



Yayın: 2 / Şubat 2015

Türkiye'de Toryum: Enerji, Ekonomi ve Siyasette Fırsatlar

*Thorium in Turkey:
Opportunities in Energy,
Economy, and Politics
(Executive Summary in English)*

Alternatif Plaza, Kızılırmak Mah.
1446 Cad. No: 12/37 Kat: 10
Çukurambar / Ankara
Tel: +90 312 220 00 59
Faks: +90 312 220 00 87

www.tenva.org

TENVA
Türkiye Enerji Vakfı

*Prof.Dr. Saleh Sultansoy
Prof.Dr. Sümer Şahin
Serhan Ünal*



İÇİNDEKİLER *CONTENTS*

KISALTMALAR LİSTESİ / <i>LIST OF ABBREVIATIONS</i>	06
EXECUTIVE SUMMARY.....	08
YÖNETİCİ ÖZETİ	10
BÖLÜM 1 : GİRİŞ.....	12
BÖLÜM 2 : TORYUMUN ENERJİ TEKNOLOJİLERİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ.....	18
BÖLÜM 3 : TORYUM TEKNOLOJİSİNİN TÜRKİYE'YE SUNACAĞI FIRSATLAR.....	22
BÖLÜM 4 : TÜRKİYE TORYUM STRATEJİSİ İÇİN ÖNERİLER.....	28
BÖLÜM 5 : SONUÇ.....	34

TÜRKÇE KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri	OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
Bkz.	: Bakınız	OTEC	: Toryum İhraç Eden Ülkeler Örgütü
BOREN	: Bor Enstitüsü	Th	: Toryum
BTYK	: Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu	TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu	TÜTEN	: Türkiye Toryum Enstitüsü
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı	U	: Uranyum
GW	: Gigawatt	UAEA	: Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
MW	: Megawatt	UEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
MTA	: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü	UTA	: Uluslararası Toryum Ajansı
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü	YÖK	: Yükseköğretim Kurulu

LIST OF ENGLISH ABBREVIATIONS

GW	: Gigawatt
IAEA	: International Atomic Energy Agency
MTA	: General Directorate of Mineral Research and Exploration
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
SCST	: Supreme Council for Science and Technology
USA	: United States of America

EXECUTIVE SUMMARY

What is Thorium?

- Thorium is an element which can be used in nuclear power plants to generate electricity. In other words, thorium has the potential to contribute to the solution of Turkey's energy problem.

Thorium in Turkey

- Turkey has one of the largest thorium reserves in the world. However, more studies are needed in order to determine the exact and complete amount of the reserves.

- According to MTA, proven thorium reserves in Turkey are 380.000 tons. Yet, according to OECD and IAEA, thorium reserves in Turkey are minimum 744.000 tons, and Turkey has the second largest thorium reserves after India. Thorium reserves in Turkey are around Eskişehir-Sivrihisar, Isparta-Aksu, and Malatya-Hekimhan.

- Turkey's weaknesses in thorium are unrealistic public opinion, bureaucratic hardships, and irregular R&D processes. Binding SCST decisions, which were taken in February 2003 and March 2007, have yet to be implemented.

Thorium Race in the World

- There are ten countries having a thorium strategy: the USA, China, Russia, the United Kingdom, Japan, Korea, Norway, Belgium, and India. The existence of countries with no thorium reserves, like Japan and Korea, among these ten countries, is an outcome of commercialization expectation of thorium technology. This situation is called 'thorium race'.

- China has allocated \$ 350 million for thorium projects for 2015 alone, and it plans to increase the total number of researchers employed to 750. Delays in Turkey's thorium strategy damage the image of Turkey in regional and global terms.

Technical Aspects of the Topic

- Technically, an external neutron source is needed for thorium to be used in nuclear power plants. There are three ways of using thorium: A) Adding some amount of uranium into thorium, B) With neutrons obtained in proton accelerator, C) With neutrons obtained in fusion processes.

- There are some diplomatic and practical obstacles to the utilization of enriched uranium used in method A because it poses some risks to international security. However, especially the method B is both a more environment-friendly technology in comparison to uranium reactors, and less problematic for international security. In comparison, to generate 1 GW uninterrupted power for one year, 3,5 million tons of coal, 200 tons of uranium, or only 1 ton of thorium is needed.

Opportunities for Turkey

- There are four main opportunities for Turkey in developing thorium technology:

- 1) Turkey can avoid import dependency in power generation thanks to thorium reactors. Turkey can have chances for securer, cleaner, and cheaper power generation. Thus, high energy import bill can also be reduced.

- 2) Turkey can expand its room for manoeuvre by eliminating foreign policy limitations created by import dependency in energy. Besides, Turkey can pioneer the establishment of an International Thorium Agency. With the establishment of this agency in Ankara, and as one using Turkish as one of its official languages, Turkey can be the centre of an international energy organization.

- 3) Turkey can benefit from the export of high-tech goods/services with the commercialization of thorium technology. Since the thorium technology has high added value, it has the potential to make positive spillover effects on other relevant sectors.

- 4) Turkey can have a more environment-friendly electricity generation infrastructure thanks to thorium reactors. Thus, particularly the fossil fuel consumption can be decreased.

Recommendations for the Turkish Thorium Strategy

- Turkish thorium strategy should be conducted as a peaceful nuclear R&D activity, and be integrated into the current nuclear strategy. Thus, long-term administrative commitment and allocation of funding can be sustained more easily. Turkish thorium strategy should progress in an incremental and cumulative way.

- Turkey should develop its thorium capabilities in the fields of administration, human capital, and physical infrastructure respectively.

- 1) Administrative Capabilities: Turkish Thorium Institute should immediately be established, and thorium assets of the country should be reported. The institute should be authorized and responsible for developing required human capital.

- 2) Human Capital: National human capital should be trained in graduate programs both in the country and abroad to conduct R&D projects, and should be employed in the institute to prevent brain drain.

- 3) Physical Infrastructure: High cost projects should be avoided in the early periods when there is not enough national human capital, and the physical investment strategy should be designed in accordance with the increasing research needs of human capital. The ultimate physical investment is foreseen as a thorium reactor constructed with national technology.

YÖNETİCİ ÖZETİ

Toryum Nedir?

• Toryum, nükleer santrallerde elektrik üretiminde kullanılacak olan bir elementtir. Yani toryum, Türkiye'nin enerji sorununun çözülmesine katkı yapma potansiyeline sahiptir.

Türkiye'de Toryum Varlığı

• Türkiye, dünyadaki önde gelen toryum rezervlerinden birine sahiptir. Fakat, Türkiye'deki rezervlerin tam ve kesin miktarının belirlenmesi için henüz yeterince çalışma yapılmamıştır.

• MTA'ya göre Türkiye'deki kanıtlanmış toryum rezervi 380.000 tondur. OECD ve UAEA'ya göre ise Türkiye'deki toryum rezervi asgari 744.000 ton olup Türkiye, Hindistan'dan sonra ikinci büyük toryum rezervine sahiptir. Türkiye'deki rezervler, Eskişehir-Sivrihisar, Isparta-Aksu ve Malatya-Hekimhan bölgelerinde yoğunlaşmaktadır.

• Türkiye'nin toryum konusundaki zafiyetleri, magazinleşmiş kamuoyu algısı, ilerlemeyen bürokratik mekanizma ve çarpık Ar-Ge süreçleridir. Konu hakkında Şubat 2003 ve Mart 2007'de alınan bağlayıcı BTYK kararları uygulanmamıştır.

Dünya'da Toryum Yarışı

• Dünya'da, 10 ülkenin toryum stratejisi vardır: ABD, Çin, Rusya, Birleşik Krallık, Fransa, Japonya, Güney Kore, Norveç, Belçika ve Hindistan. Bu ülkeler arasında Japonya ve Güney Kore gibi toryuma sahip olmayan ülkelerin de olması, toryum teknolojisinin ticarileşmesi beklentisinin bir sonucudur. Dünya'da bu durum, 'toryum yarışı' olarak adlandırılmaktadır.

• Çin, toryum teknolojisine sadece 2015 yılı için 350 milyon\$ ayırmıştır ve toryum Ar-Ge projelerinde çalışan araştırmacı sayısını 750'ye çıkarmayı planlamaktadır. Türkiye'nin, bu alana girmekte gecikiyor olması, bölgesel ve küresel büyüklük iddiasındaki bir devletin imajına gölge düşüren bir durumdur.

Konunun Teknik Boyutu

• Teknik olarak, toryumun nükleer santrallerde kullanılması için harici bir nötron kaynağı gerekmektedir. Bu ise üç yolla sağlanabilir: A) Toryum yakıtı içine belirli bir miktar uranyum katkılama, B) Proton hızlandırıcısında üretilen nötronlar, C) Füzyon süreçleri ile üretilen nötronlar.

• A yönteminde kullanılan zenginleştirilmiş uranyum, uluslararası güvelik riskleri yaratabildiği için, kullanılmasının önünde diplomatik ve pratik engeller vardır. Fakat, özellikle B yöntemi, hem atık üretimi açısından uranyum santrallerine kıyasla daha çevreci bir teknolojidir hem de uluslararası güvenlik için bir tehdit oluşturmamaktadır. Bir yılda 1 GW kesintisiz güç üretmek için 3,5 milyon ton kömür, 200 ton uranyum veya sadece 1 ton toryum gerekmektedir.

Türkiye İçin Fırsatlar

• Türkiye'nin toryum teknolojisini geliştirmesi, dört ana fırsat yaratabilir:

1) Türkiye, toryum reaktörleri sayesinde, elektrik üretiminde dışa bağımlılıktan kurtulabilir. Bu sayede, daha güvenli/temiz/ucuz elektrik üretme imkanına kavuşabilir. Böylece yüksek enerji ithalat faturası da azaltılabilir.

2) Türkiye, enerjide dışa bağımlılığın yarattığı dış politika kısıtlarını azaltıp hareket alanını genişletebilir. Ayrıca Türkiye, Uluslararası Toryum Ajansı'nın kurulmasına öncülük edebilir. Bu ajansın Ankara merkezli ve Türkçe resmi dilli olarak kurulmasıyla hem uluslararası bir enerji örgütünün merkezi Türkiye olmuş olur hem de Türkçe'nin uluslararası örgütlerin resmi dillerinden biri yapılmasına yönelik resmi politikaya katkı sağlanabilir.

3) Türkiye, toryum teknolojisinin ticarileşmesiyle birlikte, yüksek teknoloji ürün/hizmet ihracından kazanç elde edebilir. Toryum teknolojisinin, yüksek katma değere sahip olacağı düşünüldüğünde, ilişkili olduğu birçok yan sektöre de faydası olacaktır.

4) Türkiye, toryum reaktörleri sayesinde, daha çevreci bir elektrik üretim altyapısına kavuşabilir. Böylece, özellikle fosil kaynak kullanımını azaltılabilir.

Toryum Stratejisi İçin Öneriler

• Türkiye'nin toryum stratejisi, barışçıl bir nükleer Ar-Ge faaliyeti olarak yürütülmeli ve mevcut nükleer stratejiye entegre edilmelidir. Böylece uzun dönemli idari önemin ve kaynak aktarımının sağlanması kolaylaşabilir. Stratejinin tüm adımları, artımlı ve birikimsel olarak ilerlemelidir.

• Türkiye'nin toryum kabiliyetlerini sırasıyla idari, beşeri ve fiziki alanlarda geliştirmesi gerekmektedir.

1) İdari Kabiliyetler: Türkiye Toryum Enstitüsü derhal kurularak ülkenin toryum varlıkları tam ve kesin şekilde raporlanmalıdır. Enstitü, beşeri kabiliyetlerin geliştirilmesi için yetkili ve sorumlu kılınmalıdır.

2) Beşeri Kabiliyetler: Ar-Ge projelerini yürütecek milli insan gücü yurtiçi ve yurtdışında lisansüstü eğitimlerle yetiştirilmeli ve enstitü bünyesinde projelerde istihdam edilerek beyin göçüne fırsat verilmemelidir.

3) Fiziki Kabiliyetler: Yeterli milli insan gücü olmayan erken dönemlerde yüksek maliyetli projelerden kaçınılmalı ve insan gücünün ihtiyaçlarına paralel şekilde artımlı bir fiziki yatırım stratejisi izlenmelidir. Yapılacak nihai fiziki yatırımın, milli teknolojiyle inşa edilecek bir toryum reaktörü olduğu öngörülmektedir.

■ BÖLÜM 1: GİRİŞ



Türkiye'de bol miktarda bulunan toryum (Th), nükleer yakıt olarak kullanılabilme özelliği sayesinde, Türkiye'nin kronik enerji sorununa bir çözüm getirme potansiyeline sahip olan bir elementtir. Bu çalışmada, Türkiye'deki toryum varlığı ve Dünya'daki 'toryum yarışı' ana hatlarıyla özetlenerek, toprak altındaki bu atıl varlığın, refah, güvenlik ve uluslararası işbirliğinin aktif bir unsuruna nasıl dönüştürülebileceği incelenmekte ve Türk karar alıcıları için bir toryum enerji stratejisinin çerçevesi çizilmektedir. Türkiye'nin toryum konusundaki temel zafiyetlerinin, konunun magazinleştirilmiş olmasından kaynaklanan gerçekdışı kamuoyu algısı, ilerlemeyen bürokratik ve

idari mekanizma ve duraksayan, çarpık Ar-Ge süreçleri olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada yapılan öneriler ise, Türkiye'nin, toryum teknolojisindeki kabiliyetlerini sırasıyla idari, beşeri ve fiziki olmak üzere üç ana sahada geliştirmesi şeklindedir. Çalışmanın bütününde savunulmakta olan görüş ise, toryum stratejisinin aslında, genel olarak barışçıl bir nükleer Ar-Ge faaliyeti şeklinde olması gerektiği ve bunun da, Türkiye'nin yüksek teknoloji üretimi/ihracı hedefine yönelik olarak ele alınmasının önemli olduğudur.

Türkiye, Dünya'nın önde gelen toryum rezervlerinden birine sahip olmakla birlikte, rezervlerin tam ve kesin miktarı tartışmalı konumunu sürdürmektedir. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü'nün (MTA) Eskişehir-Sivrihisar bölgesinde yaptığı çalışmalarda elde ettiği bulgulara göre Türkiye'nin kanıtlanmış toryum rezervi 380.000 tondur¹. Bu bölgedeki toryum rezervlerine ilişkin ana sorun ise, farklı mineraller içinde karışık halde bulunan toryumun tenörünün Sivrihisar bölgesinde %0,2 gibi nispeten düşük bir oranda kalmasıdır. Bu sebeple, Türkiye'deki mevcut toryum rezervi nispeten daha az ekonomiktir. Yine aynı sebepten ötürü önceki yıllarda, Türkiye'nin toryum rezervlerinin Dünya toryum rezervleri arasında gösterilmediği çalışmalar da yapılmış olup bu durum, son gelişmelerle birlikte ortadan kalkmıştır.

Türkiye'de, Sivrihisar rezervlerine ek olarak, Isparta-Aksu bölgesinde de önemli rezervler bulunmuştur. Buna ek olarak, Malatya-Hekimhan bölgesinde yapılacak çalışmalarla ciddi rezervlerin tespit edilmesi ihtimali olduğu da belirtilmektedir. Bu açıdan, milli kurumların verileri ile uluslararası kuruluşların verileri tam anlamıyla uyumamaktadır. Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (UAEA) ve Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü'nün (OECD) derlediği bilgilere göre, Türkiye'deki toplam toryum rezervi ortalama 880.000 ton olup Sivrihisar bölgesine ek olarak Türkiye'nin diğer bölgelerinde de rezervler vardır (UAEA, OECD)². Aynı çalışmalara göre, Türkiye'nin henüz incelenmeyen bölgelerinin de araştırılmasıyla toplam rezerv miktarının, eldeki miktarın üstüne çıkması kuvvetle muhtemeldir. Özellikle, Isparta-Aksu bölgesinde yer alan ve daha kolay işlenebilir olmasıyla dikkatleri üzerine çeken torit mineralleri, bu anlamda umut vaat etmektedir. Bütün bu bilgilerin ışığında Eti Maden İşletmeleri, Türkiye'nin, Dünya'daki toplam toryum rezervinin %13,8'ine sahip olduğunu ileri sürmektedir³.

Doğada, uranyuma (U) kıyasla miktarca 3-4 kat daha fazla bulunmakta olan toryumun Dünya'daki toplam rezervinin değerlendirildiği çalışmalarda, en büyük ispatlanmış rezerve sahip olan ülke yaklaşık 850.000 ton ile Hindistan olarak gösterilmektedir (OECD)⁴.

Sıra	Ülke	Rezerv (ton)	Toplam İçindeki Payı (%)
1	Hindistan	846.500	12,5
2	Türkiye	744.000 - 880.000	11
3	Brezilya	606.000	9
4	Avustralya	521.000	7,7
5	ABD	434.000	6,4
6	Mısır	380.000	5,6
	Dünya (toplam)	6.730.000	100

Tablo 1. Dünya'daki Önde Gelen Toryum Rezervlerine Sahip Ülkeler (Kaynak: Eti Maden)

¹Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK), *Toryum*, 19 Temmuz 2012. <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/172-nukleer-yakit-cevrimi/471-toryum.html>; Melih Tokay ve Cahit Erentöz, *Türkiye'de Muhtemel Uranyum ve Toryum Bölgeleri*, http://www.mta.gov.tr/v2.0/daire-baskanliklari/bdt/kutuphane/mtadergi/52_8.pdf.

²UAEA, *Thorium Fuel Cycle - Potential Benefits and Challenges*, Mayıs 2005, http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/te_1450_web.pdf.

³Eti Maden İşletmeleri, *Thorium potential of Turkey - Resource and Recent Developments*, Ekim 2012, http://www.unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/ws_IAEA_CYTED_UNECE_Oct12_Lisbon/19_Bodur.pdf.

⁴OECD ve UAEA, *Uranium 2011: Resources, Production and Demand*, <http://www.oecd-neo.org/ndd/pubs/2012/7059-uranium-2011.pdf>.

Dünya'da yaklaşık on ülke, milli toryum stratejilerini oluşturmuş ve toryum reaktörleri için uygun teknolojiyi geliştirmek amacıyla çalışmalara başlamıştır. Bu on ülke Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Çin, Rusya, Birleşik Krallık, Fransa, Japonya, Güney Kore, Norveç, Belçika ve Hindistan'dır⁵. Dikkate değer herhangi bir toryum rezervine sahip olmayan Japonya, Güney Kore ve hatta Belçika gibi devletlerin de toryum teknolojisine yatırım yapıyor olmaları, toryum reaktörlerinin yakın gelecekte ticarileşmesi beklentilerinin bir sonucudur⁶. Uranyum (veya plütonyum) katkılı toryum yakıtlarıyla çalışan ve geleneksel nükleer güç santrallerine benzeyen tipteki toryum reaktörlerinin takriben beş yıl içerisinde ticarileşeceği, hızlandırıcı sürümlü toryum reaktörlerinin ise, 10 ila 15 yıl içinde ticarileşebileceği düşünülmektedir⁷. Örneğin Çin, 2020'li yılların ilk yarısında, toryum reaktörlerini devreye almayı planlamaktadır⁸ (Bkz. Bölüm 2). Dünya'nın önde gelen ve bir iddia sahibi bütün ülkelerinin toryum konusunda bir stratejisi varken, ciddi toryum rezervlerine sahip olan ve bunların enerji sektöründe değerlendirilmesine ihtiyaç duyan Türkiye'nin, bu alana girmekte gecikiyor olması, bölgesel ve küresel büyüklük iddiasındaki bir devletin imajına gölge düşüren bir durumdur.

⁵Bazı örnekler için bakınız: Hindistan: Hindistan Hükümeti Basın Bilgilendirme Bürosu, *Availability of Thorium*, <http://pib.nic.in/newsite/erelease.aspx?relid=74293>; Hindistan Hükümeti Atom Enerjisi Departmanı, *Answer to Question No 1181*, <http://dae.nic.in/writereaddata/lsus1181.pdf>; Birleşik Krallık: Milli Nükleer Laboratuvar, *Comparison of thorium and uranium fuel cycles*, Mart 2012, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/65504/6300-comparison-fuel-cycles.pdf; Toryum Enerjisi Konferansı 2013, *The UK's strategy on thorium nuclear technologies*, <http://indico.cern.ch/event/222140/>.

⁶World Nuclear News, *Thorium Test Begins*, 21 Haziran 2013, http://www.world-nuclear-news.org/ENF_Thorium_test_begins_2106131.html; Mark Halper, *As thorium tests begin in Norway the nuclear industry watches closely*, *Smart Planet*, 26 Haziran 2013, <http://www.smartplanet.com/blog/bulletin/as-thorium-tests-begin-in-norway-the-nuclear-industry-watches-closely/>.

⁷Roger Harrabin, *Thorium backs as a 'future fuel'*, *BBC*, 31 Ekim 2013, <http://www.bbc.com/news/science-environment-24638816>; Sebastian Anthony, *Thorium nuclear reactor trial begins, could provide cleaner, safer, almost-waste-free energy*, *Extreme Tech*, <http://www.extremetech.com/extreme/160131-thorium-nuclear-reactor-trial-begins-could-provide-cleaner-safer-almost-waste-free-energy>; Peter Murray, *Norway Begins Four Year Test of Thorium Nuclear Reactor*, *Singularity Hub*, Aralık 2012, <http://singularityhub.com/2012/12/11/norway-begins-four-year-test-of-thorium-nuclear-reactor/>.

⁸Stephen Chen, *Chinese scientists urged to develop new thorium nuclear reactors by 2024*, *South China Morning Post*, 19 Mart 2014, <http://www.scmp.com/news/china/article/1452011/chinese-scientists-urged-develop-new-thorium-nuclear-reactors-2024>.

'Toryum yarışı' olarak adlandırılan kavram da, ticari toryum reaktörlerini ilk önce üretip Dünya'ya pazarlayarak yüksek kazanç/fayda elde etmeyi hedefleyen ülkelerin kendi aralarında girmiş oldukları yarışı simgelemektedir⁹. Bu yarışa katılan ülkeler arasında başta gelen Çin, toryum araştırmaları için 350 milyon dolar tahsis etmiş bulunmaktadır ve 2015 yılı sonunda, toryum Ar-Ge projesi kapsamında istihdam edilen araştırmacı sayısının 750'ye ulaşması beklenmektedir. 1960'lı yıllarda, Oak Ridge laboratuvarında başarılı denemeler yapan ABD de, Çin'in toryum yarışında öne geçmesi üzerine, son zamanlarda bu alana yaptığı yatırımları artırmaktadır. 'Toryum yarışı' konusunda belirtilmesi gereken bir diğer konu da, ülkelerin toryum konusunda bir diğer ülkenin işine yarama ihtimali olan her türlü bilgi/belgeyi paylaşmama ve hatta gizleme konusunda gösterdikleri çabadır. Genel bir literatür taraması bile bu tespiti doğrulamaktadır.

Toryum yarışı konusunda Türkiye de, stratejik ufku itibarıyla kendini küresel siyasi ve ekonomik denklemin önemli bir oyuncusu olarak konumlandırması sebebiyle, özellikle denklemin iki ana ağırlığını oluşturan Çin ve ABD'nin bu alanda attığı adımları dikkatle izlemeli ve kendi planlamalarını bu temelde yapmalıdır. Üstelik Türkiye, zengin toryum kaynaklarına sahip olması sayesinde daha en baştan avantajlı bir konumda bu yarışa girebilecek durumdadır. Türkiye hem kendisinin hem de Dünya'nın enerji sorununun çözümüne katkı sunma potansiyeli olan bu teknolojiyi geliştirme yarışına bir an önce girmeli ve bu konuda tutarlı ve kapsamlı bir strateji belgesi hazırlayarak, gereken idari, beşeri ve fiziki altyapısını oluşturmalıdır.

Fakat, Şubat 2003 ve Mart 2007'deki Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu (BTYK) toplantılarında alınan ve kanun gereği bağlayıcı olan kararlara rağmen toryum konusunda çalışacak olan kurumların oluşturulmaması ve bu konudaki diğer hiçbir kararın da yerine getirilmemiş olması, bürokrasinin bu konudaki hantallığı hakkında bazı soru işaretleri doğurmaktadır. Sevindirici bir gelişme olarak Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın (ETKB) yayınladığı 2015-2019 Stratejik Planı'nda toryuma yer verilmiş olsa da, raporda çok genel ve muğlak ifadeler kullanılmış olması, konunun daha ciddi ele alınması halinde, Türkiye'nin elde edeceği faydanın da o oranda artabileceğini düşündürmektedir¹⁰. Ayrıca, bahse konu belgede öngörülen adımların takvimlendirilmesi hususunda da daha disiplinli ve tempolu bir yöntemin belirlenmesi, daha faydalı olabilir.

⁹Ambrose Evans-Pritchard, *Chinese going for broke on thorium nuclear power, and good luck to them*, *The Telegraph*, 19 Mart 2014, <http://blogs.telegraph.co.uk/finance/ambroseevans-pritchard/100026863/china-going-for-broke-on-thorium-nuclear-power-and-good-luck-to-them/>; Duncan Clark, *China enters race to develop nuclear energy from thorium*, *The Guardian*, 16 Şubat 2011, <http://www.theguardian.com/environment/blog/2011/feb/16/china-nuclear-thorium>.

¹⁰ETKB, *2015-2019 Stratejik Planı*, sf. 41.

BÖLÜM 2: TORYUMUN ENERJİ TEKNOLOJİLERİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ



Toryumun nükleer güç santrallerinde kullanılması teknolojisinin, mevcut uranyum temelli yapıya kıyasla önemli bazı avantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar arasında, toryumun doğada uranyumdan çok daha yaygın ve dengeli bir şekilde bulunabiliyor olması ve toryumun, nükleer enerji üretiminde uranyuma kıyasla daha verimli bir şekilde kullanılabiliyor olması başı çekmektedir¹¹. Bir yılda 1 GW kesintisiz güç üretmek için 3,5 milyon ton kömür, 200 ton uranyum veya sadece 1 ton toryum gerekmektedir¹².

¹¹Sümer Şahin, H.Mehmet Şahin, Mahmut Alkan ve Kadir Yıldız, "An assessment of thorium and spent LWR-fuel utilization potential in CANDU reactors", *Energy Conversion and Management*, Vol. 45, pp. 1067 – 1085.

¹²Metin Arık, Saleh Sultansoy, Mehmet Atıf Çetiner, Abdüllatif Çalışkan, P.S.Bilgin, "Yeşil Nükleer Enerji: Proton Hızlandırıcıya Dayalı Toryum Yakıtlı Enerji Sistemi", *Bilim ve Teknik*, No. 537, ss. 46 – 51.

Toryum tek başına fisil (bölünebilir) bir madde değildir. Bu nedenle, toryumun nükleer yakıt olarak kullanılabilmesi için tetikleyici bir nötron kaynağına ihtiyaç vardır. Nötron kaynağı olarak;

- 1) Zenginleştirilmiş uranyum (veya plütonyum) katkılama,
- 2) GeV enerjili proton hızlandırıcısında üretilen nötronlar,
- 3) Füzyon süreçleri kullanılarak elde edilen nötronlar kullanılabilir.

Üretilen nötronlar, Th-232 çekirdeği tarafından yakalanarak,



reaksiyonu sonucunda, fisil olan U-233'e dönüşmektedir. Geleneksel uranyum yakıtlı reaktörlerin en önemli problemi olan uzun ömürlü radyoaktif atıklar açısından, birinci seçenekte bu atıkların miktarı uranyum katkısı oranında azalmaktadır. Mesela, %5 uranyum ve %95 toryum karışımı durumunda bu atıkların miktarı 20 kat daha azdır. Diğer iki seçenekte ise uzun ömürlü atıklar ihmal edilebilir seviyede olup çevresel açıdan önemli bir risk oluşturmamaktadır.

Zenginleştirilmiş uranyum kullanılarak Amerika'da ve Almanya'da 1970 ve 1980'li yıllar boyunca başarılı denemeler yapılmıştır. Bu teknolojiyle üretilmiş yakıt çubuklarının miktarca %95'i toryumdan ve %5'i de zenginleştirilmiş uranyumdan oluşmaktadır. Fakat, yüksek oranda zenginleştirilmiş uranyum, aynı zamanda nükleer silah yapımında da kullanılabilir. Yüksek düzeyli uluslararası güvelik önlemlerine ve denetimlere rağmen, zenginleştirilmiş uranyumun terörist örgütlerin veya uluslararası barış ve istikrara tehdit oluşturan devlet aktörlerinin eline geçmesi riski, bu teknolojinin kullanılmasında, Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme Anlaşması'nın koyduğu kısıtlardan da kaynaklanan bazı pratik sıkıntılar doğurmaktadır. Bu tip yakıtların kullanımında ortaya çıkan plütonyum da, tehlikeli ve silah yapımında kullanılabilen radyoaktif bir maddedir. Uranyum veya plütonyum katkılı sistemler, uranyum temelli geleneksel santrallerdeki bazı riskleri taşımaya devam etmektedir.

Hızlandırıcı sürümlü sistemler ise bu risklerden muaftır. Dahası, hızlandırıcı sürümlü sistemler, geleneksel reaktörlerde oluşan nükleer atıkların bertaraf edilmesi için de imkan sağlamaktadır. Türkiye kısa vadede uranyum (ve plütonyum) katkılı sistemleri üretebilmek için gerekli kabiliyetleri geliştirmeli ve fakat orta vadede ise, hızlandırıcı sürümlü sistemleri geliştirmeyi hedeflemelidir. Uygun toryum yakıt tasarımı sayesinde, toryumun tamamı reaksiyona sokularak güç üretimi gerçekleştirilebilir. Bu durum, terminolojik olarak 'yüksek yakılabilirlik' (*high burn-up*) deyimiiyle ifade edilmektedir. Halbuki uranyum temelli reaktörlerde, uranyumun ancak %10 kadarı kullanılabilen ve geri kalan kısmı atılmak zorunda kalınmaktadır. Bu tip toryum reaktörlerinde açığa çıkan atığın bir sorunu, özellikle yan ürün olan U-233'ün sebep olduğu sert gama ışınları gibi zararlı ışınların çıkması ve depolama konusundaki sorunlardan bazılarının devam ediyor olmasıdır. Fakat toryum atığının en önemli avantajı, bu atığın silah yapımına uygun olmamasından ötürü uluslararası barış ve istikrara herhangi bir tehdit oluşturmuyor olmasıdır¹³.

Türkiye'nin hem toryum teknolojisi hem de genel olarak nükleer teknolojisi henüz çok ileri bir seviyede değildir. Fakat özellikle Çin, Hindistan ve Norveç, toryum araştırmalarında belli bir noktaya geldiklerini ve toryum yakıtlı ticari nükleer santralleri yakın bir gelecekte devreye alacaklarını duyurmuşlardır. Bu anlamda, Mersin-Akkuyu ve Sinop'ta yapılacak olan nükleer santrallerin, Türkiye'nin genel nükleer teknolojisinde dikkate değer bir ilerleme yaratacağı ve bunun, Türkiye'nin toryum araştırmalarına başlayabilme anlamında da elini rahatlatacağı düşünülebilir. Orta vadede, toryum yakıtlı nükleer santrallerin, ticari ve yaygın şekilde hayata geçirilmesi halinde, ellerinde büyük toryum rezervi bulduran ülkelerin bugünkü Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OPEC) gibi bir Toryum İhraç Eden Ülkeler Örgütü (OTEC) oluşturmaları ve nükleer toryum yakıtı ve gerekli toryum teknolojilerinin ihracından büyük gelirler elde etmeleri de ihtimal dahilindedir (Bkz. Bölüm 3). Türkiye'nin de, en kısa zamanda bu yarışa katılarak kendi milli üretimini gerçekleştirmesi azami seviyede önemlidir.

¹³ Avustralya Nükleer Bilim ve Teknoloji Kurumu, *The Thorium Fuel Cycle*, Aralık 2013, <http://www.ansto.gov.au/cs/groups/corporate/documents/document/mdaw/mda2/~edisp/acs015365.pdf>.

BÖLÜM 3: TORYUM TEKNOLOJİSİNİN TÜRKİYE'YE SUNACAĞI FIRSATLAR



Türkiye'nin toryum teknolojisine sahip olmasının yaratacağı en temel ve önemli fırsat, enerji fakiri olan Türkiye'nin enerji problemlerinin çözülmesi ve bununla ilişkili ekonomik ve siyasi maliyetlerin giderilmesidir. Buna ek olarak, toryum teknolojisinin ticarileştirilebilmesi halinde, ülkenin önemli miktarda katma değer yaratması ve bunu ihracata çevirmesi de söz konusu olabilir. Ayrıca, nükleer enerjinin genel anlamda fosil yakıtların yerine geçmesiyle hem karbon salınımlarının hem de çevresel risklerin azaltılması mümkün olabilecektir. Diğer taraftan, ne yazık ki, konunun sıklıkla yazılı ve görsel

basında magazinleştirilerek gündeme getirilmesinden kaynaklı olarak, toryuma karşı gerçekdışı bir kamuoyu algısı olduğunu da gözden kaçırmamak gereklidir¹⁴. Türkiye'nin toryum stratejisinin içerdiği konulardan birisinin de, kamuoyunun bu konuda bilinçlendirilmesi olması faydalı olabilir. Bu çalışmadan beklenen faydalardan biri de, kamuoyundaki bu yanlış toryum algısının düzeltilmesine katkı yapmaktır.

¹⁴Bazı örnekler için bkz: Bülent Erandaç, "Türkiye trilyonluk uranyum madenleri üzerinde oturuyor", *Takvim*, 2 Eylül 2011, <http://www.takvim.com.tr/yazarlar/erandac/2011/09/02/turkiye-trilyonluk-uranyum-madenleri-uzerinde-oturuyor>; Cengiz Yalçın, "Toryum Efsanesi ve Talihsiz Uçak Kazası", *Hürriyet*, <http://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/8032270.asp>; "Isparta'ya Yüzyılın Fırsatı", *Ajans 32*, 3 Eylül 2014, <http://www.ajans32.com/ispirtaya-yuzyilin-firsati-23905h.htm?interstitial=true>.

Türkiye, fosil kaynak zengini ülkelere çok yakın bir coğrafyada bulunmasına rağmen, kendi topraklarında yeterince fosil kaynağa sahip değildir. Türkiye'nin, Kasım 2014 itibariyle kendine yeterlilik oranı petrolde %11,8¹⁵ ve doğalgazda ise %1,1¹⁶ seviyesindedir. Buna ek olarak Türkiye, önemli miktarda kömür rezervine sahip olsa da, bu kömürün yüksek kaliteli bir ürün olmadığı görülmektedir. Diğer taraftan Türkiye, yaklaşık her on yılda bir ikiye katlanarak büyümüş elektrik talebi, artan petrol tüketimi ve yaygınlaşan doğalgaz kullanımı nedeniyle Dünya'daki önde gelen petrol ve doğal gaz ithalatçıları arasındadır. Türkiye, 2014 Kasım'ına kadar yaklaşık 16 milyon ton ham petrol ve 48,6 milyar metreküp doğalgaz ithal etmiştir¹⁷. Bu boyutlarda yapılan ithalat yüzünden Türkiye 2013 yılında, doğalgazda ve kömürde, sırasıyla Dünya'daki altıncı ve sekizinci büyük ithalatçı olmuştur¹⁸.

Toryum teknolojisine sahip olunmasının getireceği ilk fırsat da tam olarak bu noktada belirginleşmeye başlamaktadır. Toryum reaktörleri, Dünya'nın elektrik tüketiminin karşılanmasında önemli rol oynayabilecek potansiyele sahiptir. Türkiye açısından düşünülürse, 2015 yılı başı itibariyle yaklaşık 70.000 MW olan Türkiye kurulu gücünün önemli bir kısmına karşılık olarak toryum reaktörleri kurulabilir ve bu sayede, elektrik enerjisi üretimi için ithal edilen doğalgaz ve kömüre ödenen 56 milyar dolarlık dış ticaret açığı azaltılmış olur. Diğer bir deyişle, 56 milyar doların büyük kısmı, ithalat için kullanılmak yerine ülkedeki diğer ihtiyaçlara, yatırımlara ayrılabilir ve toplum refahının yükseltilmesine katkı sağlanabilir. Türkiye'de yeterli toryum rezervi olduğu düşünülürse (Bkz. Bölüm 1), ülkenin elektrik talebinin toryum reaktörlerinden karşılanması halinde, Türkiye'nin yakıt anlamında da dışa bağımlılığı olmayacağı görülmektedir. Bu çerçevede değerlendirildiğinde, sadece Isparta-Aksu bölgesindeki rezervlerin dahi Türkiye'ye önümüzdeki 100 yıl boyunca yeteceği öngörülebilir (Bkz. Bölüm 1).

İkinci fırsat, Türkiye'nin birincil enerji kaynakları tüketiminde yaklaşık %72 oranında dışa bağımlı olmasının sebep olduğu siyasi maliyetlerin giderilmesidir. Elektrik tüketimini, toryum reaktörlerinin de katkısıyla kendi karşılayabilen, yani dışa bağımlı olmayan bir Türkiye'nin, bağımlılığın sebep olduğu siyasi maliyetlerle yüzleşmesi durumu söz konusu olmayacaktır. Türkiye'nin, enerjide dışa bağımlı olması sebebiyle yüklenmek durumunda kaldığı siyasi maliyet, son birkaç yıldır Avrasya ve Orta Doğu jeopolitiğinde gelişen olaylar karşısında izlediği dış politikanın analiziyle kolayca görülebilmektedir. Özellikle 2014 Ukrayna krizi ve Rusya'nın Kırım'ı işgali sonrasında Türkiye'nin, izlemek istediği kadar aktif bir dış politika izlemesinin mümkün olamaması, Türkiye'nin Rusya'ya doğalgazda %58 oranında bağımlı olmasıyla ve elektrik üretiminin yaklaşık %45'inin doğalgazla gerçekleştirilmesiyle açıklanabilir. Türkiye'nin, toryum reaktörlerinin de katkısıyla dışbağımlılıktan kurtulmasıyla birlikte, dış politikadaki imkan ve kabiliyet seti ciddi ölçüde gelişecek ve ayrıca Türk dış politikasının manevra alanı da genişleyecektir. Hatta Türkiye, enerjide dışbağımlılığın siyasi ve ekonomik maliyetlerini ödeyen bir ülke olma konumundan, enerjide ve enerji teknolojilerinde kendisine bağımlılık duyulan bir ülke olmanın avantajlarını kullanma aşamasına geçiş yapabilir.

Üçüncü fırsat alanı, toryum reaktörlerinin ticarileşmesinin Türkiye'ye sağlayacağı yüksek teknoloji ürün ihracatı ve OTEC tipi örgütlenmelerin yaratacağı imkanlar ile bu imkanların ekonomik anlamdaki büyüklüğüdür. Toryum reaktörleri ve bugün kullanılmakta olan uranyum yakıtlı nükleer santraller, teknik ve mantıksal açıdan birbirine benzemektedir. Fark ise, uranyum yerine toryumun yakıt olarak kullanılmasından ileri gelmektedir (Bkz. Bölüm 2). Mevcut teknoloji ile inşa edilen ortalama bir nükleer santralin GW kurulu güç başına inşaat bedeli yaklaşık olarak dört milyar dolardır. En basit mantıkla düşünüldüğünde, Türkiye'nin ticari toryum reaktörleri kurabilecek bir teknolojiye sahip olması demek, Türkiye'nin milli teknolojisini pazarlayarak bu projelerden büyük boyutta pay alması ve katma değerli mal ve hizmet ihracatı kapasitesini artırması demektir. Ticarileşmiş toryum teknolojisinin fayda sağlayacağı madencilik, metalürji ve elektromekanik sanayi gibi yan sektörler de düşünüldüğünde, bu alana yapılan Ar-Ge yatırımlarının, çarpan etkisi sayesinde aslında yatırılandan çok daha büyük bir ekonomik faaliyeti tetikleme mümkün olabilecektir.

Toryum teknolojisinin ticarileşmesinin ve geniş çaplı kullanıma girmesinin yaratacağı bir diğer ekonomik etki ise, Türkiye'nin ve diğer toryum zengini ülkelerin, tıpkı günümüzün petrol ve doğalgaz ihraç eden ülkeleri gibi, hem net enerji ihracatçısı, hem enerji hammaddesi ihracatçısı hem de yüksek teknoloji ihracatçısı konumuna gelmeleri ve bundan gelir elde

¹⁵Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), *Petrol Piyasası Sektör Raporu 2013*.

¹⁶EPDK, *Doğalgaz Piyasası Sektör Raporu 2013*.

¹⁷Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, *Enerji Raporu 2013*.

¹⁸UEA, *2014 Key World Energy Statistics*, sf. 13 – 15.

etmeleridir. Toryum zengini ülkeler, tıpkı OPEC gibi bir yapılanma oluşturarak Dünya toryum arzının dengeli ve tüm taraflara faydalı olmasını sağlayabilirler. Diğer taraftan, OTEC'in de, tıpkı bugün OPEC'in karşılaştığına benzer bazı sorunlarla karşılaşması ihtimal dahilindedir. OTEC'in kurulması, en basitinden, diğer ülkelere, toryum ihraç eden ülkelerin tekelleşmekte olduklarını düşündürtebilir. Ayrıca, OTEC ülkelerinin, ellerindeki toryum ihracatı kozunu dış siyasetlerinin bir aracı olarak kullanmaları ihtimali, diğer muhatap ülkeleri büyük oranda tedirgin edebilir. Kısaca OTEC'in kurulması, ilişkilerin, 'sıfır toplamlı oyun' mantığıyla algılanmasına sebep olabilir.

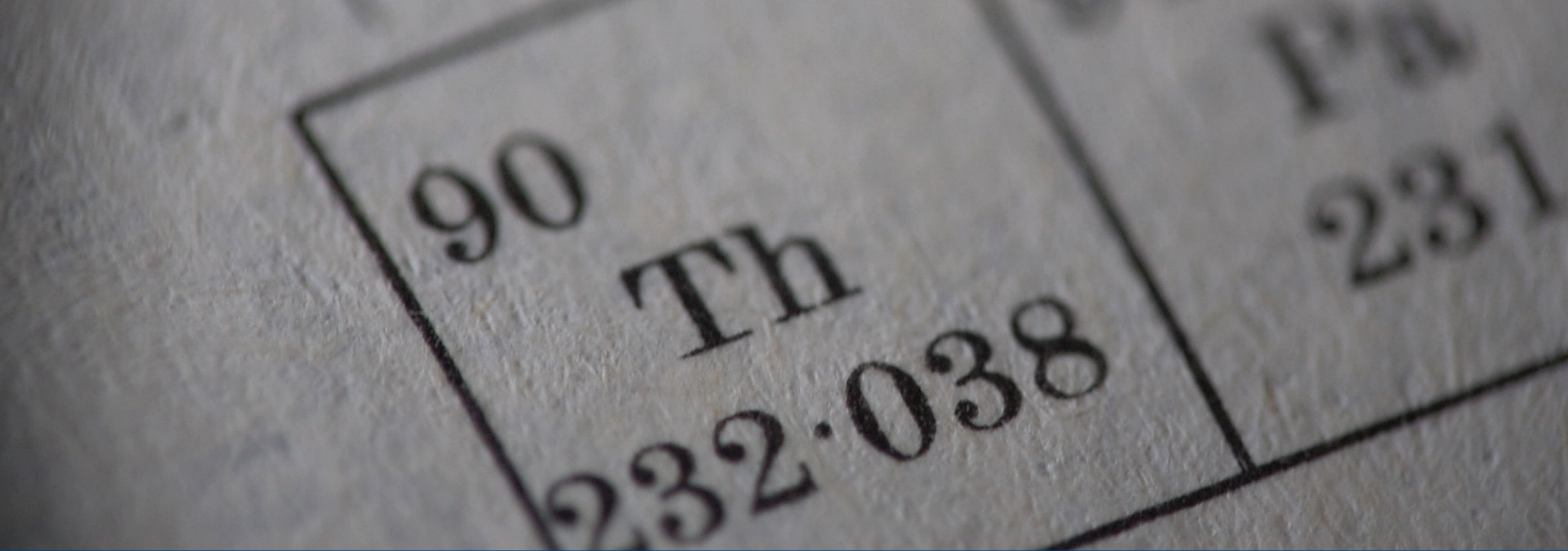
Bu sebeple, OTEC yerine, Uluslararası Enerji Ajansı'nı veya Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nı örnek alarak kurulabilecek bir Uluslararası Toryum Ajansı (UTA) kurulması, ilişkilerin daha istikrarlı ve sürdürülebilir bir zemine oturtulmasının yanında, ilişkilerin 'artı toplamlı oyun' şeklinde algılanmasını sağlayabilir. Türkiye ise, bu oluşuma öncülük ederek, dış politikadaki nüfuz alanını genişletme amacıyla önemli bir adım atabilir. Özellikle, 2015 yılı içinde göreve başlaması beklenen enerji ataşelerinin öncelikli görevlerinden birinin bu olması düşünülebilir. UTA gibi, sekreteryası Ankara'da olan ve resmi işleyiş dilleri arasında Türkçe'nin de olduğu uluslararası bir örgütün kurulmasına Türkiye'nin öncülük etmesinin iki temel faydası vardır.

İlk faydası, UTA merkezinin Ankara olması, toryum konusundaki en üst uluslararası otorite kurumun Ankara'da olması anlamına geleceğinden, hem Türkiye'deki toryum araştırma(cı)larına katkı sağlanır, hem de toryum konusundaki uluslararası gündemin belirlenmesinde Türkiye önemli etki elde edebilir. İkinci faydası ise, Türkiye'nin genel dış politikasında savunduğu, Türkçenin uluslararası platformların ve özellikle Birleşmiş Milletler'in resmi dillerinden biri haline getirilmesi politikasına ciddi bir katkı sağlanması ihtimalidir. UTA'da Türkçe'nin kullanılması sayesinde, küresel enerji gündeminde etkili ve

gerçek anlamda 'uluslararası' bir örgütün resmi dillerinden birinin Türkçe olması sağlanabilir ve bu konudaki ana hedefe katkı sağlanmış olur. Toryumun, doğası gereği petrolden farklı olması sayesinde ve milli bir toryum teknolojisine sahip olmanın da avantajıyla Türkiye, iktisat ve Uluslararası İlişkiler literatüründe 'kaynak laneti' (*resource curse*) olarak geçen zafiyete de yakalanmadan hem nükleer toryum yakıtını, hem de toryum reaktörlerini ihraç edebilen, enerji merkezi bir ülke haline gelebilir.

Dördüncü fırsat alanı, toryum santrallerinin, karbon salınımlarının azaltılması ve onların neden olduğu çevresel tahribat ve risklerin giderilmesi hususunda önemli çözümler getiriyor olmasıdır. Nükleer santrallerin, çevresel etkileri açısından olumsuz yanının, atıklarının yüksek radyoaktiviteye sahip olması ve bu atıkların zararsız hale gelmesinin uzun sürmesiyle olumlu etkileri, fosil yakıtlara kıyasla çok daha az karbon salınımına sebep olmasıdır. Toryum reaktörleri de uranyum yakıtlı nükleer santrallerin olumlu bütün özelliklerine fazlasıyla sahip olan bir teknoloji olduğu için, Türkiye gibi, Kyoto protokolünden kaynaklanan yükümlülüklerini yerine getirmekte zorlanan bir ülke açısından toryum teknolojisi, değerlendirilmesi hayati önemi haiz bir fırsattır. Fakat, bu fırsatın değerlendirilebilmesi için Türkiye'nin gerekli imkan ve kabiliyetleri henüz çok zayıftır ve mutlak surette geliştirilmeleri elzemdir.

■ BÖLÜM 4: TÜRKİYE TORYUM STRATEJİSİ İÇİN ÖNERİLER

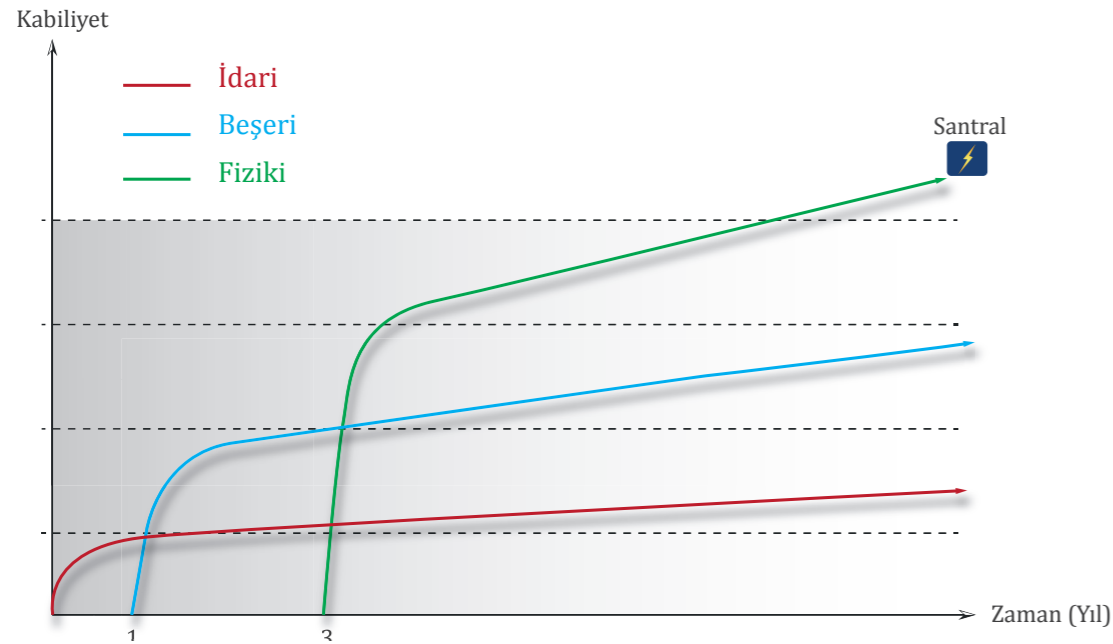


Dört ana alanda yoğunlaşan fırsatların uygun şekilde değerlendirilebilmesi ve hem Türkiye hem de Dünya ölçeğinde faydanın azami seviyeye ulaşabilmesi için Türkiye'nin üç temel kabiliyetini geliştirmesi zaruridir. Bu kabiliyetler, 'sonuca giden yoldaki üç basamak' olarak düşünüldüğünde, idari, beşeri ve fiziki kabiliyetler olarak gruplanabilir. Her gruptaki kabiliyetler, kendinden sonrakine bir hazırlık olarak düşünülmektedir. Stratejinin özet yol haritası, önce insan kaynağını ve fikri altyapıyı

hazırlayacak bir kurum oluşturulması, daha sonra bu kurumun çatısı altında yurtiçi ve yurtdışı eğitim ve işbirlikleriyle nitelikli insan gücünün yetiştirilmesi ve nihai olarak, bu insan gücünün etkin ve verimli kullanımı doğrultusunda, gerekli fiziki mekan yatırımlarının yapılması şeklindedir. Her grup kabiliyetin, artımlı ve birikimsel olarak ilerlemesi gerektiği, zaman-kabiliyet grafiğinde gösterilmiştir (Bkz. Şekil 2).

Her şeyden önce tekrarlanması gereken husus, çalışmada önerilen Türkiye Toryum Stratejisi'nin, Türkiye'nin mevcut barışçıl nükleer Ar-Ge politikasının bir parçası olarak tasarlanmasının önemli olduğudur. Bunun ilk sebebi, geleneksel (uranyum temelli) nükleer teknolojide belirli bir noktaya ulaşamamış bir ülkenin, toryum teknolojisini geliştirmesinin imkansızlığıdır. Bu çerçevede, Türkiye'nin yapımına başladığı nükleer santrallerin ve santrallerin inşası projesi kapsamında Rusya'ya gönderilecek olan Türk öğrencilerin önemli bir fırsat yarattığı düşünülebilir. Bu durumun ikinci sebebi ise, müstakil bir toryum Ar-Ge projesine ayrılması gereken mali kaynakların ve verilmesi gereken idari önemin, zaman içinde değişen yöneticilere göre dalgalanma riskinin nispeten daha fazla olmasıdır (Küçükçekmece'de 1960'larda kurulan deneme reaktörünün, bir müddet sonra, yönetimin değişmesiyle, akamete uğraması bu duruma bir örnek olarak gösterilebilir). Toryum stratejisinin, zaten en temelde de barışçıl bir nükleer enerji projesi olduğu hatırlandığında, genel nükleer enerji stratejisinin daha tutarlı ve koordineli olması için de bu yöntemin daha makul olduğu görülebilir.

Stratejiye göre, idari kabiliyetlerin geliştirilmeye başlanmasından sadece bir yıl sonra hem yurtiçinde hem de yurtdışında toryum konusunda lisansüstü seviyede öğrenci yetiştirilmesine başlanması önerilmektedir. Stratejinin üçüncü yılından itibaren de bazı fiziki kabiliyet yatırımlarının yapılmaya başlanması önerilmektedir. İlk etapta yapılacak yatırımların, yurtiçi lisansüstü programlarında yetiştirilmekte olan öğrencilerin deneysel ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla matuf olması fakat zaman içinde, işgücünün gelişimine paralel olarak, fiziki altyapı yatırımlarının da artırılması konusunda aksama yaşanmaması gereklidir.



Şekil 1. Zaman-Kabiliyet Grafiği

İdari kabiliyetler açısından yapılması gereken ilk iş, 'Türkiye Toryum Enstitüsü'nün (TÜTEN) hızlı karar alabilen çekirdek bir kadro ile kurularak, müteakip basamaklardaki beşeri ve fiziki altyapının planlanmaya başlamasıdır. TÜTEN, Türkiye Toryum Stratejisi'nin hazırlanmasında birincil derecede yetkili ve sorumlu kılınmalıdır. Bu anlamda yapılması gereken ilk iş, Türkiye'nin toryum teknolojisi alanındaki mevcut beşeri ve fiziki varlıklarının envanterinin çıkarılmasıdır. Türkiye'nin toryum varlığının ve toryum teknolojisi kabiliyetlerinin tam ve kesin bir şekilde saptanarak düzenli şekilde izlenmesinin ve raporlanmasının sağlanması da bu çerçevede değerlendirilmektedir. TÜTEN aynı zamanda, beşeri kabiliyetlerin geliştirilmesi için uygun planlamayı yapmakta da yetkili ve sorumlu olmalıdır. Türkiye'nin liderlik ve öncülük etmesi önerilen UTA da TÜTEN, Dışişleri Bakanlığı ve Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı işbirliği ile geliştirilebilir. Buna ek olarak TÜTEN, UTA'nın Ankara merkezli ve Türkçe resmi dilli olarak kurulması hususunda da önemli bir rol oynayabilir (Bkz. Bölüm 3). TÜTEN kurulurken, Bor Enstitüsü'nde (BOREN) yapılan hataların tekrarlanmamasına da ayrıca dikkat edilmelidir.

Beşeri kabiliyetler açısından yapılması gereken, bir üst basamağın temeli olacak olan nitelikli işgücünün yetiştirilmesi için çalışmalara başlanmasıdır. Bu amaçla, yurtiçindeki üniversitelerde lisansüstü öğrenci yetiştirilmesi ve yurtdışındaki üniversitelere öğrenci gönderilerek işbirliklerinin geliştirilmesi önemlidir. Bunun gerçekleştirilebilmesi için TÜTEN, TÜBİTAK ve YÖK gibi kurumlarla işbirliği yapabilmelidir. Yabancı ülkelerle yapılacak işbirliklerinde akılda tutulması gereken husus, temel hedefin daima Türkiye'nin kendi imkan ve kabiliyetlerini artırmaya yönelik olmasıdır. Yurtiçinde ve yurtdışında eğitimini tamamlayan insan gücünün, TÜTEN bünyesinde oluşturulacak projelerde istihdam edilmesi de, dışarıya beyin göçüne fırsat verilmemesi anlamında önemlidir.

Fiziki kabiliyetler açısından ilk sırada yapılmaması gereken şey, büyük ve pahalı yatırımlardır. Toryum stratejisinin temel ilkesi artımlı ve birikimsel şekilde ilerlenmesi olduğu için, yeterli insan gücünün henüz tam anlamıyla oluşmadığı erken dönemlerde büyük yatırımların yapılması, sonraki dönemlerde geliştirilebilecek olan toryum projelerinin güvenilirliğine zarar verebilir.

Dolayısıyla, bunun yerine ilk sırada yapılması gereken şey, yurtiçinde toryum konusunda yapılan lisansüstü eğitim ve araştırma faaliyetlerinin pratik ve deneysel olarak ihtiyaç duydukları laboratuvar ortamlarının sağlanmasıdır. Bu hareket tarzının iki temel faydası vardır. Birinci faydası, büyük boyutlu fiziki tesisleri yüzde yüz verimli kullanabilecek milli işgücünün olmadığı erken dönemlerde, stratejinin ilerleyen dönemlerinde ihtiyaç duyulabilecek kıt kamu kaynaklarının israf edilmesinin önlenmesidir. İkinci faydası ise, toryum araştırmalarında kullanılacak küçük boyutlu laboratuvar donanımlarının yurtiçinden temininin sağlanmasıyla birlikte, Türk sanayinin, sonraki dönemlerde ihtiyaç duyulabilecek büyük boyutlu ticari donanımları üretebilmesi için bir teşvik ve hazırlık sistemi uygulanmasıdır. Küçük boyutlu donanımların üretimini gerçekleştirebilen Türk girişimcilerinin, kendi kapasitelerini de adım adım artırmalarına bir olanak sağlanarak, yukarıda belirtilen üçüncü fırsat alanındaki

'çarpan etkisi' gerçekleştirilebilir (Bkz. Bölüm 3). Türk Hızlandırıcı Kompleksi'nin hızla tamamlanarak hizmete açılması da, yalnızca toryum teknolojisinin veya nükleer teknolojinin geliştirilmesi açısından değil, aynı zamanda genel temel araştırma imkanlarının geliştirilmesi açısından da azami seviyede hayati bir adımdır¹⁹. Nihai hedefin toryum reaktörlü bir nükleer santral inşa edebilmek olduğu göz önünde bulundurulursa, yapılacak en büyük ve en önemli fiziki kabiliyet yatırımının ise milli teknolojinin kullanılacağı bir toryum nükleer güç santrali olduğu öngörülebilir. Bu süreç, ülkemizde birçok farklı teknolojinin de gelişmesine imkan sağlayacaktır.

¹⁹Özgür Etişken, "Türkiye'nin Mega Projesi: Türk Hızlandırıcı Merkezi", *Bilim ve Teknik*, No. 524, ss. 54 – 59.

■ BÖLÜM 5: SONUÇ



Sonuç olarak toryum, yakın gelecekte nükleer santrallerde kullanılabilme potansiyeli olan bir maddedir ve Türkiye'deki toryum rezervi, Dünya'daki önde gelen toryum rezervlerindedir. Her ne kadar toryum teknik açıdan nükleer güç santrallerinde kullanılabilir olsa da bu durumun ancak beş yıl zarfında pratiğe geçirilmesi beklenmektedir. 'Toryum yarışı' olarak adlandırılan yarış ise, bu beklentinin hızla hayata geçirilerek ticarileştirilmesi ve yüksek teknolojik ürün/hizmet ihracından büyük boyutta kazanç elde edilmesine yönelik olan bir yarışır.

Türkiye, kronik enerji problemlerini çözme potansiyeline rağmen, toryum yarışına henüz girmemiştir. Fakat, hızlı davranarak, makul bir hedefe odaklanarak ve oluşturacağı toryum stratejisinde adım adım ilerleyerek kendi milli toryum teknolojisini üretmesinin gerekliliği her geçen gün artmaktadır. Türkiye'de toryum konusunda bugüne kadar yapılan çalışmaların, 2003 ve 2007 tarihli iki BTYK kararına (Bkz. Bölüm 1) rağmen hala bir netice vermemiş olmasının ana sebepleri ilerlemeyen bürokratik süreçler, konunun magazinleştirilmiş olmasından kaynaklanan gerçekdışı kamuoyu algısı ve etkin çalışan milli bir Ar-Ge politikasının halen oluşmamış olmasıdır.

