

Türkiye'nin Nükleer Enerji Politikası: Akkuyu Nükleer Güç Santrali Örneği¹

Mehmet Çağatay Güler²

İsmail Kavaz³

Özet

Türkiye'nin enerji politikaları çerçevesinde nükleer enerjinin sahip olduğu geçmiş ve haiz olduğu mahiyet düşünüldüğünde, literatürde Akkuyu Nükleer Güç Santrali'ne gereken önemin atfedilmediği görülmektedir. Bu bağlamda, Akkuyu projesi ile ortaya çıkan risklerin ve fırsatların henüz kapsamlı bir şekilde tartışılmadığını söylemek mümkündür. Bu çalışmanın amacı, Akkuyu Nükleer Güç Santrali ile birlikte ortaya çıkan riskleri ve fırsatları ele almak ve Türkiye'nin bu projeyi neden hayata geçirdiğini değerlendirmektir. Bu doğrultuda çalışmada öncelikle nükleer enerjinin dünya genelindeki durumu ele alınmakta ve ülke bazında kurulu güç seviyelerine, reaktör sayılarına, elektrik üretimlerine, uranyum rezervlerine ve ticaretlerine dair çeşitli bilgiler verilmektedir. Ardından, Türkiye'nin kronolojik olarak nükleer enerji politikaları değerlendirilmektedir. Ayrıca, Türkiye'nin nükleer enerji politikalarının en somut çıktısı olarak Akkuyu Nükleer Güç Santrali'nin ortaya çıkardığı riskler ve sunduğu fırsatlar tartışılmaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde, Akkuyu Nükleer Güç Santrali, nükleer enerjinin sunduğu enerji arz güvenliğine ek olarak, istihdam yaratma, ekonomik gelir elde etme, alınan eğitim ve kazanılan tecrübe ile birlikte ilerleyen dönemde yerli reaktörlerin yapılması, santrallerin kurulması noktasında önemli fırsatlar sunması beklenen büyük ölçekli bir yatırımdır. Öte yandan, geçmiş dönemlerde açılan ihalelerden ve düşünülen modellerden farklı olarak yap-işlet-devret modeli yerine yap-sahip ol-işlet modelinin tercih edilmesi olması

- 1 Bu çalışma Mehmet Çağatay Güler'in 2019 yılında yayımlanan "Dynamics of the Russian foreign policy between 2000-2019: Nuclear energy as a foreign policy tool in the case of Turkey" başlıklı tezinden türetilmiştir.
- 2 Arş. Gör., Milli Savunma Üniversitesi, Kara Harp Okulu, Uluslararası İlişkiler Bölümü, mcguler@kho.msu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8604-0449
- 3 Dr. Öğr. Üyesi, Fırat Üniversitesi, İİBE, Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Bölümü e-posta: i.kavaz@firat.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3044-795X

planlanan kazanımları ve nükleer enerjinin sunduğu fırsatları olumsuz yönde etkilemektedir. Sonuç olarak, anlaşmanın yapısından ötürü Akkuyu Nükleer Güç Santrali'nin doğurduğu riskler, sunduğu fırsatlara göre daha ağır basmakta ve bu durum enerji güvenliğinden ziyade daha fazla dışa bağımlılık oluşturmaktadır.

1. Giriş

Birincil enerji arzı ve elektrik üretimi ağırlıklı olarak fosil kaynaklara dayanan fakat bu kaynaklardan yoksun; gelişmekte olan, sanayi ve şehirleşmeye önem veren ülkelerde, enerji kaynakları bakımından dışa bağımlılık kaçınılmaz bir olgudur. Bu bağlamda, Türkiye'nin enerji politikaları bakımından önde gelen en önemli faktör hem yakıt kaynağı hem de kaynak ülke noktasında dışa bağımlılıktır. Türkiye, düşük kalorili linyit kömürü haricinde fosil yakıt rezervlerine haiz olmamasından ve birincil enerji arzının takriben yüzde 83'ünün, elektrik üretiminin ise yaklaşık yüzde 57'sinin fosil kaynaklardan karşılanıyor olmasından mütevellit, özellikle hidrokarbon kaynakları bakımından dışa bağımlı bir ülke konumundadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022; Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023). Ayrıca, fosil yakıtları tek tek incelediğimizde, doğal gazda neredeyse tamamen, petrolde ise yüzde 90'dan fazla bir oranda dışa bağımlılık söz konusudur (Türkiye Sınai Kalkınma Bankası, 2020; Bilgin, 2010). Bundan ötürü Türkiye'de dışa bağımlılığı azaltacak enerji politikaları benimsenmektedir. Bu noktada, Türkiye, resmi politikası gereği, enerji yelpazesine farklı kaynaklar eklemeyi öncelemekle birlikte kaynak ülke çeşitliliği sağlamayı ve transit ülke konumunun getirdiği avantajla enerji arz güvenliğini güçlendirmeyi planlamaktadır. Enerji portföyünde çeşitlilik sağlanması suretiyle arzu edilen arz güvenliğinin temin edilmesi hususunda iki önemli kaynak öne çıkmaktadır: yenilenebilir enerji ve nükleer enerji.

Türkiye'de, özellikle 2008 yılından bu yana elektrik üretiminde yenilenebilir enerji bazlı kurulu güç artırılarak, enerji üretimindeki yerlilik payının yükseltilmesi hedeflenmiştir (Keleş & Bilgen, 2012). Bu sayede, birincil enerji arzında olmasa dahi elektrik üretiminde fosil yakıtların oranı ve dolayısıyla dış kaynak bağımlılığı azaltılmış olacaktır. Ancak, yenilenebilir enerjideki düşük verimlilik (Erdil & Erbyık, 2015) ve saat/enerji üretimdeki dış etkenlere bağımlılıktan kaynaklanan dengesizlik, arz güvenliği konusunda kısıtlar meydana getirmektedir. Her ne kadar yerli girdi oranı artıyor ve yeni teknolojiler ile söz konusu dezavantajlar en aza düşürülebiliyor olsa da bu noktada kurulu güç ve üretim kapasitesi enerji arz güvenliği bakımından eksiklikler doğurmaktadır.

Bu minvalde nükleer enerji, önemli avantajları olan bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Zira, bir yıl 8 bin 760 saat üzerinden hesap edildiğinde nükleer reaktörlerin yıllık çalışma ortalamaları 8 bin saat ile en yakın rakibi hidroelektrik santrallerin iki katı kadar fazla bir kapasite faktörüne haizdir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi, 2023). Bunun yanı sıra nükleer reaktörler, fosil yakıtların ve yenilenebilir enerjinin aksine çok düşük yakıt ile yüksek enerji üretebilme potansiyeline sahiptir. Dolayısıyla, enerji yelpazesine eklendikleri takdirde arz güvenliğinin sağlanması noktasında önemli katkıları olduğu açıktır. Öte yandan; yatırım ve tesis işletim maliyetleri düşünüldüğünde ortaya çıkan birim maliyet yenilenebilir ve termik santrallere göre daha yüksektir. Nükleer güç santrallerindeki tesis işletim maliyetleri, ilk yatırım maliyetlerine göre çok daha az olmasına rağmen; bu tesislerin hazırlık, inşaat, imalat ve devreye alma süreleri ve maliyetleri bir hayli fazladır. Bunların yanı sıra, atık yönetimi ve yakıt hususlarında teknolojik ve/veya kaynak yetersizliğinden ötürü dışa bağımlılık ihtimali de gündeme gelmektedir.

Türkiye'nin resmi enerji politikaları ve uzun vadeli stratejilerinde açıkça belirtildiği üzere, nükleer enerjinin ülkenin üretim portföyüne eklenecek yerli kaynakların kullanımının artırılması ve enerji ithalatında bağımlılığın azaltılması hedeflenmektedir (Republic of Turkey Ministry of Foreign Affairs, 2021). Bahse konu nükleer enerji politikaları aslında sadece son dönemin değil, yaklaşık 60 yıldır ülkenin gündeminde olan stratejilerdir. Türkiye'nin enerji kaynak bağımlılığının yeni ortaya çıkan bir durum olmadığı düşünüldüğünde, söz konusu politikaların uzun yıllardır benimseniyor olması gayet doğaldır. Bu alandaki noksanlık, ihtiyaçlar, politikalar ve stratejiler uzun yıllardır nükleer enerjiyi işaret etmekte ve bir nevi olmazsa olmaz haline getirmektedir. Bugün gelinen nokta itibarıyla Türkiye'nin ilk nükleer güç santrali olan Akkuyu Nükleer Güç Santrali'nin (NGS) ilk iki reaktörünün yapım ve kurulum aşamalarının devam ettiği, üçüncü reaktörün lisans işlemlerinin tamamladığı ve dördüncü reaktörün de lisans alımı noktasında gerekli evrak işlerinin yürütüldüğü görülmektedir. Belirlenen takvime göre bitirildiği takdirde ilk reaktörün 2023 yılında, diğerlerinin de birer yıl arayla devreye girmesi beklenmektedir.

Akkuyu NGS, ileri nesil dört reaktörden oluşan, toplamda 4 bin 800 MW üretim kapasitesini haiz ve Rusya ile Türkiye arasındaki büyük ölçekli yatırımlardan bir tanesidir (Akkuyu Nuclear JSC, 2023a). 20 milyar dolar yatırım maliyetini Rusya'nın karşıladığı ve Rusya Devlet Atom Enerjisi Kurumu'nun (ROSATOM) sahibi olacağı Akkuyu NGS, tam kapasite ile çalışmaya başladığında yıllık 35 milyar kWh elektrik üretimi gerçekleştirecektir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016; ROSATOM, 2021). 2022

yılında Türkiye'nin yaklaşık 324,5 milyar kWh seviyesinde gerçekleşen elektrik üretim miktarı dikkate alındığında ve Akkuyu NGS'nin 2022 yılında tam kapasite çalıştığı farz edildiğinde, bu tesisin Türkiye'nin elektrik arzının yaklaşık yüzde 10'unu karşılayacak potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Bu oran neredeyse Türkiye'deki rüzgâr enerjisinin mevcut üretim kapasitesine eşittir. Fakat, kurulu güç olarak rüzgâr enerjisi santrallerinin (11 bin 400 MW) yaklaşık yarısıdır (TEİAŞ, 2022). Bu perspektiften bakıldığında yukarıda bahsedilen verimliliğin ve çalışma kapasitesinin önemi daha net görülmektedir. Nükleer güç santrallerinin diğer tüm avantajları ve riskleri ilerleyen kısımlarda detaylı olarak bahsedilmektedir, ancak burada altı çizilmesi gereken çok önemli bir unsur bulunmaktadır; o da Akkuyu NGS'nin yap-sahip ol-işlet modeli ile kuruluyor olmasıdır Akkuyu Nuclear JSC, 2023a). Yani, ROSATOM'un santrali finanse eden, kuran ve işleten kurum olması hasebiyle Türkiye hiçbir dönem santralin sahibi olamayacak, dolayısıyla üretilen elektrik enerjisi aynı Rusya'nın doğal gaz ve petrol satıyor olması gibi, Türkiye'ye satılacaktır.

Türkiye'nin enerji politikaları çerçevesinde nükleer enerjinin sahip olduğu geçmiş ve haiz olduğu mahiyet düşünüldüğünde, literatürde Akkuyu NGS'ye gereken önemin atfedilmediği görülmektedir. Bu bağlamda, Akkuyu projesi ile ortaya çıkan risklerin ve fırsatların henüz kapsamlı bir şekilde tartışılmadığını söylemek mümkündür. Bu çalışmanın amacı, Akkuyu NGS ile birlikte ortaya çıkan riskleri ve fırsatları ele almak ve Türkiye'nin neden bu projeye imza attığını değerlendirmektir. Bu doğrultuda ilk olarak kıyas yapılabilmesi adına nükleer enerjinin dünya genelindeki durumu ele alınmakta ve ülke bazında kurulu güç seviyelerine, reaktör sayılarına, elektrik üretimlerine, uranyum rezervlerine ve ticaretlerine dair bilgiler verilmektedir. Ardından, Türkiye'nin geçmişten bugüne kronolojik olarak nükleer enerji politikası açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde, söz konusu nükleer enerji politikalarının en somut çıktısı olarak Akkuyu NGS'nin ortaya çıkardığı riskler ve sunduğu fırsatlar tartışılmaktadır. Çalışma sonuç ve öneriler kısmı ile tamamlanmaktadır.

2. Nükleer Enerjinin Dünya Genelindeki Durumu

Dünyada bugün gelinen nokta itibarıyla nükleer enerjinin sahip olduğu önemin artmakta ve enerji arzındaki yerinin yaygınlaşmakta olduğu, gelişmiş ve gelişmekte olan pek çok ülkenin artan enerji talebini karşılama noktasında nükleer reaktörlerden istifade ettikleri görülmektedir. Bu trendle paralel olarak reaktör sayıları, kurulu güç düzeyleri ve reaktörler vesilesiyle üretilen elektrik enerjisi miktarı kayda değer seviyelere ulaşmıştır. Günümüzde dünya genelinde aktif olarak kullanımda olan reaktör sayısı 410 seviyesindedir

(Tablo 1). Bu reaktörlerin toplam kurulu güç kapasitesinin 368 GW'a ulaştığı ve nükleer santraller aracılığıyla 2022 yılında 2 bin 486 TWh elektrik üretimi gerçekleştirildiği görülmektedir (International Atomic Energy Agency Power Reactor Information System, 2023a). Söz konusu değerler tek başına fazla bir anlam taşımasa da dünya genelindeki elektrik üretiminin takriben yüzde 10'unun nükleer santraller vasıtasıyla karşıladığı dikkate alındığında, nükleer enerjinin stratejik konumu daha iyi anlaşılmalıdır (World Nuclear Association, 2023a; Eom vd., 2023; Omar vd., 2022). Bu oran, küresel elektrik üretimi bakımından güneş, rüzgâr, jeotermal ve petrolün toplamına denktir (World Nuclear Association, 2023a.). Bunun yanı sıra, nükleer enerji hidroelektrik santrallerin sahip olduğu yüzde 16'lık oranın hemen arkasından gelmekte ve dünyada en fazla elektrik üreten dördüncü kaynak konumunda bulunmaktadır (World Nuclear Association, 2023a.). Yapılan uzun vadeli projeksiyonlar 2050 yılında nükleer santrallerin dünya genelindeki elektrik talebinin çeyreğini karşılaması yönündedir (World Nuclear Association, 2023a; Vaillancourt vd., 2008).

Tablo 1. Dünya Genelindeki Aktif Nükleer Reaktör Sayıları

Ülkeler	Reaktör Sayıları (2023)
ABD	93
Fransa	56
Çin	55
Rusya	37
Güney Kore	25
Kanada	19
Hindistan	19
Ukrayna	15
Japonya	10
Birleşik Krallık	9
Almanya	7
İspanya	7
Çek Cumhuriyeti	6
Pakistan	6
İsveç	6
Belçika	5
Finlandiya	5
Slovakya	5
Macaristan	4
İsviçre	4
Arjantin	3
Birleşik Arap Emirlikleri	3
Belarus	2
Brezilya	2
Bulgaristan	2
Meksika	2
Romanya	2
Güney Afrika	2
Ermenistan	1
İran	1
Hollanda	1
Slovenya	1
Toplam	410

Kaynak: IAEA PRIS (2023a).

Ülkelerin tek tek reaktör sayılarına bakıldığında ise ABD'nin kendisine en yakın ülke olan Fransa'dan yaklaşık iki kat daha fazla reaktöre sahip olduğu görülmektedir (Tablo 1). Söz konusu reaktör sayıları arasındaki fark doğal olarak nükleer santraller kullanılarak üretilen elektrik bakımından iki ülkeyi ayırtmaktadır (Grafik 1). Reaktör sayıları ve toplam elektrik arzı bakımından Fransa'yı Çin ve Rusya takip etmektedir. Fakat, görülebileceği

üzere Fransa, nükleer enerjinin toplam elektrik üretiminde sahip olduğu oran itibariyle birinci sırada gelirken, yüksek üretime ve reaktör sayılarına sahip ABD, alt sıralarda yer almaktadır (Tablo 2). Bu noktada pek tabii ülkelerin nüfusları, sanayileri ve şehirleşme oranları ile paralel olarak yüksek elektrik ihtiyaçlarının etkili olduğu söylenebilir. Dolayısıyla, nükleer enerjinin genel elektrik arzı içerisindeki oranı ABD’de yaklaşık yüzde 20 iken, Çin’de yüzde 5 seviyesindedir (Tablo 2).

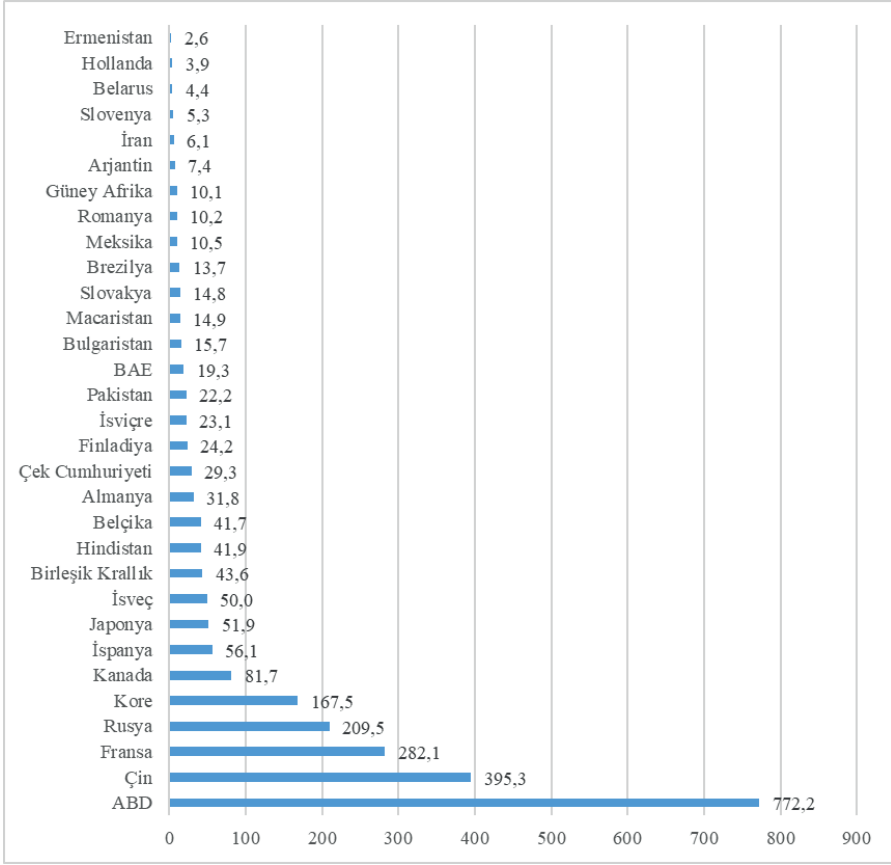
Tablo 2. Ülkeler Bazında Nükleer Enerjinin Toplam Elektrik Arzındaki Oranları

Ülkeler	Nükleer Enerjinin Oranı (Yüzde, 2022)
Fransa	62,6
Slovakya	59,2
Macaristan	47,0
Belçika	46,4
Slovenya	42,8
Çek Cumhuriyeti	36,7
İsveç	36,4
Finlandiya	35,0
Bulgaristan	32,6
Ermenistan	31,0
Güney Kore	30,4
İsviçre	29,4
İspanya	20,3
Rusya Federasyonu	19,6
Romanya	19,4
ABD	18,2
Pakistan	16,2
Birleşik Krallık	14,2
Kanada	12,9
Belarus	11,9
Japonya	6,1
Almanya	5,8
Arjantin	5,4
Çin	5,0
Güney Afrika	4,9
Meksika	4,5
Hollanda	3,3
Hindistan	3,1
Brezilya	2,5
İran	1,7

Kaynak: IAEA PRIS (2023b).

Net elektrik arzı ve reaktör sayıları bakımından ülkeleri birbirleri ile mukayese etmek görece daha basittir. Ancak, oransal kıyaslamalar çok daha dikkatli ve özenli yapılmalıdır. Örneğin, Fransa'nın toplam elektrik üretiminin yüzde 62'sini nükleer reaktörlerden karşılaması ülkenin enerji konusundaki bağımsızlığını, kendi kendine yeterliliğini ve nükleer santrallerin oldukça geniş bir yere sahip olduğunu gösterirken; ABD ve Rusya örneklerinde toplam elektrik üretimi içerisindeki görece düşük oranlar yanlışlıklara sebebiyet vermemelidir. 2022 yılında Çin'in toplamda 8 bin 833 TWh ile Fransa'dan yaklaşık 19 kat, ABD'nin 4 bin 510 TWh ile 9,5 kat ve Rusya'nın 1165 TWh ile Fransa'dan takriben 2,5 kat daha fazla elektrik ürettiğini söylemek mümkündür (Enerdata, 2022). ABD nükleer reaktörler aracılığıyla Fransa'dan 2,7 kat daha fazla elektrik üretmektedir; ancak, toplam elektrik üretimi yaklaşık 10 kat daha fazla olduğu için nükleer santrallerin genel elektrik arzına göre oransal değeri Fransa'ya kıyasla geri kalmaktadır. Bu nedenle, yanlış sonuçlara varmamak için kıyaslamaların çerçevesi net bir şekilde belirlenmelidir.

Fransa, nükleer enerjiye verdiği önem ile dünyada olduğu gibi Avrupa ülkeleri arasında da öne çıkmaktadır. Reaktör bazında bakıldığında en yakın rakibi Birleşik Krallık Fransa'nın yaklaşık beşte biri oranında reaktöre sahiptir ve onları da tam kapasite ile kullanmamaktadır. Örneğin İspanya neredeyse Birleşik Krallık kadar reaktöre sahipken 1400 GWh daha fazla elektrik arzı gerçekleştirmektedir (Tablo 1 ve Grafik 1). Diğer öne çıkan ülkelerden bir tanesi de Slovakya'dır. Her ne kadar enerji talebi genel anlamda düşük bir ülke olsa da söz konusu talebin yüzde 42,8'ini nükleer enerjiden karşılıyor olması aslında fosil yakıtlardan yoksun, dışa bağımlı ülkeler için Slovakya'nın iyi bir örnek teşkil etmesine sebep olmaktadır (Tablo 2). Ukrayna'da bu konuda ön plana çıkmaktadır. Sovyetler Birliği döneminden miras kalan nükleer reaktörlerin, Çernobil faciasına rağmen ülkedeki etkinliğini koruduğunu söylemek mümkündür. Ukrayna da Türkiye gibi fosil kaynaklar konusunda dışa bağımlı bir ülkedir. 2021 verilerine göre enerji talep miktarı Türkiye'nin üçte birine tekabül ediyor olsa da mevcut üretimin yüzde 55'inin nükleerden karşılanıyor olması Ukrayna için önemli bir avantajdır.

Grafik 1. Ülkelere Göre Nükleer Enerjiden Elde Edilen Elektrik Arzı (2022, TWH)

Kaynak: IAEA PRIS (2023b).

Öte yandan, dünya genelindeki uranyum rezervlerinin dağılımı ile reaktör sahibi ülkeler ve elektrik arzında nükleerin geniş pay sahibi olduğu ülkeler arasında bariz bir farklılık göze çarpmaktadır. Rezervler bakımından Avustralya 1 milyon 684 bin 100 ton uranyum ilk sırada gelirken, onu 815 bin 200 ton ile Kazakistan ve 588 bin 500 ton ile Kanada takip etmektedir (Tablo 3). Üretim miktarları ile rezerv miktarları arasında da orantısız bir ilişki bulunmaktadır. Zira, Kazakistan 2022 yılında 21 bin 227 ton üretirken, Kanada 7 bin 351 ton, Avustralya ise 4 bin 087 ton uranyum üretimi gerçekleştirmiştir (Tablo 3). Burada verilen en geniş uranyum rezervine sahip 7 ülke arasında yalnızca Rusya ve Kanada nükleer enerji konusuna kayda değer yatırım yaparak nükleer enerji yelpazesinde önemli bir yer ayırırken, geri kalan ülkelerin bu konuda oldukça pasif oldukları, hatta Brezilya'nın oldukça az miktarda üretim yaptığı dikkat çekmektedir.

Tablo 3. En Büyük Uranyum Rezervlerine Sahip Ülkeler ve Üretim Miktarları

Ülkeler	Uranyum Rezervleri (2022, Ton)	Üretim Miktarı (2022, Ton)
Avustralya	1684100	4087
Kazakistan	815200	21227
Kanada	588500	7351
Rusya	480900	2508
Namibya	470100	5613
Güney Afrika	320900	200
Brezilya	276800	43
Çin	223900	1700

Kaynak: World Nuclear Association (2023a) ve World Nuclear Association (2023b).

Doğal uranyum ticareti ile zenginleştirilmiş uranyum ticaretinde önde gelen ülkelerin verisi birlikte ele alındığında en geniş rezervlere sahip ülkelerden daha farklı bir resim ortaya çıkmaktadır (Tablo 4 ve Tablo 5). Bilhassa da zenginleştirilmiş uranyum ticaretinde etkin ülkelerin hiçbirisinin zengin rezervlere sahip olmaması dikkat çekmektedir. Doğal uranyum ticaretinde Kazakistan ve Kanada gibi zengin rezervlere sahip ülkeler öne çıkmakta ve küresel ticaretin yaklaşık yüzde 90'ını bu iki ülke oluşturmaktadır. Diğer taraftan, zenginleştirilmiş uranyum teknolojisi, yani doğada en sık karşılaşılan uranyum U-238 izotoplarından U-235 izotoplarının ayrıştırılması, oldukça ileri bir teknoloji olmasından dolayı yalnızca az sayıda, gelişmiş ülkede bulunmaktadır. Dolayısıyla, dünya genelindeki zenginleştirilmiş uranyum ticaretinin neredeyse tamamını, doğal uranyum ticareti ve rezerv sahibi ülkelerden farklı olarak; Rusya, Hollanda, Fransa, Almanya, ABD ve Çin gerçekleştirmektedir.

Tablo 4. Doğal Uranyum Ticarinde Önde Gelen Ülkeler ve Elde Ettikleri Kazançlar (2022)

Ülkeler	Doğal Uranyumdan Elde Edilen Toplam İhracat Geliri (Dolar)	Toplam Küresel Ticaret İçerisindeki Payı (Yüzde)
Kazakistan	2,6 milyar	59,1
Kanada	1,3 milyon	29,5
Fransa	349,5 milyon	7,9
ABD	104,8 milyon	2,4
Özbekistan	29,4 milyon	0,7

Kaynak: Workman (2023).

Uranyum ticareti, bilhassa da zenginleştirilmiş uranyum, ticari getiriden öte stratejik bir araç olarak görülmelidir. Zira 2022 yılı ticari gelirlerine bakıldığında doğal uranyum ticaretinde en öne çıkan ülke olan Kazakistan'ın yaklaşık 2,6 milyar dolar, Rusya'nın ise sadece zenginleştirilmiş uranyum ticaretinden 2 milyar dolar gelir elde ettiği görülmektedir (Tablo 4).

Tablo 5. Zenginleştirilmiş Uranyum Ticarinde Önde Gelen Ülkeler ve Elde Ettikleri Kazançlar (2022)

Ülkeler	Zenginleştirilmiş Uranyumdan Elde Edilen Toplam İhracat Geliri (Milyar Dolar)	Toplam Küresel Ticaret İçerisindeki Payı (Yüzde)
Rusya	2,0	35,7
Hollanda	1,3	22,0
Fransa	1,2	22,0
Almanya	0,9	17,1
ABD	0,08	1,5
Çin	0,06	1,1
Kazakistan	0,02	0,3

Kaynak: Workman (2023).

Sonuç olarak, nükleer enerji santralleri ve aynı zamanda nükleer silahlar için gerekli olan kaynak olarak uranyum (doğal veya zenginleştirilmiş) son derece stratejiktir. Doğal gaz ve kömür gibi yakıtlar olmadığında termik santraller çalışmayacağı gibi bahse konu yakıt olmadığında da nükleer santraller çalışmayacak, atıl duruma geleceklerdir. Aynı zamanda uranyum nükleer silah sahibi ülkeler için de hayati bir önem arz etmektedir. Günümüzün en etkili ve yıkıcı silahlarının bu kaynak olmadan üretilemeyeceği düşünüldüğünde, söz konusu stratejik önem daha iyi anlaşılacaktır.

3. Geçmişten Günümüze Türkiye'nin Nükleer Enerji Politikası

Türkiye'de nükleer enerjinin gündeme alınması ilk olarak 6821 sayılı yasa kapsamında 1956 yılında Atom Enerjisi Komisyonu'nun (AEK) kurulmasıyla gerçekleşmiştir (Bayülken, 2023; Yavuzaslan, 2018). 1950'lerde dünya geneline bakıldığında yeni yeni nükleer silahların üretildiği ve elektrik üretme amaçlı ilk reaktörün ise 1954'de kurulduğu görülmektedir (Nükleer reaktörler aracılığıyla ilk elektrik 1951'de ABD tarafından üretilmiştir ancak bu doğrultuda ilk tesis 1954 yılında Sovyetler Birliği tarafından kurulmuştur) (World Nuclear Association, 2023b). Türkiye aslında dünyada ilk örneğinin ABD'de görüldüğü ve hemen ardından Sovyetler tarafından değerlendirilen

nükleer enerji meselesini, geciktirmeden gündemine almış, birçok devletten çok daha önce bu doğrultuda politikalar izlemeye başlamıştır. Bu dönemde AEK'ye bağlı birçok araştırma merkezi ve enstitüsü kurulmuş, bilimsel çalışmaların ve gelişmelerin önü açılmıştır (Kütükçüoğlu, 2020). Aradan geçen kısa sürede İstanbul'da kurulan Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nde, tıp alanında kullanılmak üzere araştırma reaktörü kurulmuştur (Kütükçüoğlu, 2020; Kütükçüoğlu, 2016, Ağustos). İlk aşamada 1 MW olarak kurulan reaktörün kapasitesi ilerleyen dönemde 5 MW'a çıkartılmış ve araştırma faaliyetleri sürmüştür. Bu gelişmelere paralel olarak 1960'larda Türkiye'de nükleer santral kurulmasına dair fizibilite çalışmaları başlamış, ilk reaktörün 1970'lerin sonunda devreye alınması planlanmıştır (Kütükçüoğlu, 2020). Yapılan fizibilite çalışmalarında üç bölge ön plana çıkmıştır: Mersin'in Akkuyu mevki, Kırklareli'nde İğneada ve Sinop'ta İnceburun (NTV, 2009, 20 Kasım; Gedik, 2014). Ancak teknik ve maddi imkansızlıklardan ötürü, söz konusu projelerde ve sahalarda ilerleme sağlanamamıştır (Kütükçüoğlu, 2020). Buna rağmen bu tarihler Türkiye'nin nükleer enerji serüveninde bir başlangıç olması bakımından önemlidir.

Her şeye rağmen nükleer enerji aracılığıyla elektrik üretme çalışmaları 1970'lerde dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de hız kazanmaya başlamıştır. Bu noktada, Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) bünyesinde Nükleer Enerji Dairesi (1971) kurulması, kısıtlı bir ekiple de olsa hemen çalışmaya başlanması önemli bir gelişmedir (Kütükçüoğlu, 2020; Nükleer Akademi, 2023). 1970'lerde yaşanan bir diğer önemli gelişme ise 1976 yılında günümüzde nükleer santralin kurulduğu Mersin'deki Akkuyu sahasının lisansının verilmiş olmasıdır (NTV, 2009, 20 Kasım; Temurçin & Aliğaoglu, 2003). Bu dönemi müteakip 1982 yılında, ilk olarak 1956'da Başbakanlığa bağlı şekilde kurulan Atom Enerjisi Komisyonu, özerk bir kuruluş olarak Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) ismiyle yeniden dizayn edilmiştir (Kütükçüoğlu, 2020). Daha önceleri AEK'in üstlendiği lisanslama yetkisi de TAEK'e geçmiştir.

Nükleer güç reaktörü kurulması noktasında 1982'ye yani TAEK'in kurulmasına kadar, birkaç kez denemeler yaşanmış ve lisanslanması tamamlanan Akkuyu için ihalelere çıkmıştır. Fakat muhtelif nedenlerden ötürü müspet bir sonuca ulaşamamıştır. TAEK sonrası dönemde Kanada'nın AECL, ABD'nin General Electric ve Almanya'nın KWU şirketleri ile görüşmeler başlamış ve teklif istenmiştir (Bayülken, 2023). 1984'te yılında dönemin Başbakanı Turgut Özal'ın Almanya ziyaretinde KWU ile anlaşılması beklenirken, anlaşma modeli olarak yap-işlet-devret (B-O-T) teklif edilmesi sonrası firma ihaleden çekilmiştir (Kütükçüoğlu, 2020; Bayülken, 2023). General Electric için de Akkuyu mevki yerine

İnceburun'un önerilmesi, ABD'li firmanın çekilmesi ile sonuçlanmıştır. Son olarak da 1985 yılında ön anlaşma imzalanmış olmasına rağmen Kanada'nın B-O-T modelini riskli ve karsız bulması ve nükleer reaktörlere karşı iç siyasetteki kararsız tutum nedeniyle AECL firması da Türkiye'de nükleer enerji yatırımı yapma kararından vazgeçmiştir (Bayülken, 2023). Böylece reaktör kurulmasına yönelik girişimler sonuçsuz kalmıştır. Tam bu dönemde Ukrayna'da Çernobil faciasının yaşanmış olması, nükleer santral kurulması sürecini daha da zor bir hale getirmiştir. Nitekim, facianın neden olduğu korku, yıkım ve güvenlik tehdidi nükleer reaktörlere karşı ciddi bir kamuoyu oluşturmuştur. Aynı zamanda Çernobil'in Türkiye'ye yönelik olası etkilerine dair yer alan haberler, reaktörlerin genel güvenlik tehdidiyle bir araya geldiğinde, halkın düşünce yapısını günümüzde de etkisini sürdürecektir şekilde kökten etkilemiştir. Böyle bir ortamda, Türkiye'de santral kurulmasına yönelik beklenen destek sağlanamamıştır. Bu dönemde projeler ertelenmiş, TEK çatısı altındaki Nükleer Santraller Dairesi Başkanlığı kapatılmıştır.

1993 yılında nükleer enerji konusu tekrar gündeme alınmış, muhakkak enerji yelpazesine dâhil edilmesi gerektiğine vurgu yapılmış, dönemin Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu nükleer enerjiden elektrik üretilmesi meselesini ülkenin en öncelikli konuları arasında 3. sıraya koymuştur (Kütükçüoğlu, 2020). Söz konusu sıralama nükleer konusuna atfedilen önemi açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, Akkuyu mevkiinde nükleer santral kurulması yeniden gündeme alınmış, 1996 yılında Akkuyu Nükleer Santrali için ihaleye çıkmıştır (Nükleer Akademi, 2023; Özmen, 2017). İhale kapsamından muhtelif konsorsiyumlardan teklif alınmıştır. 1997-2000 yılları arasında ihale sürecinin sonuçlanması oldukça sancılı olmuştur. Bu süreçte nükleer enerjinin asli gündemi teşkil ettiği birçok üst düzey toplantı ihdas edilmiştir. Bilgi ve brifing eksikliğinden ötürü ihaleye yönelik defalarca ertelenen nihai karar; 2000 yılında nükleer enerjiden vazgeçilmeden ihalenin iptal edilmesi ile sonuçlanmıştır (Nükleer Akademi, 2023; NTV, 2009, 20 Kasım).

2000-2009 yılları arasında nükleer enerjiye yönelik ilgi önceki döneme kıyasla göreceli olarak artmıştır. Ancak sonuç elde etme açısından büyük farklılıklar görülmemektedir. İlk olarak Başbakanlığa bağlı olarak görevini ifa eden TAEK, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlanmıştır (Nükleer Akademi, 2023; NTV, 2009, 20 Kasım). 2004 yılında üç nükleer reaktör kurulacağı ve ilk ünitenin 2012 yılında tamamlanacağı açıklanmıştır. 1950'lerde TEK bünyesi altında kurulan bazı araştırma merkezleri ve enstitülerin yapılarında değişikliğe gidilmiştir. Aynı önceki dönemlerde olduğu gibi saha ve fizibilite çalışmaları yapılmıştır. Bu dönemde Mersin Akkuyu mevkiinin yerine Sinop İnceburun ilk reaktörün kurulacağı saha

olarak belirlenmiştir (Nükleer Akademi, 2023; NTV, 2009, 20 Kasım). O dönemde İnceburun sahasının lisanslarının tamamlanmamış olmasından ötürü bu girişim sonuçsuz kalmıştır. 2008 yılında Akkuyu nükleer güç santrali için yeniden ihaleye çıkılmıştır. Yalnızca bir konsorsiyumun girdiği ihale bir yıl sonra Türkiye Elektrik Ticaret ve Taahhüt A.Ş. (TETAŞ) tarafından iptal edilmiştir (Nükleer Akademi, 2023; NTV, 2009, 20 Kasım).

Hülasa Türkiye'nin 1956'da başlayan nükleer macerası, iç ve dış sebeplerden ötürü sürekli başarısızlıklarla sonuçlanmıştır. Bu süreçte uzun yıllar kurumsallaşma, uzman ve teknik eleman yetersizliği yaşandığı; ilerleyen dönemde bu sorunların peyderpey çözülmeye başlanmasına rağmen ihalelerin sonuçlandırılmadığı; ülkedeki bürokrat ve siyasetçilerin nükleer enerji konusunun önemini kabul etmelerine rağmen ilgisiz kaldıkları; uluslararası şirketlerin ve ülkelerin ilk başlarda çekimser kaldıkları ardından da yatırım maliyetleri açısından isteksiz oldukları dikkat çekmektedir. 2000 yılında nükleer meselesine harcanan mesai ve atfedilen önem artmasına rağmen 2000-2010 yılları arasında yine somut bir ilerlemenin gerçekleşmediği görülmektedir. 2010 yılında Rusya ile Akkuyu NGS üzerine varılan antlaşma ile ilk defa somut adımlar atılmış ve nihayet Türkiye'de ilk nükleer santralin kurulmasına başlanmıştır. Nükleer enerjinin Türkiye açısından sunduğu fırsatlar ve Akkuyu NGS'nin ortaya çıkaracağı olası riskler bir sonraki bölümde etraflıca ele alınmıştır.

4. Akkuyu Nükleer Güç Santrali: Fırsatlar ve Riskler

Türkiye ile Rusya arasında 12 Mayıs 2010 tarihinde "Akkuyu Sahası'nda Bir Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliğine" ilişkin imzalanan anlaşma neticesinde Akkuyu NGS projesi somut bir hüviyete kavuşmuştur (T.C. Resmi Gazete, 2010, 6 Ekim). Akkuyu NGS Türkiye'nin yarım asırdan fazla süren nükleer enerji serüveninde bir dönüm noktası olarak karşımıza çıkmaktadır. Anlaşmanın hemen ardından Ankara'da Akkuyu sahasındaki nükleer santrallerin inşası ve işletilmesinden sorumlu olarak ROSATOM'un Türkiye şubesi mahiyetindeki Akkuyu Nükleer A.Ş kurulmuştur (Akkuyu Nuclear JSC, 2023a). ROSATOM, yapılan anlaşma kapsamında, nükleer güç santralinin yalnızca kurulumundan değil; işletim, bakım ve hizmetten çıkarma gibi diğer tüm faaliyetinden de sorumlu olacaktır. Anlaşmanın imzalandığı model gereği – yap, sahip ol, işlet – Akkuyu Nükleer A.Ş yani Rusya Devlet Atom Enerjisi Kurumu hem Akkuyu NGS'yi işletme hem de bu reaktörler tarafından üretilen elektriği satma yetkisini elinde bulundurmaktadır.

Akkuyu NGS örneğinden yola çıkarak nükleer enerjinin Türkiye'ye sunduğu fırsatları açıklayabilmek için ilk olarak ülkenin elektrik üretimi ve

kaynak bazlı kurulu güç seviyeleri gibi verilerine kısaca göz atmak yerinde olacaktır. Bununla beraber nükleer enerjinin pek tabii birincil enerji tüketimi açısından da sonuçları olacaktır. Zira, doğal gaz gibi Türkiye'nin yoksun olduğu enerji kaynaklarının toplam birincil enerji talebindeki oranlarının nükleer enerji kullanılarak düşürülmesi hedeflenmektedir. Türkiye'de toplam enerji üretiminde yenilenebilir enerji payının artırılması ve linyit başta olmak üzere yerli kaynaklar kullanılarak üretimin desteklenmesi politikalarının yanında nükleer enerji de denkleme dâhil edilmeye çalışılmaktadır. Böylece fosil kaynak odaklı birincil enerji arzının ve bu kaynaklar ile çalışan termik santrallerin elektrik üretimi içerisindeki payı düşürülerek, dışa bağımlılığın azaltılması planlanmaktadır.

Tablo 6. Türkiye'nin Elektrik Üretiminde Toplam Kurulu Gücü (MW, 2022)

Kaynak Türü	Kurulu Güç (MW)	Oransal Dağılım (Yüzde)
Doğal Gaz + LNG	25.347,3	24,4
Hidrolik Barajlı	25.345,3	24,4
İthal Kömür	11.619,6	11,2
Rüzgar	11.396,2	10,9
Yerli Kömür	10.191,5	9,8
Güneş	9.425,4	9,1
Hidrolik Akarsu	8.296,3	7,9
Jeotermal	1.691,3	1,6
Diğer	1.475,0	0,7
Toplam	103.809,3	100

Kaynak: TEİAŞ (2022).

Birincil enerji arzında fosil kaynakların oranı mevcut durum itibarıyla yüzde 90'lara (TEİAŞ, 2022) yakın olsa da söz konusu bağımlılığın azaltılması amacıyla elektrik üretiminde önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Bu bağlamda, fosil yakıtların toplam kurulu gücün yaklaşık yarısını -yüzde 45,4- oluşturduğu görülmektedir (Tablo 6). Türkiye'nin toplam 103 bin 809 MW'a ulaşan kurulu gücü içerisindeki fosil yakıtlar, 47 bin 158 MW ile hala çok önemli bir yere sahiptir. Diğer taraftan, Türkiye'nin kurulu güç verileri genel olarak değerlendirildiğinde önemli bir yerli ve yenilenebilir kaynak kullanım oranı yakalandığını söylemek mümkündür. Bahse konu oranlar elektrik üretimi açısından büyük önem arz etmekte beraber, kapasite faktörünün önemini görebilmek adına toplam elektrik üretiminin ve bu üretimin kaynak bazlı dağılımına bakılması yerinde olacaktır. Bu noktada, elektrik üretim

miktarları ve kurulu güç seviyesi mukayese edildiğinde, yenilenebilir enerji kaynakları ile kurulu güç kapasitesinin altında üretim gerçekleştirildiği dikkat çekmektedir. Hal böyle olunca toplam elektrik üretimi içerisindeki fosil yakıt oranı yüzde 54,5 seviyesine ulaşmaktadır (Tablo 7). Öte yandan, yukarıda da belirtildiği üzere yenilenebilir enerjideki söz konusu düşük verimlilik, saat/enerji üretimdeki güneşlenme oranları, yağmur miktarları vb. dış etkenlere bağımlılıktan kaynaklanan belirsizlik ve dengesizlik, arz güvenliği konusunda kısıtlar meydana getirmektedir. Söz konusu durumların yanı sıra coğrafi engeller de Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelini tam kapasite ile değerlendirememesine yol açmaktadır. Tüm bu durumlar etkinlik ve verimlilik noktasında eksiklikler doğurmaktadır.

Tablo 7. Türkiye'nin Toplam Elektrik Üretiminin Kaynak Bazlı Dağılımı (2022)

Kaynak	Yüzdesi
Kömür	32,7
Doğal Gaz + LNG	21,8
Hidroelektrik	20,7
Rüzgar	10,8
Güneş	4,8
Jeotermal	3,4
Diğer	5,8
Toplam	324,5 milyar kWh

Kaynak: EPDK (2023).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının yukarıda bahsedilen dezavantajları nükleer enerjinin önemini daha da artırmaktadır. Türkiye'nin içinde bulunduğu dışa bağımlılık ve arz güvenliği olguları doğal olarak nükleer konusunu olmazsa olmaz bir konuma ulaştırmakta ve bu gerçeklik aslında yarım asra yakındır kabul edilmektedir.

Akkuyu NGS örneği üzerinden nükleer enerjinin Türkiye'ye sunduğu fırsatlar; Türkiye'nin bu anlaşmayı imzalamasının temel nedenleri ile aynıdır. İlk olarak, Akkuyu NGS'nin Türkiye'nin dış kaynak bağımlılığını azaltarak, enerji arz güvenliğini güçlendirme durumudur. Bu bağlamda, dört reaktör de devreye girdiğinde toplam kurulu güç 4 bin 800 MW olacak ve nükleer santral sayesinde yıllık toplamda 35 milyar kWh elektrik üretilecektir (Tablo 8). Aynı miktarda elektrik enerjisi üretebilmek için Türkiye yıllık 8 milyar metreküp doğal gaz ithal etmektedir. Söz konusu ithalatın faturası da

yaklaşık 3,6 milyar dolardır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016).⁴ Akkuyu NGS sayesinde Türkiye'nin söz konusu doğal gaz maliyetlerinden tasarruf etmesi beklenmektedir. Böylelikle, dış kaynak bağımlılığının ve ithalat maliyetlerinin azalacağı, dış ticaret açığında da rahatlama olacağı düşünülmektedir. Yalnızca bu tasarruf sayesinde yaklaşık altı yılda nükleer santralin toplam maliyeti olan 20 milyar doların kompanse edilebileceği öngörülmektedir (Güler, 2020).

İkinci fırsat, Akkuyu NGS'nin doğuracağı istihdamdır. Bu noktada projenin inşa sürecinde 20 bin, işletim süreci ve yerel sanayinin vereceği katkı ile beraber 17 bin, toplamda ise 37 bin kişilik iş imkânı sunması beklenmektedir (Güler, 2020).

Proje kapsamında öne çıkan fırsatlardan biri de santralde çalışmak üzere Rusya'ya eğitime giden personeldir. Toplamda 600 kişiden oluşan ekip fizik ve mühendislik lisans öğrencilerinden seçilmiştir (Akkuyu Nuclear JSC, 2023b). Bahse konu personel eğitimlerini tamamladıktan sonra Türkiye'ye dönerek Akkuyu NGS'nin işletim sürecinde yer alacaklardır. Alınan bu eğitimler ve kazanılan tecrübe; esasen nükleer santrallerin işletilmesi odaklıdır ve Rus yönetimini stratejik önemi haiz bilgi aktarımını desteklememektedir. Yine de işletme, sürdürme ve istihdam açısından önemli olarak görülmektedir.

Akkuyu NGS projesinin bir diğer önemli fırsatı da ekonomik bakımdan kendini göstermektedir. Santralin tüm mali giderleri Rusya tarafından karşılanarak işletmeye alınacaktır. Bunun karşılığında Türkiye, Rusya ile yapılan satın alma anlaşması sonucunda santralden üretilen elektriğe 15 yıl boyunca alım garantisi vermiştir. Son reaktörün devreye alındığı tarihten itibaren 15 yıl boyunca ilk iki reaktörden üretilen elektriğin yüzde 70'i diğer ikisinden üretilenin de yüzde 30'u kilovat saat başına 12,35 sent üzerinden TETAŞ tarafından satın alınacaktır (T.C. Resmi Gazete, 2010, 6 Ekin). Rusya'nın 20 milyar dolarlık yatırım maliyeti bu alım garantisi üzerinden 15 yılda amorti edilmiş olacaktır. Amortisman süresini müteakip Türkiye satışı gerçekleştirilen elektrik üzerinden kardan yüzde 20 pay alacaktır. 2026 yılında reaktörlerin tamamlandığını ve 2041 yılından sonra da elektriğin 20 sent/kilovatsaat üzerinden satılacağını varsayarsak, elde edilecek kazanç yıllık 1,4 milyar dolar seviyesinde olacaktır.⁵

4 Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesinin 2016 yılında yayımladığı rapora göre Türkiye'nin 8 milyar metreküp doğal gaz için ödediği miktar takriben 3,6 milyar dolardır. Dolayısıyla burada Türkiye'nin resmi makamlarınca 2016 yılı baz alınarak verilen rakamlardan istifade edilmiş, küresel piyasa rakamları kullanılmamıştır.

5 Yapılan hesaplama: $35000000000 \times 0,20 = 7000000000$. Devamında, 7000000000'ın yüzde 20'si alındığında ise sonuç 1400000000 olarak hesaplanmaktadır.

Akkuyu NGS ile birlikte nükleer enerjinin sunduğu bir diğer fırsat da düşük sera gazı salınımıdır. Nükleer santraller, yüksek karbon salınımına sahip termik santrallere kıyasla neredeyse hiç karbon salınımı gerçekleştirilmeyen ve bu özelliği ile çevreci sistemler olarak kabul edilmektedirler. Nükleer yakıt döngüsü, reaktörlere dair diğer her konuda olduğu gibi bütünüyle Rusya'nın inisiyatifinde olacağı için; geri dönüşüm, yeniden dönüştürme, tekrar işleme, depolama, imha etme vb. tüm işlemler Rusya Devlet Atom Enerjisi Kurumu tarafından ve Rusya'da gerçekleştirilecektir. Türkiye'nin bu noktada know-how ihtiyacı ve çevreye zarar endişesi bulunmadığı söylenebilir. Çevre güvenliği açısından sunduğu imkânlar da nükleer enerjinin önemli artıları arasında kabul edilmektedir.

Tablo 8. Akkuyu Nükleer Güç Santrali Hakkında Genel Bilgiler

Konum	Mersin
Reaktör Tipi	VVER 1200 (AES 2006)
Reaktör Nesli	III+ Nesil Reaktör
Toplam Üretim Kapasitesi (MWe)	4800
Toplam Elektrik Üretimi (kWh)	35 milyar
Reaktörlerin Ömrü	60 yıl
Reaktörlerin Tahmini Kullanıma Alım Tarihleri	1. Ünite (2023) 2. Ünite (2024) 3. Ünite (2025) 4. Ünite (2026)
Reaktörlerin Sahibi	Rusya Devlet Atom Enerjisi Kurumu (ROSATOM)
Reaktörlerin Finansörü	Rusya Devlet Atom Enerjisi Kurumu (ROSATOM)
Toplam Üretilen Elektriğin %50'si (ilk iki ünitenin %70'i, diğer ikisinin %30'u) İçin Verilen Sabit Alım Garantisi Fiyatı (15 yıl)	12.35 Sent/kWh (KDV dahil değildir), Tavan Fiyat: 15.33 Sent/kWh
Nükleer Santralin Toplam Maliyeti	20 milyar dolar
Amortisman Süresi	15 yıl
Mülkiyet Sözleşmesi Modeli	Yap-Sahip ol-İşlet Modeli (BOO)

Kaynak: Güler (2020).

Akkuyu NGS'nin sunduğu fırsatlara dair ortaya konulan argümanlar genel itibarıyla nükleer enerjinin devletlere sunduğu avantajlarla paralel bir seyir izlemektedir. Fakat, Akkuyu NGS, 1985'te Turgut Özal döneminde planlandığı gibi, ya da Rusya'nın İran santralinde uyguladığı model gibi yap-işlet-devret modeliyle imzalanmamıştır. Pek tabii söz konusu model çerçevesinde imzalanan anlaşmalarda da ortaya bazı dezavantajlar çıkmaktadır.

Özellikle nükleer yakıt döngüsünün Rusya'nın otoritesi altında olması, hedef ülke ile kaynak ülke (Rusya) arasında bağımlılık ilişkisi yaratmaktadır. Diğer bir ifadeyle nükleer santral sahibi ülkeler, aynı doğal gaz ve kömür ithal eder gibi uranyum satın almaktadır. Ayrıca, nükleer enerji/silah sahibi olmayan ülkeler zenginleştirme, depolama, geri dönüşüm gibi birçok uzmanlık ve teknik bilgi gerektiren noktalarda da dışa bağımlı hale gelmektedir. Ancak, Akkuyu NGS anlaşmasının yap-sahip ol-işlet modeliyle imzalanmış olması, Türkiye için tüm bunlara ek olarak da muhtelif riskler doğurmaktadır (Güler, 2020).

Akkuyu NGS projesi özelinde en önemli risk, anlaşma kapsamında nükleer reaktörleri ihraç eden ülkeye diğer hakların yanı sıra işletme hakkının da verildiği yap-sahip ol-işlet (Build-Own-Operate) modelinin benimsenmiş olmasıdır (Güler, 2020). Hali hazırda nükleer güç olan bir ülke tarafından nükleer güç olmayan bir ülkeye reaktör ithalatı yapıldığında; imalat, yan sanayi, teknik destek, know-how, teknoloji, bilgi, uygun mal ve hizmet noktasında önemli bağımlılık ilişkisi doğurmaktadır. Bunların yanı sıra yukarıda belirtilen yakıt ve yakıtı dair çeşitli hususlarda da aynı şekilde ihracatçı ülkeye bağımlılık oluşmaktadır. Tüm bunlara ek olarak, işletme hakkının da reaktörleri ihraç eden ülkeye, yani Rusya'ya verilmesi Türkiye açısından bağımlılığı körüklemektedir. Diğer bir ifadeyle, Rusya'nın devlet kurumu ROSATOM, nükleer tesisi kuracak, sahibi olacak, işletecek, fiyatları belirleyecek, reaktörler ile ilgili tüm tedarikleri sağlayacak, bakım ve hizmet dışı bırakma yetkilerini üstlenecek ve bunlarla beraber nükleer yakıt teminini (nükleer yakıt döngüsündeki diğer tüm gereklilikler ile birlikte) de sağlayacaktır (Güler, 2020). Söz konusu kurum, Türkiye'de nükleer güç santrali inşaatını tamamladıktan sonra bu santral vesilesiyle ürettiği elektriğin yarısını ilk 15 yıl TETAŞ'a, ardından da serbest piyasada istediği alıcıya satacaktır. Dolayısıyla, Türkiye kendi ülkesinde kurulan nükleer santralde üretilen elektriği aynı boru hatlarıyla doğal gaz satın alır gibi ithal etmiş olacaktır. Bu nedenle, nükleer enerjinin Türkiye'nin enerji bağımlılığını azaltacağı argümanı doğru görünmemektedir. Aksine, Türkiye'nin dış kaynağa ve yabancı bir ülkeye olan bağımlılığı sürecek ve hatta artacaktır.

Aynı bağlamda, nükleer santral vasıtalıyla elektrik üretiminin Türkiye'nin doğal gaz harcamalarında bir tasarrufa yol açacağı beklenmektedir. Ancak, reaktörlerin sahibi Türkiye olmayacağı ve buradan üretilen elektrik ilk 15 yıl sabit fiyat ardından da Rusya'nın belirleyeceği fiyatlar üzerinden "satın alınacağı" için aslında maddi anlamda bir tasarruf veya ikame olmayacaktır. Burada pek tabii doğal gaz yerine nükleer enerjiden istifade edilmiş olacak ancak santrallerden üretilen elektrik ithal edilen diğer enerji kaynakları gibi satın alınacağı için para tasarrufu argümanı doğru görünmemektedir.

Devam eden yıllarda üretilen elektriğin tamamıyla Türkiye'nin enerji arz güvenliğine hizmet etmesi ihtimali temelde anlaşmanın kapsamından ötürü mümkün görünmemektedir. Zira, 15 yıl alım garantisi bittikten söz konusu ticari ilişki sonra da devam edecektir ve Türkiye o tarihten sonra da NGS'ye sahip olmayacağı için üretilen enerjiyi satın almaya devam edecektir.

İkinci olarak ve aynı şekilde anlaşmanın yapısından ötürü, Türkiye'nin 15 yıllık alım garantisi sonrası elde edeceği ekonomik getiri de aslında kar aracından ziyade bir indirim mekanizması olarak görünmektedir (Güler, 2020). Bu noktada, üretilen elektriği satın alan taraf olarak Türkiye, kendisine satılan elektrik üzerinden sağlanacak karın yüzde 20'sini elde edecektir. Dolayısıyla, o dönemde tüm elektriğin yukarıda da örneği verildiği gibi 20 sent/kilovatsaat üzerinden satılacağını varsayarsak, yıllık elde edilecek kazanç yaklaşık 1,4 milyar dolardır. Fakat, elektriği satın alan Türkiye olacağı için maliyeti de 7 milyar dolar olacaktır.⁶ Diğer bir ifadeyle, 35 milyar kilovat elektrik karşılığında 5,6 milyar dolar ödenecek yani birim fiyatı 16 sent/kilovatsaat'a düşmüş olacaktır.⁷ Kısacası, kâr payı maddesi, örnek üzerinden de görüleceği üzere aslında ekonomik getiriden ziyade birim fiyatında sağlanan bir indirim mekanizması olarak işlev görecektir.

Üçüncü risk faktörü ise, nükleer yakıt döngüsünün tamamıyla Rusya'nın otoritesine bırakılmış olmasıdır. Rus tarafı yalnızca nükleer yakıtın temininden değil aynı zamanda geri kazanma, dönüştürme, zenginleştirme, çevirme, imal etme, kullanma, geçici depolama, işleme ve tasfiye etme görevlerinden de sorumludur. Türkiye nükleer yakıt döngüsünün herhangi bir halkasında söz sahibi değildir. İşletme hakkının Türkiye'de olduğu ve yakıt döngüsüne Türkiye'nin karar verdiği senaryoda dahi, kendi yakıt döngüsüne sahip olmadığı sürece dış bağımlılık oluşması beklenmektedir. Fakat, Akkuyu NGS örneğinde, diğerlerine ek olarak yakıt döngüsünün de bütünüyle Rusya'nın yetkisinde olması, Türkiye için önemli bir risk arz etmektedir. Bu bağlamda, yalnızca NGS kapsamında Rusya ile birden çok alanda bağımlılık ilişkisi doğmaktadır.

6 20 sent/kilovatsaat üzerinden 35 milyar kWh için yapılan hesaplama: $35000000000 \times 0,20 = 7000000000$.

7 Esasen sahip olduğu indirim mekanizmasını gösterme amaçlı farazi fiyatlardan yapılan hesaplama: Toplam maliyet 7 milyar dolar, toplam elde edilecek kar ise 1,4 milyar dolar. Birbirlerinden çıkardığımızda 5,6 milyar dolar Türkiye'ye yansiyacak toplam fatura olacaktır. Bu takdirde $5600000000 / 35000000000 = 0,16$ yani 16 sent.

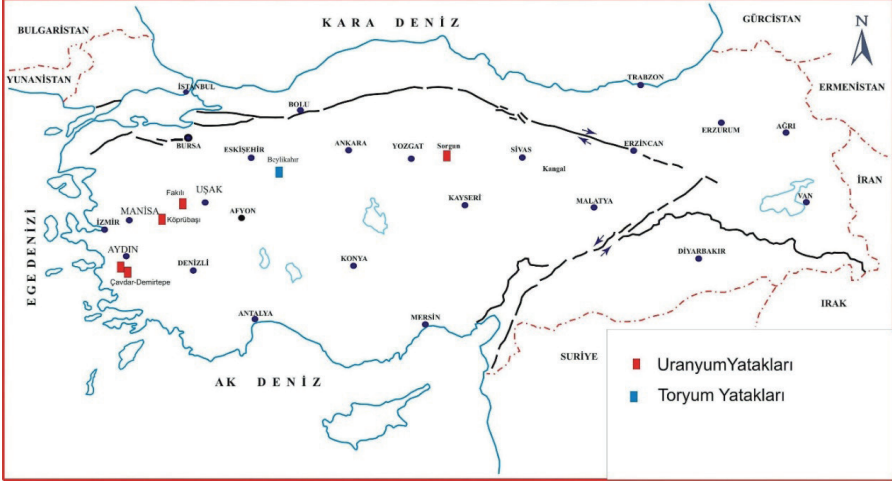
Tablo 9. Toryum Rezervlerinde En Zengin 10 Ülke

Ülkeler	Toryum Rezervi (Bin Ton)
Hindistan	846
Brezilya	632
Avusturalya	595
ABD	595
Mısır	380
Türkiye	374
Venezuela	300
Kanada	172
Rusya	155
Güney Afrika	148

Kaynak: Eroğlu ve Şahiner (2017).

Aynı çerçevede, Türkiye'nin nükleer yakıt döngüsünde söz sahibi olmaması, en azından yakıtın alınacağı ve/veya kullanılacağı ülkeye karar veremiyor oluşu ayrı bir dezavantaj oluşturmaktadır. Zira, Türkiye'nin uranyum yataklarına sahip olması, en azından yakıt döngüsünde elde edilecek tecrübe sonrası yerel yakıt kullanılması ihtimaliyle birlikte bağımlılığın azalması ve know-how kazanılması açısından oldukça önemlidir (Harita 1). Bunun ötesinde, Türkiye'nin geniş toryum yataklarına sahip olduğunu ve hatta dünyada en zengin toryum rezervlerine sahip altıncı ülkesi konumunda olduğu görülmektedir (Tablo 9). Her ne kadar toryum tek başına zincirleme reaksiyon başlatma için yeterli olarak görülmesi ve uranyum gibi bu işlevi görececek yakıtlara ihtiyaç olsa da Türkiye'nin toryumla beraber söz konusu işlevi görececek uranyum rezervlerine de sahip olduğu görülmektedir (Harita 1). Kısacası, Türkiye toryumla çalışacak reaktörlere ilişkin yakıt döngüsünde ihtiyaç duyulan doğal kaynaklara sahiptir. Bu nedenle, nükleer yakıt döngüsünde Türkiye'nin dışarıda kalmayarak tecrübe/bilgi edinme ihtimali; Akkuyu NGS'de yerel yakıt kullanımı ve bağımlılığın azalmasından ziyade, asıl olarak bahse konu know-how'ın kazanılması, ileride ithal edilebilecek veyahut kurulabilecek toryum temelli bir reaktörde hayati önem arz edecektir. Fakat, Akkuyu örneğinde bunun sağlanamamış olması önemli bir eksiklik ve dezavantajdır. Türkiye'nin sahip olduğu toryum rezervleri yeni nükleer projeler bağlamında önemli bir avantaj teşkil etmekte ve umut vadetmektedir. Bu avantajın hayata geçirilebilmesi için ise Rusya örneğinin aksine nükleer yakıt döngüsünde bilgi aktarımı ve uzmanlık sağlanması gerekmektedir.

Harita 1. Türkiye'nin Toryum ve Uranyum Rezervleri



Kaynak: MTA (2023).

Sonuç

Dünyada bugün gelinen nokta itibarıyla nükleer enerjinin sahip olduğu önemin ve enerji arzındaki yerinin artmakta olduğu, gelişmiş ve gelişmekte olan pek çok ülkenin artan talebi karşılama noktasında nükleer reaktörlerden istifade ettikleri görülmektedir. Bu trendle paralel olarak reaktör sayıları, kurulu güç düzeyleri ve reaktörler vesilesiyle üretilen elektrik enerjisi miktarı kayda değer seviyelere ulaşmıştır. Nükleer enerji gerek sahip olduğu yüksek kapasite faktörü gerekse düşük yakıt ihtiyacıyla ülkelerin enerji stratejilerinde giderek öne çıkan bir kaynaktır.

Türkiye'nin hali hazırda yenilenebilir enerji noktasında önemli yatırımlar yaptığını ve belli ölçüde ilerlemeler kat ettiğini söylemek mümkündür. Fakat, bilhassa birincil enerji arzı açısından fosil yakıtlar bağlamında devam eden bağımlılık ve söz konusu yakıtların yoksunluğu Türkiye'nin bu alandaki bağımlılığının derinleşmesine neden olmaktadır. Ayrıca elektrik enerjisi üretimi noktasında da fosil yakıtların yüksek kullanım oranı, yenilenebilir enerjinin düşük kapasite faktörü ve yerli kömürün hem çıkarım miktarı hem de enerji kalitesi bağlamında yetersizliği, alternatif kaynak ve strateji arayışlarını zaruri kılmaktadır. Bu noktada Türkiye'nin enerji politikaları bağlamında, nükleer enerjinin arz yelpazesine dahil edilmesi oldukça önemlidir. Türkiye için artan enerji talebinin güvenli bir şekilde karşılanması noktası son derece kritiktir. Bu noktada, Türkiye'de nükleer reaktörlerin

chemmiyeti yarım asırdan fazla bir süredir kabul edilmesine rağmen ülkedeki nükleer enerji sürecinin ancak 2010 yılında Akkuyu NGS ile somut bir hüviyete büründüğü görülmektedir.

Akkuyu NGS, nükleer enerjinin sunduğu enerji arz güvenliğine ek olarak, istihdam yaratma, ekonomik gelir elde etme, alınan eğitim ve kazanılan tecrübe ile birlikte ilerleyen dönemde yerli reaktörlerin yapılması, santrallerin kurulması noktasında önemli fırsatlar sunması beklenen büyük ölçekli bir yatırımdır. Lakin, geçmiş dönemlerde açılan ihalelerden ve düşünülen modellerden farklı olarak yap-işlet-devret modeli yerine yap-sahip ol-işlet modelinin tercih edilmiş olması planlanan kazanımları ve nükleer enerjinin sunduğu fırsatları riske etmektedir. Sonuç itibarıyla, anlaşmanın yapısından ötürü Akkuyu NGS'nin doğurduğu riskler, sunduğu fırsatlara göre daha ağır basmakta; enerji güvenliğinden ziyade daha fazla dışa bağımlılık oluşturmaktadır.

Bu bağlamda karar alıcılara Türkiye'nin sahip olduğu zengin toryum yatakları düşünülerek, toryum ile çalışan nükleer reaktör teknolojisine sahip olan Hindistan gibi ülkeler ile anlaşılması tavsiye edilmektedir. Bununla birlikte, nükleer alanında yapılacak projelerin yap-sahip ol-işlet yerine yap-işlet-devret modeli ile yapılması ve ilerleyen dönemde ülkedeki uranyum maden yataklarının da göz önünde bulundurularak zenginleştirme teknolojisinin geliştirilmesinin büyük önem arz ettiği unutulmamalıdır. Bu sayede, yeni nükleer güç santrali projelerinin Türkiye'nin enerji arz güvenliği ve milli çıkarları için çok daha karlı olacağı; Türkiye'nin kendi santrallerini geliştirmesinin temellerinin de ancak bu şekilde atılabileceği söylenebilir.

Kaynakça

- Akkuyu Nuclear JSC. (2023a). Akkuyu NPP Construction Project. <http://www.akkuyu.com/companys-history>.
- Akkuyu Nuclear JSC. (2023b). Mersin, Türkiye'nin Enerjisine Enerji Katacak. <http://www.akkunpp.com/mersin-turkiyenin-enerjisine-enerji-katacak>.
- Bayülken, A. (2023). Türkiye'de Nükleer Enerji. IAEA International Nuclear Information System. https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/41/103/41103131.pdf.
- Bilgin, M. (2010). Energy and Turkey's Foreign Policy: State Strategy, Regional Cooperation and Private Sector Involvement. *Turkish Policy Quarterly*, 9(2), 81-92.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2023). Bilgi Merkezi: Enerji Elektrik. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2016). Türkiye'nin Nükleer Santral Projeleri: Soru-Cevap, Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi Yayın Serisi.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Denge Tabloları. <https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-denge-tablolari>.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Nükleer Enerji Proje Uygulama Dairesi. (2023). Nükleer Santraller ve Ülkemizde Kurulacak Nükleer Santrale ilişkin Bilgiler (Yayın No. 1).
- Enerdata. (2022). Electricity Production: Breakdown by country (TWh). <https://yearbook.enerdata.net/electricity/world-electricity-production-statistics.html>.
- EPDK (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu). (2023). Elektrik Yıllık Sektör Raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-24/elektrikyillik-sektor-raporu>.
- Erdil, A., & Erbyık, H. (2015). Renewable energy sources of Turkey and assessment of sustainability. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 207, 669-679.
- Eroğlu, G., & Şahiner, M. (2017). Dünya'da ve Türkiye'de Uranyum ve Toryum. Maden Tetkik ve Arama. Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, Uranyum ve Toryum Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Eom, S., Riznic, J., Nitheanandan, T., & Kirkhope, K. (2023). Regulatory and licensing challenges with Generation-IV nuclear energy systems. In *Handbook of Generation IV Nuclear Reactors* (pp. 837-864). Woodhead Publishing.
- Gedik, Ö. (2014). The Legal Nature of the Agreement between the Republic of Turkey and the Russian Federation Regarding the Construction of a Nuclear Power Plant: An Examination of Article 90 of the 1982 Constitution. *Anayasa Hukuku Dergisi*, 3(5), 359-373.

- Güler, M. Ç. (2020). *Building a Nuclear Empire: Nuclear Energy As a Russian Foreign Policy Tool In the Case Of Turkey*. Cinius Publishing.
- International Atomic Energy Agency (IAEA) Power Reactor Information System (PRIS). (2023a). Operational Reactors by Country. <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/OperationalReactorsByCountry.aspx>
- International Atomic Energy Agency (IAEA) Power Reactor Information System (PRIS). (2023b). Nuclear Share of Electricity Generation. <https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/NuclearShareofElectricityGeneration.aspx>.
- Keleş, S. & Bilgen, S. (2012). Renewable energy sources in Turkey for climate change mitigation and energy sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 5199-5206.
- Kütükçüoğlu, A. (2016, Ağustos). Türkiye Atom Enerjisi Kurumu 2015 Yılı Düzenlilik Denetim Raporu. T.C. Sayıştay Başkanlığı, s. 15.
- Kütükçüoğlu, A. (2020). *Dünden Bugüne Türkiye’de Nükleer Enerji*. Tekses Offset Matbaacılık.
- MTA (Madencilik ve Petrol Araştırma Genel Müdürlüğü). (2023). Jeotermal Harita Hizmeti. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita>.
- NTV. (2009, 20 Kasım). Nükleer enerjinin Türkiye’deki tarihçesi.
- Nükleer Akademi. (2023). Türkiye’de Nükleer Enerji: Türkiye’de Nükleerin Tarihi. <http://nukleerakademi.org/nukleer-enerji/ulkemizde-nukleer-enerji/>.
- Republic of Turkey Ministry of Foreign Affairs. (2021). Turkey’s Energy Profile and Strategy. <http://www.mfa.gov.tr/turkeys-energy-strategy.en.mfa>.
- ROSATOM. (2021). Atom mash has shipped the first Reactor Pressure Vessel for Akkuyu NPP (Turkey). <https://rosatom.ru/en/press-centre/news/atom-mash-has-shipped-the-first-reactor-pressure-vessel-for-akkuyu-npp-turkey/>.
- T. C. Resmi Gazete. (2010, 6 Ekim). Agreement between the government of Turkey and the government of the Russian Federation on cooperation in relation to the construction and operation of a nuclear power plant at the Akkuyu site in the Republic of Turkey, sayı: 27721.
- TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş.). (2022). Kurulu Güç Raporları. <https://www.teias.gov.tr/kurulu-guc-raporlari>.
- Temurçin, K., & Aliğaoglu, A. (2003). Nükleer Enerji Ve Tartışmalar Işığında Türkiye’de Nükleer Enerji Gerçeği. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 1(2), 25-39.
- Türkiye Sınai Kalkınma Bankası (TKSB). (2020, Kasım). Enerji Sektörü Görünümü 2020. <https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2020.pdf>.
- Omar, H., Graetz, G., & Ho, M. (2022). Decarbonizing with nuclear power, current builds, and future trends. In M. Asif (Ed.), *The 4Ds of Energy*

Transition: Decarbonization, Decentralization, Decreasing Use and Digitalization (pp. 103-151). <https://doi.org/10.1002/9783527831425.ch6>

- Özmen, S. F. (2017). Mersin İli Doğal ve Yapay Gama Radyoaktivite Ölçümlerinin Yapılması ve Radyoaktivite Haritasının Çıkarılması (Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya).
- Vaillancourt, K., Labriet, M., Loulou, R., & Waaub, J. P. (2008). The role of nuclear energy in long-term climate scenarios: An analysis with the World-TIMES model. *Energy Policy*, 36(7), 2296-2307.
- Workman, D. (2023). Uranium Exports by Country. World's Top Exports. <https://www.worldstopexports.com/uranium-exports-by-country/>.
- World Nuclear Association. (2023a). Nuclear Power in the World Today. <https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-today.aspx>.
- World Nuclear Association. (2023b). Outline History of Nuclear Energy. <https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/outline-history-of-nuclear-energy.aspx#:~:text=The%20first%20nuclear%20reactor%20to,started%20up%20in%20December%201951>.
- World Nuclear Association. (2023a). Supply of Uranium. <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/uranium-resources/supply-of-uranium.aspx>.
- World Nuclear Association. (2023b). World Uranium Mining Production. <https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx>.
- Yavuzaslan, K. (2018). Türkiye'nin enerji politikalarının, nükleer enerji tercihindeki etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(3), 38-57.