

Global Karbonsuz Toryum Yakıtlı Nükleer Güç Santralleri Elektrik Üretimi için Çin ve Hindistan'da Yürütülen Araştırma Geliştirme ARGE Faaliyetleri

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

Fizik Mühendisleri Odası (canguzel.taner@gmail.com)

Çağımızda baz yük kaynağı karbonsuz uranyum yakıtlı nükleer güç santralleri elektrik üretimi amaçlı muhtelif tasarımlı nükleer reaktör tipleri olarak hem kalkınmış hem de kalkınmakta olan ülkelerde işletilmektedir. En yaygın çalıştırılan küresel nükleer reaktör çeşitleri arasında hafif sulu basınçlı su reaktörleri (Pressurized Water Reactor – PWR) ve kaynar sulu reaktörler (Boiling Water Reactor – BWR) ile tabii uranyum (U – 238) yakıtlı nükleer santraller tipi olan Kanada tasarımı ağır sulu CANDU reaktörleri modelleri gelmektedir. İleri nükleer yakıt teknolojileri kullanan hafif sulu nükleer elektrik reaktörleri geliştirilmiş üçüncü nesil nükleer güç santralleri sınıfına girmektedir. Diğer taraftan, Güney Afrika tasarımı modüler çakıl yataklı (pebble bed) uranyum yakıtlı nükleer reaktörler de geliştirilmektedir. Modern nükleer yakıt çevrimi aracılığıyla dördüncü kuşak nükleer elektrik santralleri ise 2030 – 2040 yılları arasında faaliyete geçecektir. Ayrıca çağdaş, yenilikçi, evrimsel ve ileri teknolojiler kapsamında çağdaş akıllı hızlı üretken reaktörler (fast breeder reactors) üzerinde de ciddi araştırmalar yapılmaktadır. Bu yazıda yakın gelecekte çalıştırılması muhtemel toryum yakıtlı yeni nesil nükleer enerji reaktörleri bilimsel araştırmaları ele alınmaktadır.

“Bir işe başlamak bitirmenin yarısıdır” atasözü dünya sivil nükleer santral programları, profili ve projeksiyonları kapsamına uygulandığı takdirde ters bir sonuç ortaya çıkmaktadır. Küresel nükleer enerji programları başladığından beri çeşitli sorunlar ve aksilikler peş peşe sıralanmaktadır. Global atom enerjisi ve küresel nükleer teknoloji projeleri, ne yazık ki, yürütülen dünya atom bombaları programları ve projeksiyonları ışığı altında sanki gayri meşru üvey evlat muamelesi görmektedir. Böylece, söz konusu atasözü dünya nükleer santral projeleri için maalesef “kötü başlayıp iyi sonuçlanmayan” bir ifadeye dönüşmektedir. Bununla beraber küresel nükleer güç santrali projeleri açısından yeni, temiz ve beyaz bir sayfa da açılmaktadır. Bu bağlamda global endüstriyel güç olarak hızla büyüyen aynı zamanda enerji ihtiyacı hızla artan Hindistan ve Çin, toryum yakıtla çalışan yeni kuşak nükleer elektrik reaktörleri araştırmalarına hız vermektedir. Küresel nükleer bombalar, mevcut reaktörlerin nükleer yakıtları olan uranyum ve plütonyum vasıtasıyla üretilmektedir. Nükleer yakıt zenginleştirme teknolojileri hem global atom bombaları yapılması hem de uranyumla çalışan nükleer reaktörler yakıt çubukları üretimleri içeriğinde kullanılmaktadır. Böylece, küresel nükleer bomba üretilmesi amaçlı projeler de gizli şekilde sinsi ve el altından yürütülebilmektedir. Örneğin, nükleer reaktör yakıtı zenginleştirilmiş uranyum, atom bombası plütonyuma kolayca dönüştürülmektedir. Toryumun nükleer silah haline dönüştürülmesi zor olmakla beraber imkânsız da değildir. Ancak, söz konusu hedefe yönelik yeterince umut vaat etmeyen bir ABD toryum projesi 1970 li yıllarda askıya alınmıştır. Ayrıca, küresel nükleer silahlar için kullanılabilecek üç dört kat uranyum da gezegende zaten mevcuttur. Dünyada nükleer enerji endüstrisi ise küresel nükleer bomba yapımı haricinde barışçıl amaçlar doğrultusunda global nükleer yakıt geliştirilmesi için temel araştırmalara öncelik vermektedir. Hindistan'da zengin toryum rezervleri bulunmaktadır. Hindistan nükleer

güç programı ülkenin şu anda %3 düzeyinde seyreden nükleer elektrik üretimi payını %25 oranına çıkarmayı planlamaktadır. Söz konusu nükleer enerji programı kapsamında toryum nükleer yakıtı kullanılması hedeflenmektedir. Hindistan toryum yakıtlı nükleer elektrik santralleri faaliyete geçmesinin ise uzun yıllar alması beklenmektedir. Indira Gandhi Atom Araştırma Merkezi (Indira Gandhi Centre for Atomic Research) 'nde küçük bir toryum yakıtlı nükleer reaktör çalıştırılmaktadır. Kalpakkam, Tamil Nadu ve Mumbai Bhabha Atom Araştırma Merkezi (**Bhabha Atomic Research Centre - BARC**) sahalarında toryum güçlü ağır su reaktörü çalıştırılması planlanmıştır. Toryum kaynaklı ağır su nükleer reaktörleri 2020 yılları başlarında işletilmesi programlanmıştır.

İskandinav ve Germen mitolojilerinde toryum, gök gürültüsü tanrısı (the Norse god of thunder) olarak adlandırılmıştır. Aşağıda radyoaktif toryum'lu kılıcın bir Vikingli tarafından kırılması sonucu elde edilen muazzam enerji karşısında şaşkınlığı ve günümüz dünyasında elektrik üniteleri kapsamında kullanılması karikatürize edilerek resmedilmektedir.



Kaynak: The Economist Dergisi

Diğer taraftan, Çin toryum nükleer teknoloji programı ise çok daha büyük bir boyut sergilemektedir. Çin Bilimler Akademisi (**Chinese Academy of Sciences – CAS**), toryum kökenli nükleer santraller kurulması için ülkesinin dünyanın en büyük ulusal çabasını gösterdiğini iddia etmektedir. Toryum kaynaklı nükleer elektrik santralleri geliştirilmesi için **CAS** yönetiminde 430 Çin bilim insanları ve mühendislerinin geceli gündüzlü çalışmaları bildirilmektedir. Çin toryum bazlı nükleer enerji santralleri araştırma programları kapsamında çalışacak personel sayısının 2015 yılında 750 kadar ulaşması beklenmektedir. Toryum nükleer güç teknolojisi araştırmaları mühendis kariyerine sahip Çin'in eski lideri Jiang Zemin gibi mühendis olan oğlu Jiang Mianheng tarafından yönetilmektedir. Jiang Mianheng, Amerika Birleşik Devletleri Philadelphia 'da konuşlu Drexel Üniversitesi'nde mühendislik öğrenimi

görmüştür. Bazı bilimsel çevreler tarafından Mr Jiang'ın meziyetlerinin toryum nükleer enerji teknolojileri programı için uygun olup olmadığı tartışılmaktadır. Çin toryum araştırmaları planlanan şekilde ilerleyebilmesi ancak, projeye politik nüfuz kazandırılması ile mümkün olacağı da ileri sürülmektedir. Araştırma ekibince 2015 yılında ilk Çin prototip reaktörü işletmeye alınması planlanmıştır. Hindistan'a benzer şekilde Çin toryum reaktörü 'de katı yakıt kullanacaktır. Bununla birlikte Shanghai Uygulamalı Fizik Enstitüsü (**Shanghai Institute of Applied Physics - SINAP**), 2017 yılına kadar daha karmaşık yapıya sahip **erimiş toryum florid (ThF4)** yakıtı kullanılacağını öngörmektedir. Sonuçta, Çin ve Hindistan'da yürütülen ulusal toryum araştırmaları geleceğin küresel nükleer güç teknolojileri açısından büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar:

- Yeni Nesil Nükleer Güç Reaktörleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Almanya'da Nükleer Enerjinin Geleceği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2007.
- Nükleer Enerji, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2007.
- Nükleer Reaktörler, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2007.
- Nükleer Güç Santralleri ve Nükleer Enerjinin Geleceği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2007.
- Nükleer Enerji Santralleri, Enerji Kaynak Çeşitliliği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Nükleer Güç Santralleri Gelişiminde Nükleer Emniyet ve Nükleer Güvenlik, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Fransa'da Nükleer Santraller ve Nükleer Reaktörlerin Geleceği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Nükleer Santraller ve Gelecekteki Nükleer Enerji Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2008.
- İngiltere'de Enerji Arz Güvenliği, Enerji Kaynaklarının Çeşitlendirilmesi, Nükleer Santraller ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Avrupa'da Nükleer Santraller ve Nükleer Enerji Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2009.
- İleri Reaktörler, Karbon Borsası ve Küresel Finansal Kriz, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2010.
- İleri Nükleer Santraller, İklimsel Değişim Mekanizmaları, Küresel Isınma ve İklim Değişiklikleri Bilimsel Raporları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2010.
- İngiltere; Yenilikçi Nükleer Santraller ve Enerji Ulaşım Telekomünikasyon Altyapı Yatırımları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Amerika; Yeni Nesil Nükleer Elektrik Santralleri ve Nükleer Rönesans, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Çağdaş Nükleer Santraller ve Avrupa Basınçlı Su Reaktörleri (**European Pressurized Water Reactor - EPR**) ile ilgili Fransa'nın Pazarlama İkilemi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2011.

- Almanya; Enerji Stratejisi ve Nükleer Güç Santralleri İşletilmesi Perspektifi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Japonya Depremi Tsunami ve Nükleer Reaktörler, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Fukushima Nükleer Güç Santralleri Kazaları Sonrası Modern Nükleer Santraller Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Japonya Deprem Tsunami Süpürtü Dalgaları Doğal Felaketler Sonucu Nükleer Reaktör Kazaları Sonrası Almanya Nükleer Enerji Politikası Sarmalı, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Almanya Nükleer Elektrik Santralleri Kapatılması Perspektifi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Almanya Nükleer Santraller Kapatılması Kararı Sonrası Elektrik Üretimi Çıkmazı, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Amerika Birleşik Devletleri Enerji Politikası ve Evrimsel Nükleer Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Almanya Enerji Devrimi ve Enerji Dönüşümü-**Energiewende** Politikaları, Fosil Yakıtlı ve Nükleer Enerji Tabanlı Ekonomi Sistemi Portföyünden Yenilenebilir Enerji Kaynakları Temelli Ekonomi Sistemi Portföyüne Transformasyon, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- ABD Nükleer Enerji Politikaları Çerçevesinde Geliştirilen Modern Yeni Kuşak Nükleer Elektrik Santralleri Stratejileri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Almanya Yeşil Enerji Devrimi **Energiewende** Enerji Dönüşümü Süreci İçinde Elektrik Şebekesi Sistem Kararsızlıkları ve Gerilim (Voltaj) Dengesizlikleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Güney Afrika Elektrik Üretimi Portföyü, Enerji Arz Güvenliği Zafiyeti ve Çıkmazı Sorunları Nedeni Ülke Genelinde Yaşanan Elektrik Kesintileri ile Enerji Kısıntıları Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Çin, Yeni Kuşak Nükleer Enerji Santralleri, Global Yenilikçi Nükleer Santral İnşaatları ve Dünya Sera Gazı Emisyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Almanya Enerji Reformu Düşük Karbon Ekonomileri Yenilenebilir Enerji Kaynakları **YEK** Devrimi ve **Energiewende** Enerji Çevrimi Açmazı, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- İngiltere Elektrik Arz Güvenliği Sarmalı ve Çıkmazı Kapsamında Elektrik Kısıntıları ve Enerji Kesintileri Riski ile Karbonsuz Baz Yük Kaynağı Modern Yeni Nesil Nükleer Güç Santralleri Kurulması Çalışmaları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Almanya Düşük Karbon Ekonomisi Enerji Dönüşümü Paradoksu ile Temel Yük Kaynağı Karbonsuz Nükleer Güç Santralleri Kapatılması ve Elektrik Devrimi (**Energiewende**) Çelişkisi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Polonya Farklı Enerji Transformasyon (**Energiewende**) Politikası, Kömür Yakıt Kaynaklı Elektrik Üretimlerinden Nükleer, **YEK** ve Gaz Üretimlerine Dönüşüm, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- The Economist Dergisi, (12 Nisan 2014 –18 Nisan 2014).

Fizik Mühendisleri Odası Resmi İnternet Sitesi:
[www.fmo.org.tr/ yayinlar/faydali-bilgiler](http://www.fmo.org.tr/yayinlar/faydali-bilgiler)