** <http://www.akkunpp.com/index.php> Erişim Tarihi: 18.03.2015

- Url-32** <http://www.world-nuclear.org/info/Country-Profiles/Countries-T-Z/Turkey/> Erişim Tarihi: 18.03.2015
- Url-33** <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/165-akkuyu-nukleer-guc-santrali/428-akkuyu-vver-1200-nukleer-santrali.html> Erişim Tarihi: 19.03.2015
- Url-34** <http://www.eud.org.tr/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CF7A2395174CFB32E100AF431ED596545C> Erişim Tarihi: 21.03.2015
- Url-35** <http://www.akkunpp.com/ilk-elektrigi-2020de-kullanacagiz> Erişim Tarihi: 21.03.2015
- Url-36** <http://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/28643872.asp> Erişim Tarihi: 23.03.2015

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mehmet ŞİMŞEK
Doğum Tarihi ve Yeri : Mamak, 1990
E-posta : mehmet.smsk.ms@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** :Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, 2012

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) : Enerji Uzman Yardımcısı (2014-)
- Türk Standartları Enstitüsü (TSE) : Uzman Yardımcısı (2013-2014)

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Şimşek M ve Tuğrul A. B., 2015: Nükleer Santrallerin Enerji Piyasasına Etkisinin İncelenmesi ve Ülkemiz Açısından Değerlendirilmesi, *21. Uluslararası Enerji ve Çevre Fuarı ve Konferansları, Bildiriler Kitabı*, 6-8 Mayıs 2014, İstanbul

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER: