

Çin Yüksek Radyoaktif Nükleer Atıkları Yok Edilmesi ve Nihai Depolanması İçin İlk Yeraltı Araştırma Laboratuvarı Kurulması Çalışmaları Başlatılması

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

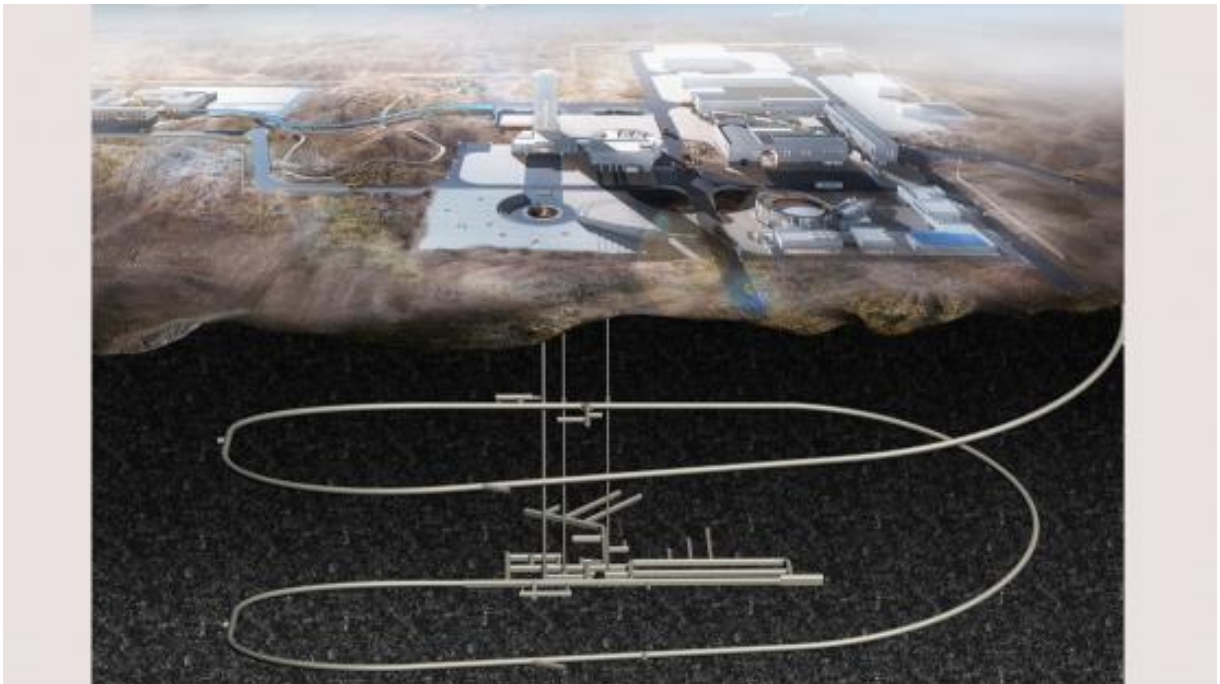
Fizik Mühendisleri Odası FMO (canguzel.taner@gmail.com)

Küresel radyoaktif atıkların bertaraf edilmesi ve global nükleer atık idaresi yöntemleri, dünya kamuoylarında sürekli nükleer endişe ve spekülasyon konusu olmaktadır. Ancak, geliştirilen inovatif nükleer teknolojiler sayesinde nükleer atıkların yok edilmesi de olası görülmektedir. Gelecekte baz enerji kaynakları yenilikçi karbonsuz hızlı üretken reaktörler (Fast Breeder Reactors - FBR) devreye girmesi ile birlikte mevzu bahis nükleer elektrik üretimleri komplekslerinde yüksek düzeyli nükleer atıkların kullanılması ve tüketilmesi suretiyle radyoaktif atıkların bertarafı da mümkün kabul edilmektedir. Evrimsel yürüyen dalga reaktörü (Travelling Wave Reactor - TWR) dizaynı, havuz tipi sodyum soğutmalı hızlı reaktör (Sodium-cooled Fast Reactor - SFR), bir başka deyimle, karbonsuz yeni kuşak Ergimiş Tuz Reaktörleri – ETR ünitelerinde nükleer atık muamelesi görecek olan son derece radyoaktif bazı tüketilmiş nükleer yakıtların kullanımı ve tüketimi önemli bir örnek teşkil etmektedir. Çin, küresel karbonsuzlaştırma devrimi perspektifleri yolunda ilerlemek için özellikle birincil enerji kaynakları düşük kalorili kahverengi linyit ve kömür yakıtlı termik santraller bağımlılığının azaltılması yönünde ulusal karbonsuz elektrik üretimi programları yürütmektedir. Doğa dostu, çevreci ve yeşil Çin karbonsuz yenilenebilir enerji kaynakları odaklı hidroelektrik santralleri HES üniteleri, rüzgar enerjisi santralleri RES türbinleri ve güneş enerjisi santralleri GES panelleri projeleri dikkat çekici boyutta devam etmektedir. Ayrıca, Çin inovasyona dayalı yeni nesil elektrikli otomobil ve karbonsuz evrimsel yüksek hızlı tren YHT hatları ağı yatırımları da süratli şekilde sürdürülmektedir. Söz konusu Çin düşük karbon ekonomisi enerji portföyü oluşturulması planlamaları doğrultusunda karbonsuz nükleer güç tesisi yatırımları konsepti de ciddi bir yer tutmaktadır. İşletilen Çin baz yüklü karbonsuz yeni nesil nükleer güç santrali NGS reaktörleri sayısı 51 adete ulaşmıştır. Modern karbonsuz nükleer elektrik üretim tesislerinin işletilmesi sonucu oluşan son derece radyoaktif uzun yarı ömürlü nükleer atıkların yüz binlerce yıla kadar küresel nükleer güvenlik ve nükleer emniyet kriterleri çerçevesinde güvenli biçimde muhafaza edilmesi gerekmektedir. Uzun yarı ömürlü çok yüksek aktiviteli radyoaktif atıkların saklanması ve yok edilmesi çerçevesinde ilk Çin yeraltı nükleer atık saklama araştırma laboratuvarı yapımı başlatılması bu yazıda incelenmektedir.

Çin, nükleer atıkların yok edilmesi için ilk radyoaktif atık imha araştırma laboratuvarı projesi yatırımını faaliyetlerinin **Gobi Çölü (Gobi Desert)**'nde yürütülmesi kararı almıştır. Çin **Gobi Çölü** kapsamında aşırı aktif nükleer atıkların saklanması ve gömülmesi açısından jeolojik yapısı uygun radyoaktif atık sahası seçimi üzerinde planlamalar yapmaktadır. Böylece, çalıştırılması süregelen 51 adet Çin karbonsuz nükleer güç santrali **NGS** reaktörleri komplekslerinde meydana gelen tüketilmiş nükleer yakıtlar dahil, tüm **yüksek düzeyli radyoaktif atık (high level waste)** sahası da belirlenmiş olacaktır. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı - **UAEA** (International Atomic Energy Agency - **IAEA**) destekli Çin yüksek seviyeli nükleer atık alanı inşaatı çalışmalarının yaklaşık 30 yıl sürmesi beklenmektedir. Geçen uzun süre zarfında bilim insanları, radyoaktif atık laboratuvarının ayırt edici özellikleri ve niteliklerinin

kullanılması suretiyle nükleer atık sahası kayalarının jeolojik, hidrolojik, jeokimyasal ve mühendislik karakteristiklerinin değerlendirilmesi konusunda projeler yürütecektir. Çin, yüksek düzeyli nükleer atıkların son depolanması sahası yerinin tespiti hakkında 1985 yılından beri araştırmalar yapmakta olup bahse konu aşırı radyoaktif atıkların saklanması çalışmaları ise Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı UAEA tarafından 1999 dan bu yana desteklenmektedir. Çin nükleer atık laboratuvarı kurulumu çalışmalarını koordine eden Pekin Uranyum Yerbilimleri Araştırma Enstitüsü (Beijing Research Institute of Uranium Geology - BRIUG) Başkan Yardımcısı Liang Chen, Çin nükleer sanayinin sürdürülebilir gelişimi bağlamında yüksek düzeyli radyoaktif atıkların bertarafı çalışmalarının kritik misyonlar arasında sayıldığını ifade etmektedir.

Yüksek seviyeli nükleer atıkların nihai depolanması ve imhası için jeolojik yapısı uygunluğu, Çin bilim insanları önerisi ile nükleer düzenleme kuruluştan tarafından onaylanacak olan yeraltı radyoaktif atık laboratuvarı aşağıda görüntülenmektedir.



Kaynak: Pekin Uranyum Jeoloji Araştırma Enstitüsü (Beijing Research Institute of Uranium Geology - BRIUG)

Çin yüksek aktiviteli nükleer atıkları yok etme stratejisi üç safhadan ibarettir. Birinci safha, radyoaktif atık laboratuvarı fizibilitesi ve nükleer atık sahası ön seçimi olup, söz konusu faaliyetler 2020 yılında tamamlanmıştır. İkinci safhada 2021 ve 2050 yılları arasında saptanan nükleer atık alanı kapsamında yürütülecek olan yeraltı radyoaktif atık denemeleri ve testlerini müteakip Çin yeraltı nükleer atık laboratuvarı kurulumu inşaatının başlatılması planlanmaktadır. Üçüncü ve final safhasında ise 2041 - 2050 seneleri aralığında, tespit edilen sahada radyoaktif atık testleri ve denemelerinin uygunluğunun onaylandığı varsayımına dayalı olarak Çin yeraltı nükleer atık daimi saklama ve depolama tesisi kompleksinin kurulması programlanmaktadır. Uzun yarı ömürlü çok yüksek radyoaktivite içerikli nükleer atıklar, binlerce yıldan başlamak üzere yüz binlerce yıl riskli ve tehlikeli konumunu sürdürmektedir. Uluslararası nükleer güvenlik ve nükleer emniyet ölçütleri doğrultusunda aynı zamanda uzun vadeli nükleer atık yönetimi kapsamında aşırı yüksek düzeyli radyoaktif atıkların yerin birkaç yüz metre altında jeolojik nükleer atık yok etme ve gömme tesisi komplekslerinde tutulmaları icap etmektedir. Dünyada

jeolojik radyoaktif atık bertarafı ve imhası tesisi inşaatı, Finlandiya baz yüklü karbonsuz yeni kuşak nükleer güç santralleri NGS reaktörleri nükleer atıkları daimi depolanması için halen sürdürülmektedir.

Kuzeyde **Gobi Çölü (Gobi Desert)** ile sınırlanan Çin **Gansu Eyaleti Deishan Bölgesi** içerisinde uzanan ve planlama safhasında olan Çin yeraltı daimi depolama, radyoaktif atık bertaraf ve nükleer atık imha laboratuvarı sahası aşağıda resmedilmektedir.



Kaynak: G. Nieder-Westermann, International Atomic Energy Agency - IAEA

Çin yüksek seviyeli nükleer atıkların yok edilmesi ve imhası projesi içeriğinde **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı UAEA** teknik işbirliği programı desteği ile 2021 yılında 31 Çin bilim insanı ve 11 uluslararası uzmanın katılımı ile 6 haftalık görüntülü online toplantılar düzenlenmiştir. **UAEA** koordinatörlüğünde düzenlenen görüntülü toplantılar neticesi, belirlenen Çin nükleer atık laboratuvarı sahası için yeterli nükleer dokümanlar, teknik kılavuzlar ve teknolojik tavsiyeler sağlanmasına yönelik planlamalar yapılmıştır. **UAEA** Nükleer Atık Grubu Lideri **Stefan Joerg Mayer**, Çin yeraltı daimi radyoaktif atık laboratuvarı kurulması ile birlikte gelecekte ülkelerin sürdürülebilir enerji kaynakları arasında sayılan nükleer gücün temel unsurları kabul edilen jeolojik nükleer atık yok etme tesisleri komplekslerinin bilimsel ve mühendislik yönünden ilerlemesi konusuna son derece önemli katkılar temin edileceğini vurgulamaktadır. Ayrıca, küresel **COVID 19** koronavirüs salgını koşulları sürmesine rağmen Çin sürekli yeni nükleer atık araştırma geliştirme **Ar - Ge** tesisi kurulması hususunda inovasyona dayalı radyoaktif atık tasarımları ve yenilikçi nükleer atık teknolojilerin kullanılması noktasında **UAEA** uzman ve teknik yardımları sağlanması da ifade edilmektedir. Görüntülü online **UAEA** toplantıları 25 Şubat 2021 - 09 Nisan 2021 tarihlerinde icra edilmiştir. İnternet bağlantılı düzenlenen 14 adet nükleer atık etkinliği sırasında Çin yeraltı radyoaktif atık laboratuvarı yapımı hakkında interaktif toplantılar, uzman görüşleri ve izlenecek program değerlendirilmiştir. Radyoaktif atık etkinlikleri kapsamında ilgili paydaşların katılımı ile birlikte Çin nükleer atıklarının son depolanması tesisi kompleksinin güvenliğinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için yapılması gereken hazırlıklar gözden geçirilmiştir. Diğer taraftan, **IAEA** Program Yönetimi Yetkilisi **Petra Salame**, **Pekin Uranyum Yerbilimleri Araştırma Enstitüsü**

(Beijing Research Institute of Uranium Geology - **BRIUG**) tarafından Çin nükleer atık yok etme kompleksi inşaatı başlamadan önce bilimsel araştırmalar kadar kayaların özellikleri ve niteliklerinin belirlenmesi konularına dair **UAEA** dan teknik yardım talep edildiğini açıklamaktadır. Ayrıca, uzman görüntüleme online organizasyonu aracılığıyla Çinli bilim insanları, nükleer enerji mühendisleri ve nükleer düzenleme otoritelerince istenilen tüm konulardaki teknik ve teknolojik bilgilerin **IAEA** üst düzey uzmanlarınca sağlanabileceği de bildirilmektedir. Öte yandan, toplantılara katılan İsviçreli uluslararası uzman **Peit Zuidema**, halihazır tespit edilen Çin nükleer atık nihai depolama ve saklama sahası için gerekli özellikler dahil olmak üzere radyoaktif atık yönetimi kapsamında yüksek düzeyli nükleer atık gömülmesi ve imhası tasarımları ile ilgili tüm konuların derinliğine ayrıntı şekilde tartışıldığını dile getirmektedir. **BRIUG** Başkan Yardımcısı **Liang Chen**, 2021 yılında başlayan yeraltı nükleer atık laboratuvarı kurulması çalışmalarına **UAEA** yardımları ve desteğinin tam zamanında geldiğini, böylece Çin sürdürülebilir nükleer endüstrisi gelişimi ve ilerlemesi açısından can alıcı bir katkı sağlandığını ifade etmektedir. Sonuçta, **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı**, Çin yüksek düzeyli nükleer atık gömülmesi laboratuvarı **Ar-Ge** faaliyetleri yürütülmesi hakkındaki teknik rehberlerin aktarılması yanında geniş içerikli önerileri kapsayan bir teknolojik yardım paketi de sunmaktadır.

Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı internet bağlantılı görüntülü uzman toplantıları çalışmalarına katılan ve Çin yeraltı nükleer atık imha tesisi hakkında deneyimlerini paylaşan **Pekin Uranyum Yerbilimleri Araştırma Enstitüsü** (Beijing Research Institute of Uranium Geology - **BRIUG**) bilim insanları aşağıda resmedilmektedir.



Fotoğraf: Pekin Uranyum Yerbilimleri Araştırma Enstitüsü (Beijing Research Institute of Uranium Geology - **BRIUG**)

Kaynaklar:

- Radyoaktif Atıkların Yok Edilmesi veya Nihai Depolanması, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Yeni Nesil Nükleer Güç Reaktörleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Nükleer Atıkların İdaresi ve Yönetimi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO**, 2007.

- Nükleer Güç Santralleri Gelişiminde Nükleer Emniyet ve Nükleer Güvenlik, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2008.
- 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, **Fizik Mühendisleri Odası 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.
- Çin'in Yüksek Ekonomik Büyüme Hızları Bağlamında Gelişen Küresel Ekolojik Sorunlar Karşısında Ulusal Yeni Çevre Kirliliği Yasal Düzenlemeleri Perspektifi Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Çin Yüksek Sera Gazı Emisyonları Karşısında Karbonsuz Yenilenebilir Enerji Kaynakları **YEK** Kökenli **RES** ve **GES** Elektrik Üretimleri Projeleri Geliştirilmesi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası 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, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2015.
- ABD Nükleer Güç Santralleri NGS** İşletilmesi ve Nükleer Yakıt Çevrimi Sonrası Radyoaktif Atıkların Saklanması ve Nükleer Kalıntıların Depolanması Sorunları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Atom Bombası Üretilmesi Sonrası Uranyum Nükleer Atıkları Depolanan Özbekistan, Kırgızistan, Tacikistan Fergana Vadisi Radyoaktif Kontaminasyonu, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Çin Elektrik Üretim Portföyü İçinde Doğa Dostu ve Çevreci Yenilenebilir Enerji Kaynakları **YEK** Menşeli Rüzgâr Türbinleri Güç Üretimleri Problemleri Çözümü, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Çin Nükleer Enerji Teknolojisi Politikaları ve Stratejileri Sayesinde Hızlı Baz Yük Kaynakları Yenilikçi **Nükleer Güç Santralleri NGS** Kurulması Çalışmaları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Çin, Hindistan ve Avustralya Elektrik Enerjisi Üretimi Kompozisyonu İçerisinde Temel Yük Kaynakları Düşük Kaliteli Linyit ve Kömür Bazlı Güç Santralleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Finlandiya **Nükleer Güç Santralleri NGS** İşletilmesi Sonucu Oluşan Nükleer Atıkların Ulusal Radyoaktif Maddelerin Yönetimi Kapsamında Bertarafı, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2017.
- 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.
- Dünya Karbonsuzlaştırma Devrimi Süreci Başlatan Birleşmiş Milletler BM 2015 Paris İklim Anlaşması Hükümleri Uygulamalarının Durumu ve Geleceği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2020.
- Çin Baz Yüklü **Taishan** Karbonsuz Yeni Nesil Nükleer Güç Santrali **NGS** Nükleer Yakıt Çubuğu Kaplama Arızası Sonrası Radyoaktif Sızıntı Duyurusu, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2021.
- China Begins Construction of First Underground Research Laboratory for High Level Waste Disposal, **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı - UAEA** Yayını, 23 Temmuz 2021

Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:

[www.fmo.org.tr/ yayinlar/faydali-bilgiler](http://www.fmo.org.tr/yayinlar/faydali-bilgiler)