

Çin Karbonsuz Dördüncü Nesil Ergimiş Tuz Reaktörleri ETR Kompleksleri Kurulması Yönünde Ticari Nükleer Güç Üretimi Başlatılması Planları

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

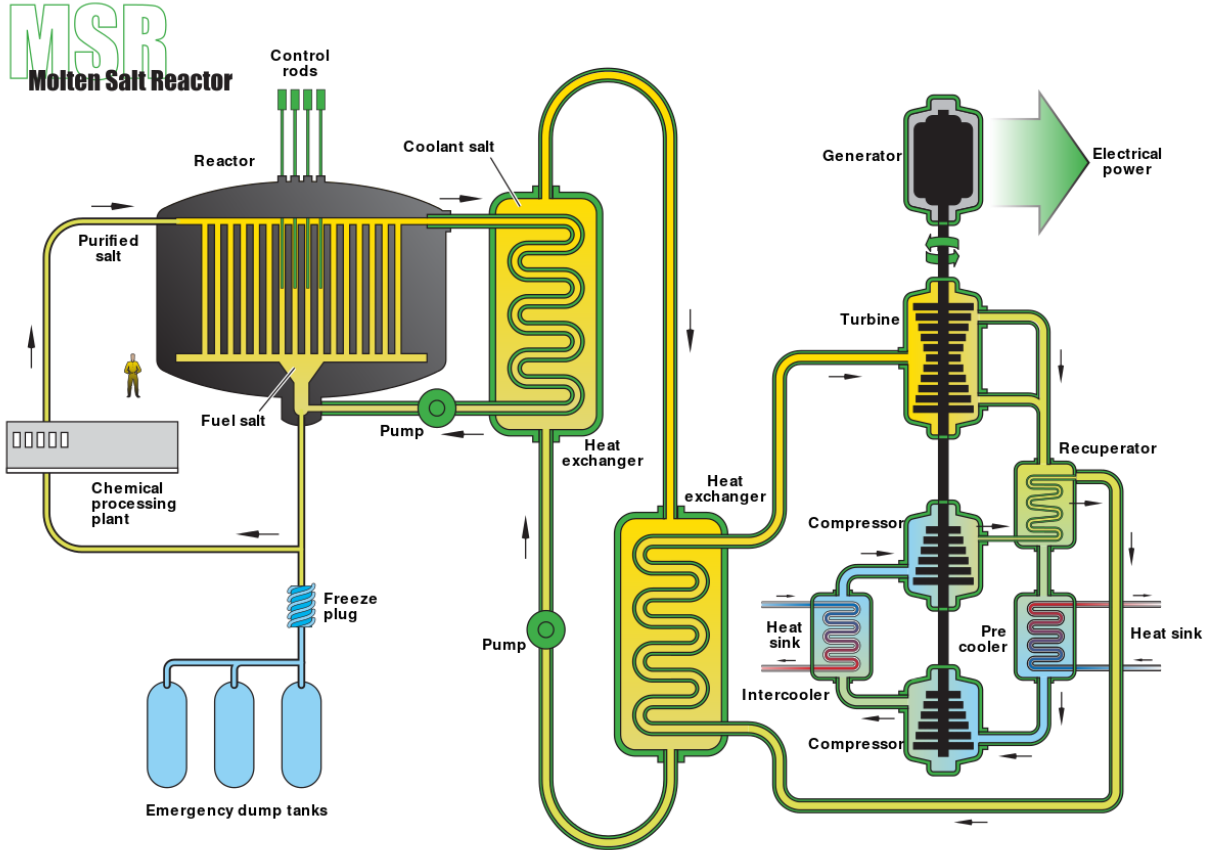
Fizik Mühendisleri Odası FMO (canguzel.taner@gmail.com)

Çin yönetimi, yerkürenin ısınması ve global iklim değişiklikleri sorunları mücadelesi bağlamında ulusal karbonsuzlaştırma teknolojileri yatırımları projelerine ağırlık vermektedir. Çin karbonsuz güç üretim portföyü projeksiyonları ve küresel iklim dostu önlemler doğrultusunda atmosfere yoğun karbondioksit emisyonları yayan baz yüklü kömür ve düşük kaliteli kahverengi linyit yakıtlı termik santral ünitelerinin işletilmesi faaliyetlerinin durdurulması, ulusal acil ekolojik tedbirler kapsamında değerlendirilmeye tabi tutulmaktadır. Çin yenilikçi toryum yakıtlı ergimiş tuz reaktörleri ETR üniteleri Ar-Ge çalışmaları ise hızlı biçimde yürütülmektedir. Ayrıca, olası inovasyona dayalı sodyum soğutmalı yeni kuşak eritilmiş tuz reaktörleri ETR üniteleri içinde tüketilmiş çok yüksek aktiviteli nükleer yakıt atıkları ve toryum nükleer yakıtları çevrimi elemanları kullanımları da geleceğin önemli temiz ve ekonomik alternatif nükleer enerji üretim sistemleri arasında sayılmaktadır. Öte yandan, dünya toryum cevheri rezervleri çerçevesinde Türkiye toryum madeni yatakları; Avustralya ve Amerika Birleşik Devletleri ABD'den sonra üçüncü sırada yer almaktadır (referans: Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı UAEA Yayını 2005). Düşük karbon teknolojili küresel toryum yakıtı kullanan evrimsel nükleer enerji reaktörleri yapımı çalışmaları ise Türkiye sürdürülebilir çevre dostu karbonsuz elektrik üretimi profili dikkate alındığı takdirde hayati ehemmiyete sahip bulunmaktadır. Çin, 2030 yılına kadar karbonsuz temel enerji kaynağı ticari inovatif toryum yakıtlı dördüncü kuşak nükleer güç santralleri NGS reaktörleri çalıştırılması hakkında yürütülen faaliyetleri bu yazıda incelenmektedir.

Güneş sistemi içerisinde yaşanabilir yegâne mavi gezegen dünyanın temiz enerji ihtiyacının karşılanması yönünden iklim dostu karbonsuz baz yük kaynağı nükleer güç santrali NGS reaktörleri kurulması yatırımları önem taşımaktadır. Aynı zamanda küresel nükleer silahların yayılmasının önlenmesi bağlamında daha güvenli ve emniyetli global nükleer enerji teknolojileri projelerine de gereksinim duyulmaktadır. Nükleer güvenlik ve nükleer emniyet kriterleri açısından uygun niteliklere sahip olan yenilikçi eritilmiş tuz nükleer reaktörleri ETR (**Molten-Salt Reactors - MSR**) üniteleri projeksiyonları son zamanlarda ön plana çıkmaktadır. Çin, yeni nesil karbonsuz ergimiş tuz reaktörleri ETR kompleksleri geliştirilmesi stratejisi çalışmalarına odaklanmış bir görüntü sergilemektedir. Çin kamu sektörü bilim insanları ve nükleer enerji mühendisleri tarafından ticari toryum yakıtlı yeni kuşak eritilmiş tuz reaktörü ETR tasarımları Araştırma Geliştirme Ar-Ge faaliyetleri yürütülmesinin resmen açıklandığını ise İngilizce dilinde yayınlanan Güney Çin Sabah Postası gazetesi (**South China Morning Post - SCMP**) bildirmektedir. SCMP gazetesi, toryum yakıtlı prototip nükleer reaktör ETR kompleksi inşaatı çalışmalarının Ağustos 2021'de tamamlandığını ve eritilmiş tuz reaktörü ETR kompleksinin deneme amaçlı işletilmesi faaliyetlerinin Eylül 2021 tarihinde başlayacağını duyurmaktadır. Ayrıca, Çin ergimiş tuz reaktörü ETR test çalışmaları sonrası ilk ticari toryum kaynaklı karbonsuz nükleer güç santrali NGS ünitesinin 2030 yılına kadar enterkonnekte sisteme bağlanması da hedeflenmektedir. **Live Science** internet sitesi, Çin prototip erimiş tuz reaktörü ETR deneme çalışmalarının olumlu yönde ilerlemesi sürmesi halinde yönetimin büyük

kapasiteli baz enerji kaynağı karbonsuz toryum yakıtlı nükleer güç santralleri NGS kompleksleri kurulması yatırımları için planlar yaptığını vurgulamaktadır.

Sol baştan itibaren eritilmiş tuz nükleer reaktörü ETR (**Molten-Salt Reactors - MSR**); nükleer reaktör kalbi (eflatun renkli), reaktör kontrol çubukları (control rods), iki adet ısı dönüştürücüsü (heat exchanger) çevrimi, nükleer güç üretimi türbin sistemi (turbine) ve jeneratör (generator) ile üretilen karbonsuz nükleer elektrik enerjisinin şebekeye bağlanması aşağıda şematik olarak gösterilmektedir.



Kaynak: Amerika Enerji Bakanlığı DOE - US Department of Energy Nuclear Energy Research Advisory Committee

Dünya Nükleer Birliği (World Nuclear Association - WNA), Çin yönetiminin toryum yakıtlı dördüncü kuşak karbonsuz ergimiş tuz nükleer reaktörleri ETR (**Molten-Salt Reactors - MSR**) kurulması sahası için düşük nüfus yoğunluğu olan ve kurak iklim koşulları hüküm süren ülkenin Kuzey Batı bölgesini plandığını açıklamaktadır. Modern eritilmiş tuz reaktörleri ETR kompleksleri yer seçimi yönünden özellikle kuraklık çeken bölgeler tercih edilmektedir. Dünya genelinde yaygın klasik basıncı su reaktörleri (**Pressurized Water Reactors - PWR**) üniteleri nükleer reaktör kalbi soğutulması kapsamında yoğun su ihtiyacı bulunmaktadır. Yeni nesil toryum yakıtlı karbonsuz ETR nükleer kompleksleri nükleer reaktör çekirdekleri soğutulması ise erimiş florür tuzları (molten fluoride salts) kanalıyla gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, çağdaş ergimiş tuz reaktörleri ETR üniteleri komplekslerinde soğutucu tuz içerisine uranyum nükleer yakıtları ve toryum nükleer yakıtları karıştırılması suretiyle kullanılması da mümkün olmaktadır. Dördüncü nesil toryum yakıtlı evrimsel eritilmiş tuz reaktörleri ETR sistemlerinin diğer önemli bir avantajı da küresel toryum cevheri rezervleri ile yataklarının bol ve aynı zamanda toryumun ucuz temin edilmesinden

kaynaklanmaktadır. Çin deneysel amaçlı toryum yakıtlı inovatif ergimiş tuz reaktörü **ETR** nükleer tesisi (**Molten-Salt Reactor Experiment**) bir ilk global nükleer kompleks niteliği taşımamaktadır. Örneğin, Amerika Birleşik Devletleri **ABD Oak Ridge Ulusal Laboratuvarı** (**Oak Ridge National Laboratory - ORNL**), 1950'li yıllarda toryum kaynaklı ergimiş tuz reaktörleri **ETR** araştırma geliştirme **Ar-Ge** faaliyetlerine öncülük etmiştir. **Amerikan Enerji Bakanlığı** (**Department of Energy - DOE**)'na bağlı **ORNL** Ulusal Laboratuvarı, **Manhattan Projesi** (**Manhattan Project**) dahilinde **ETR** eritilmiş tuz reaktörünün nükleer uçak motoru içinde kullanılması için araştırma projeleri yürütmüştür. Ayrıca, dört yıl boyunca test amaçlı çalışan **ORNL** yapımı **7.4 MW** kapasiteli **ETR** reaktörü de kurulmuştur. Ancak, **ORNL** **ETR** nükleer reaktör yakıtının bir kısmını diğer reaktörlerde toryum yakıt çevrimi yoluyla üretilmiş olan uranyum-233 (**233 U**) nükleer yakıtı oluşturmuştur. **ABD Massachusetts Teknoloji Enstitüsü** (**Massachusetts Institute of Technology - MIT**) Nükleer Bilim ve Mühendislik Bölümü üst düzey araştırmacısı aynı zamanda önceleri nükleer enerji uzmanı olarak **ORNL**'de görev yapan **Dr Charles Forsberg**, **Amerika Savunma Bakanlığı Pentagon** tarafından uranyum yakıtlı hızlı üretken reaktörler (**Fast Breeder Reactors - FBR**) projelerine ağırlık verilmesi neticesi, toryum yakıtlı ergimiş tuz reaktörleri **ETR** yatırımları projeksiyonlarının rafa kaldırıldığını ifade etmektedir.

Günümüzde ise Çinli nükleer bilim insanları, bir zamanlar **ORNL**'de kurulmuş toryum yakıtlı eritilmiş tuz reaktörü **ETR** nükleer tesisi kompleksinin aynısını inşa etmektedir. Çin yönetimi **ORNL** ile kısa süreli ve çok az nükleer bilgi alışverişi sağlamıştır. Ancak, toryum reaktörleri konularında **ORNL**'e ait entellektüel nükleer bilgiler, kamuya açık (public domain) bir zeminde bulunmaktadır. Çin nükleer enerji mühendisleri ve bilim insanlarının söz konusu nükleer bilgilerin bir kısmını kullanması dikkat çekmektedir. Diğer taraftan **Dr Forsberg**, 1960'lı ve 1970'li yıllarda yayımlanan binlerce toryum kökenli nükleer reaktör işletilmesi teknik raporları ile bilimsel makalelerin literatürde açıkça yer aldığını işaret etmektedir. Öte yandan, son nükleer teknolojik gelişmeler doğrultusunda toryum menşeli karbonsuz eritilmiş tuz reaktörleri kompleksleri kurulması çok daha fizibil ve ekonomik bir görüntü sunmaktadır. İnovatif nükleer donanımlar, yenilikçi cihazlar ve ekipmanlar; modern nükleer reaktörler kapsamında yoğun olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan, yüksek sıcaklıklı tuz pompaları sayesinde yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** odaklı konsantre güneş enerjisi santralleri **GES** üniteleri sistemlerinde erimiş tuzlar vasıtasıyla ısının depolanması da gerçekleştirilmektedir. Ergimiş tuz reaktörleri **ETR** içeriğinde tuz pompası üretimleri için **sabit basınç sistemi** (constant pressure system - **CPS**) biraz farklı özellikte olmasına rağmen sadece **CPS** pompası tedarikçilerine başvurulması yeterli görülmektedir. Son 50 yıl zarfında karbonsuz baz yüklü eritilmiş tuz reaktörleri **ETR** kompleksleri kapsamında kullanılacak olan inovasyona dayalı teknolojiler ve yenilikçi donanımlar dev adımlar ile geliştirilmektedir. Fransa, Hindistan, Japonya, Norveç ve **Amerika Birleşik Devletleri** toryum kaynaklı nükleer reaktörler üzerinde çalışmalar yürütmesine karşın henüz hiçbirinde ticari toryum yakıtlı nükleer güç santralleri **NGS** kurulması hakkında nükleer yol haritası ve nükleer güç projeksiyonu belirlenmiş bir durumda değildir. Gelecek on yılda az sayıda özel sektör girişimcisinin toryum menşeli ergimiş tuz reaktörü nükleer elektrik santrali yatırımları için çaba harcaması beklenmektedir. En yakın **ETR** nükleer enerji santrali girişimcisi olarak **Alameda, California CA** konulu **Kairos Power** Firması yer almaktadır. **Kairos Power** Şirketi, **Oak Ridge, Tennessee TN** Eyaleti'nde 2026 yılına kadar demonstrasyon amaçlı **50 MW** kapasiteli toryum yakıtlı ergimiş tuz reaktörü **ETR** çalıştırılması planlamaktadır. **Dünya Nükleer Birliği** (**World Nuclear Association – WNA**)'ne göre küresel toryum

kökenli eritilmiş tuz reaktörleri **ETR** nükleer elektrik üretim tesisleri **araştırma geliştirme Ar-Ge** faaliyetleri açısından Çin lider konumunu muhafaza etmektedir. Çin Hükümeti tarafından desteklenen karbonsuz nükleer enerji projelerinde çok sayıda yetenekli nükleer enerji mühendisleri ve nükleer bilim insanları görevlendirilmektedir. Sonuçta, Çin iklim dostu temel enerji kaynağı toryum yakıtlı dördüncü nesil **ergimiş tuz reaktörleri ETR** nükleer **güç santralleri NGS** projeleri ciddi biçimde ilerlemektedir.

Kaynaklar:

- Çin; Nükleer Santraller, Elektrik Üretimi Politikaları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Çin, Yeni Kuşak Nükleer Enerji Santralleri, Global Yenilikçi Nükleer Santral İnşaatları ve Dünya Sera Gazı Emisyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Global Karbonsuz Toryum Yakıtlı Nükleer Güç Santralleri Elektrik Üretimi için Çin ve Hindistan'da Yürütülen **Araştırma Geliştirme ARGE** Faaliyetleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Dünya Toryum Rezervleri ile Küresel Karbonsuz Toryum Kaynaklı Nükleer Elektrik Reaktörleri Geliştirilmesi için Yapılan Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Çin Nükleer Enerji Programı Çerçevesinde Karbonsuz Temel Yük Kaynağı **Nükleer Güç Santralleri NGS** Nükleer Güvenlik Kriterleri Açmazı ve İkilemi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Rusya Federasyonu Küresel Karbonsuz Nükleer Güç Santralleri Yatırımları ile Çin, Güney Kore, Fransa ve Amerika Nükleer Enerji Projeleri Rekabeti, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Çin, Hindistan, Türkiye, Mısır, Suudi Arabistan, Ürdün ve **BAE** Nükleer Güç Programları ile Birlikte Nükleer Yakıt Uranyum Ticareti Canlanması, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Karbonsuz Hızlı Nükleer Santraller veya Hızlı Üretken Reaktörler ile Baz Yüklü Küçük Modüler Nükleer Güç Reaktörleri (**SMR**) Yatırımları Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2019.
- Temel Güç Kaynakları Karbonsuz Mini Nükleer Elektrik Reaktörleri ve Global Nükleer Yakıt Erimesi Kazaları Karşısındaki Teknolojik Üstünlükleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2020.
- Çin Baz Yüklü Karbonsuz Yeni Kuşak Nükleer Güç Santralleri Yatırımları ve Ulusal Yenilikçi Yüksek Hızlı Tren Hatları Ağı Projeleri Gelişim Süreci, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2020.
- Çin Baz Yüklü **Taishan** Karbonsuz Nükleer **Nükleer Güç Santrali NGS** Nükleer Yakıt Çubuğu Kaplama Arızası Sonrası Radyoaktif Sızıntı Duyurusu, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Microsoft** Şirketi Kurucusu ve Dünyanın Önde Gelen Girişimcisi **Bill Gates**'in Temel Enerji Kaynağı Karbonsuz **Nükleer Güç Santrali NGS** Yatırımları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
- China Says It's Closing in on Thorium Nuclear Reactor > With prototype reportedly firing up in September, country teases **commercial thorium power** by 2030, **Institute of Electrical and Electronics Engineers - IEEE Spectrum** Yayını, 04 Ağustos 2021.

Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:

www.fmo.org.tr/_yayinlar/faydali-bilgiler