

Finlandiya Nükleer Güç Santralleri NGS İşletilmesi Sonucu Oluşan Nükleer Atıkların Ulusal Radyoaktif Maddelerin Yönetimi Kapsamında Bertarafı

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

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

Temel yük kaynağı karbonsuz nükleer elektrik reaktörleri güç üretimleri ile meydana gelen nükleer atıkların çok uzun yıllar boyunca güvenli ve düzenli biçimde muhafaza edilmesi gerekmektedir. Oluşan nükleer atıkların idaresi ise ulusal nükleer güvenlik ve radyasyon güvenliği yasal mevzuatları ve yönetmelikleri uyarınca her ülke tarafından ayrıntılı şekilde belirlenmektedir. Radyasyon ölçüm seviyeleri göz önüne alınarak düşük radyasyon düzeyli kısa yarı ömürlü radyoaktif atıklar, yine düşük radyasyon düzeyli ancak uzun yarı ömürlü radyoizotoplar ve yüksek radyasyon düzeyli uzun yarı ömürlü nükleer atıkların yok edilmesi bağlamında oldukça farklı radyoaktif atık teknolojisi yöntemleri uygulanmaktadır. İyonlaştırıcı radyasyonların biyolojik etkileri neticesi ortaya çıkacak zararlar ve olumsuzluklardan çevrenin aynı zamanda insanların korunması açısından bilhassa çok uzun yarı ömürlü yüksek radyasyon seviyeli olan küresel nükleer atıkların bertaraf edilmesi önem taşımaktadır. Finlandiya radyoaktif maddeler yönetimi projesi çerçevesinde yüz binlerce yıl radyasyon güvenliği korunması sağlayacak olan nükleer atıkların yok edilmesi metotları bu yazıda incelenmektedir.

Dik yamaçtan aşağıya doğru virajlı beş kilometre uzunluğundaki yol vasıtasıyla çukurda yer alan bir tünele ulaşılmaktadır. Tünelin dibinde ise kaya yüzeylerinde sondajlama yapmak üzere çalışmaya hazır sarı donanımlı teçhizatlar ve ekipmanlar bulunmaktadır. Tünelin içindeki hava üşütücü olmakla beraber bir kaç yıl sonra içerisine konulacak radyoaktif atıklar sayesinde ısınarak sanki **Fin Saunası** ya da **Fin Hamamı** haline dönüşecektir. Tünelin zeminindeki deliklere gömülü halde 5.2 metre uzunluğunda bakır kaplı kutular içerisinde dünyanın en büyük nükleer atıkları arasında sayılan çok yüksek aktiviteli tüketilmiş radyoaktif maddeler yerleştirilecektir. Sondaj çalışmaları tamamlandığında 70 km'lik tünel boyunca neredeyse 100 yıl sürecek her biri yarım ton kullanılmış nükleer yakıt ihtiva eden 3250 adet kutu ve varil gömülecektir. Böylece, gelecek nesillerin radyasyonsuz, emniyetli ve güvenli yaşamasının sağlanması yönünden tüm nükleer atık sahası tecrit edilecektir. Yüz yılı kapsayan mega radyoaktif atık arıtılması projesi henüz başlangıç aşamasındadır. Küresel baz enerji kaynağı karbonsuz nükleer güç santralleri **NGS** yakıtları içeriğinde kullanılan plütonyum radyoizotopları on binlerce yıl güvenli ve emniyetli biçimde depolanması gerekmektedir. Finlandiya tarafından iki nükleer elektrik santrali kompleksinden birinin bulunduğu küçük ormanlık ada **Olkiluoto (Olkiluoto 3 - Finland - AREVA)** yöresinde **ONKALO - Posiva** daimi radyoaktif atık depolama sahası içinde gömülü durumda stoklanacak ve depolanacak nükleer atıkların en az 100000 yıl boyunca güvenli biçimde bertaraf edilmesi amaçlanmaktadır. Jeolojik veriler değerlendirilmesi halinde Finlandiya ana kayaçlarının yaşı yaklaşık 1.9 milyar yıl olarak hesaplanmaktadır. Nükleer atıkların daimi depolanma zamanı dikkate alındığı takdirde ise akıl almaz takribi 4000 insan nesli sürecinin geçmesi gerektiği bulunmaktadır. Finlandiya Güç Dağıtım Şirketi **Posiva** Direktörü **Mika Pohjonen**, söz konusu periyot kadar insanlığın dünyada varlığını sürdürüp sürdürmeyeceğini aynı zamanda gelecekte günümüz nükleer güvenlik ve radyasyon güvenliği mevzuatları hükümlerinin izlenip izlenmeyeceğini hiç kimsenin bilmediğini ifade etmektedir.

Örneğin, geçmiş süreç göz önüne alınması durumunda mükemmel yaratık **Homo sapiens** insan türü Avrupa kıtasına ulaşmadan yüz bin yıl öncesi Finlandiya buzul kütleleri altında idi. **Posiva** nükleer atık sahası seçimi zarfında küresel ısınma ve global iklim değişiklikleri mekanizmaları nedeni deniz seviyelerinin yükselmesi ile birlikte bölgenin 1000 yıl içinde sulara gömülmesi veya bir kez daha yörenin bir kaç kilometre kalınlığındaki buzul kütleleri altında kalma olasılıkları da bilimsel değerlendirmeler içeriğine alınmıştır. Bilim insanları Finlandiya'nın **Grönland (Greenland)** benzeri buzul örtüsü kaplanması varsayımı üzerinde çalışmalar gerçekleştirmiştir. Neticede gelecek Finli kuşaklar on binlerce yıl sonra bile daimi nükleer atık sahası yöresinde 400 metre derinlikte açılacak kuyulardan radyoaktivite yönünden kontamine olmamış radyasyonsuz temiz içme suyu temin edebilecektir.

Aşağıdaki resimde Finlandiya **Posiva** daimi radyoaktif atık depolama sahası tünel girişi görüntülenmektedir.



Kaynak: [The Economist](#) Dergisi

Öte yandan, **Posiva** nükleer atık alanı projesi öncelikli çalışmaları çerçevesinde kaya çatlakları içerisinde yeterince radyoaktif atık bertaraf etme oyukları oluşturulması programlanmaktadır. Nükleer atık varilleri ve kutuları 2020 yılları başlarından itibaren **Posiva** radyoaktif atık yok edilmesi sahası tüneline taşınacaktır. **Mr Pohjonen**, iş makinelerinin kulakları sağır eden gürültüsüne rağmen projenin düzgün ve incelikli şekilde yürütüldüğünü açıklamaktadır. Son yıllarda temel yük kaynağı karbonsuz nükleer enerji reaktörleri kompleksleri elektrik üretimleri menşeli son derece yüksek aktiviteli nükleer yakıt atıklarının nihai depolanması lisanslama işlemleri faaliyetlerini tamamlayan ilk ülke Finlandiya'dır. Bu nedenle global nükleer otoriteler, Finlandiya nükleer atık idaresi projesi çalışmalarını yakından izlemektedir. Örneğin, **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (International Atomic Energy Agency – IAEA)** uzmanları ile diğer ülkeler özellikle de Fransa ve İsveç söz konusu Finlandiya yüksek radyasyon düzeyli radyoaktif maddeler son depolanması projesini dikkatle takip etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri **Donald Trump** yönetimi de 1987 yılında yer seçimi yapılan ancak 2010 yılından itibaren durdurulan **Nevada Eyaleti Yucca Dağı**

yüksek radyasyon seviyeli daimi nükleer atık depolama sahası (**Yucca Mountain Repository**) proje çalışmalarının yeniden başlatılması kapsamında 120 milyon dolarlık bütçe talebinde bulunmuştur. Gerçekte, tüketilmiş nükleer yakıtların yok edilmesi yöntemleri dünyanın en zorlu projeleri arasında kabul edilmektedir. Dünyada geçici depolanan 266000 ton yüksek seviyeli nükleer atıklara ilaveten son 10 - 20 yıl süresince 70000 ton tehlikeli radyoaktif atık daha oluşmuştur. **Sussex Üniversitesi (University of Sussex)**'nde görevli Finli akademisyen **Dr Markku Lehtonen**, nükleer yakıt atıklarının daimi saklanması maliyetleri yüksek olmasına rağmen risklerden korunmanın önemini vurgulamakta aynı zamanda belirsiz, kuşku uyandıran ve bilgiden yoksun sürüncemeli konuma terk edilen radyoaktif atıkların geçici depolama koşullarının tehlikesini işaret etmektedir. Bununla beraber bazı kesimler ise sürekli nükleer atık depolanması şartlarının acil olmadığı görüşünü savunmaktadır. Örneğin Amerika, yenilikçi teknikler ve inovatif teknolojiler geliştirilinceye kadar yarı soğutulmuş kullanılmış nükleer yakıt atıklarının çimento dökülmüş kuru depolama varilleri ile fıçıları içinde saklanması faaliyetlerini yeterli görmektedir. **ABD**'nin üst düzey bir komisyonu tarafından 2012 yılında yapılan çalışmalar sonucu tüketilmiş nükleer yakıtların bertaraf edilmesi teknolojileri seçeneklerinin açık tutulması bağlamında uzun süreli geçici radyoaktif atık depolama yönteminin faydalı olduğu kanısına varılmıştır. Her şeye karşın daimi ve nihai nükleer atık saklanması metodu ise söz konusu üst kurulca temel ve esas yöntem olarak benimsenmiştir.

Finlandiya **Posiva** sürekli nükleer atık yok edilmesi sahası tüneli içinde yapılmakta olan sondaj çalışmaları aşağıda resmedilmektedir.



Kaynak: [The Economist](#) Dergisi

Tüm çok yüksek aktiviteli nükleer atık üreticisi ülkeler radyoaktif atıkların gömülmesi yönünde ortak görüşleri olmasına rağmen Finlandiya ilk gecikmiş global adımı atmaktadır. Finlandiya, yüksek radyasyon seviyeli daimi radyoaktif atık saklanması yöntemi sayesinde küresel boyutta iki önemli ders sunmaktadır. Birinci ders olarak nispeten kararlı jeolojik yapı keşfedilmesi ve güvenilir ulusal nükleer atık depolama teknolojisi uygulanması gösterilmektedir. İkinci ders olarak ise Finlandiya radyoaktif

atık idaresi kapsamında projenin gerçekleştirilmesi açısından geniş kamuoyu desteğinin sağlanması işaret edilmektedir. Diğer İskandinav ülkelerinin benzer nükleer atık projesi çalışmaları yürütmesinin zorluğu da vurgulanmaktadır. **Tampere Üniversitesi**'den **Matti Kojo**, Finlandiya'nın bütün kurumları ile birlikte uzman güvenilirliği ve demokrasi anlayışının hüküm sürdüğü dünyadaki ender ülkelerden biri olduğunu ileri sürmektedir. Yine aynı kişi, Finlandiya'da uygulanan bir projenin başka ülkelere kopya edilmesini ise olanak dışı görmektedir. Nükleer atıkların daimi depolanması çok uzun olması yanında uygun jeolojik yapının seçimi de güçlükler arasında sıralanmaktadır. Finlandiya, baz enerji kaynağı karbonsuz nükleer güç santrali elektrik üretimlerine başlamasından hemen sonra 1983 yılında 100 bölge içinden **Olkiluoto** daimi radyoaktif atık depolama sahasını seçmiştir. Seçilen yörenin haritasında faylar ve çatlaklar belirtilmesine rağmen depolama sahası sismik yönden oldukça sakin mıntika niteliği taşımaktadır. Gömülen radyoaktif variller ve nükleer fıçıkların olası zelzele bölgelerinden uzak tutulması gerekmektedir. Aksi takdirde deprem ve yer sarsıntısı neticesi nükleer atık varillerinin ezilmesi ve parçalanması ise çevreye muhtemel radyoaktif madde sızıntısı ve radyasyon kontaminasyonu tehlikesi doğurmaktadır. **Finlandiya Radyasyon ve Nükleer Güvenlik Kurumu STUK**, **Posiva** daimi nükleer atık sahası seçimi sırasında zemin, ana kaya ve yeraltı suyu çalışmalarının en ileri modern teknikler yoluyla yapıldığını duyurmaktadır. **Posiva** sürekli radyoaktif atık muhafaza sahası **Baş Jeoloğu Ismo Aaltonen**, özellikle gelecek buzul çağı sonrası erime sürecinde ana kayanın yukarıya doğru yer değiştirmesi halinde depremlerin olabileceğini de ifade etmektedir. Bu arada **Olkiluoto** bölgesi 10000 yıl önce vuku bulan şiddetli basınç sonucu halen yukarıya doğru yükselmektedir. Ayrıca, atık depolama sahası girişine yakın yerde bulunan kayalar üzerindeki çizikler de buz kütleleri geriye doğru çekilirken bıraktığı son buzul çağı ayak izleri kabul edilmektedir. Nükleer enerji uzmanları, tüm sismik kriterler ve çevresel ölçütler dikkate alındığı takdirde Finlandiya ve İsveç'te kristal granit, Fransa genelinde killi ya da Amerika **Yucca Mountain** yöresi volkanik kayaç yapılarının derin jeolojik daimi nükleer atık bertaraf sahası açısından uygunluğunu belirtmektedir. **IAEA** nükleer atık uzmanı **Stefan Mayer**, gerekli nükleer güvenlik ve radyasyon güvenliği standartları olan aynı zamanda yeterli jeolojik özelliklere sahip dünyada çok sayıda sürekli radyoaktif atık depolama sahası bulunduğunu dile getirmektedir.

Diğer taraftan, yüksek aktiviteli nükleer atıkların yok edilmesi yönteminde teknoloji bir başka engel olarak ortaya çıkmaktadır. Yüzey ve nükleer atık varillerin yer aldığı 400 – 500 metre derinlikteki ana kaya arasında radyoaktif fıçıklar çevresindeki çelik, bakır, su absorblayıcı bentonit kili ile birlikte oyukları kapatan bentonit kapaklar ve en son tünel girişi olmak üzere çok sayıda insan yapısı tabakalar bulunmaktadır. Finlandiya nükleer atık ziyaretçi merkezinde minyatür bir modelle daimi radyoaktif atık depolama sahası Amerika'nın en korunumlu yeri olan **Fort Knox** kalesinden bile daha emniyetli ve güvenli olduğu şeklinde tanıtılmaktadır. **Posiva** nükleer atık sahası ziyaretçi merkezi, korozyon olasılığı değerlendirilmesi ise eski kayalar içindeki bakır yatakları modellemesi çalışmaları yoluyla yapılmaktadır. Bununla beraber **STUK**, muhtemel bakır deformasyonu yönünde daha fazla bilimsel araştırma üzerine yoğunlaşılması gerektiğini bildirmektedir. **Mr Kojo** dahil bazı akademisyenler, diğer ülkelerde uygulanan çok engelli koruma sistemleri ile kıyaslandığı takdirde bakır korozyonu kuşklarının Fin medyası tarafından hafife alınmasından kaygı duymaktadır. Ulusal nükleer atık yönetimi kapsamında en incelikli çalışma ise yaygın toplumsal uzlaşma kanalıyla geniş kamuoyu desteği temini sayılmaktadır. Finlandiya, radyoaktif atık idaresi faaliyetlerini erken başlatması ve çalışma programına aynen uyulması da

proje başarısının ana hatları arasında kabul edilmektedir. Finlandiya yüksek aktiviteli nükleer atık sahası seçimi ve 2020'li yıllarda daimi radyoaktif atık saklama çalışmalarının başlatılması kırk yıl önceden kararlaştırılmıştır. Yurt içinde nükleer atık yok edilmesi sorunlarına çözüm bulunması çerçevesinde baskıyı artıran tüketilmiş nükleer yakıtların ithalat ve ihracatının yasaklanması kararı **Finlandiya Parlamentosu** tarafından 1994 yılında yasalaştırılmıştır. Dünyada sadece çok az sayıda ülke aynı kararlılığı göstermektedir. Nükleer atık yönetimi kapsamında iyi haber ise yüksek radyasyon düzeyli uzun yarı ömürlü kullanılmış nükleer yakıtların daimi saklanması yapılması öncesi geçici radyoaktif atık depolama tankları içerisinde 30 – 50 yıl kadar soğutulması gerekmektedir. Böylece, hızla artması planlanan Çin baz yük kaynakları karbonsuz nükleer güç santralleri **NGS** işletilmesi kanalıyla ortaya çıkacak olan radyoaktif atıkların daimi depolanması problemlerinin çözümü açısından zaman kazanılmaktadır. Öte yandan, Fin kamuoyunun nükleer sanayi sektörüne güveni 1986 Ukrayna Çernobil ve 2011 Japonya Fukushima nükleer santral kazaları vuku bulmasına rağmen halen oldukça yüksek seviyede seyretmektedir.

Finlandiya dört adet nükleer güç reaktörü dünyanın en yüksek enerji kapasite kullanım oranları ile verimli biçimde çalışmakta olup ülkenin %26 elektriğini de sağlamaktadır. **Posiva** radyoaktif atık sahası ortak sahibi olan **TVO** ile **Fortum** nükleer güç üretim ve dağıtım firmaları Finlandiya elektrik piyasası sektörünün önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Söz konusu firmaların Finlandiya sanayi ve belediyelerde çok sayıda hissesi olması da kamuoyu desteğini artıran ciddi faktörler arasında sayılmaktadır. **TVO** tarafından işletilen iki **Olkiluoto** nükleer güç reaktörü, **Onkalo** sürekli radyoaktif atık depolama sahası yakınında yer almaktadır. Daimi nükleer atık sahası ve nükleer güç reaktörleri çevresinde ikamet edenler de ulusal nükleer güç sektörü gelişimini onaylayan akademik tabirle nükleer ile bütünleşmiş kişilerden oluşmaktadır. Kamuoyu anket yoklamaları nükleer sektörü olumlu görenlerin olumsuz eğilimler sayısı karşısında fazla olduğunu göstermektedir. Fin halkının hükümete güveni de yüksek düzeyde bulunmaktadır. Bir zamanlar **TVO** firmasından çalışmış **Olkiluoto** reaktörleri yöresinde 9300 nüfuslu **Eurajoki** Kenti Belediye Başkanı **Vesa Lakaniemi**, nükleer atık sahası konusunda yerel halkın ikna edilmesinin zor olmadığını açıklamaktadır. Yerel idareler, nükleer endüstri kaynaklı gelirler vasıtasıyla halkın daha düşük vergi ödemesini sağlamakta aynı zamanda kamuoyuna düzenli belediye hizmetleri sunmakta ve yaşlıların konutları da sürekli onarılmaktadır. Finlandiya kamuoyu nükleer atık sahasının güvenli ve şeffaf biçimde yönetileceğine inanmaktadır. Fin tasarımı daimi radyoaktif atık saklama sahası çalışmalarının kaya kadar sağlam olduğu görüşü de yaygınlaşmaktadır. Dünyanın her yerinde nükleer güvenlik ve radyasyon güvenliği yönetmelikleri çok sıkı olmakla birlikte Fin halkı ülkelerinde söz konusu yasaların en iyi şekilde uygulandığını düşünmektedir. Bazı akademisyenler ise Finlandiya halkının nükleer atık yok etme sahası çalışmalarına aşırı güven duymasından kaygılanmaktadır. Örneğin, Japonya toplumunun nükleer enerji güven duygusu Fukushima nükleer santral felaketleri sonrası aniden sıfırlanmıştır. Diğer taraftan **TVO**, üçüncü **Olkiluoto** nükleer güç reaktörü kurulması gecikmeleri, nükleer reaktör maliyeti artışları ve yapım çalışmaları yürüten Fransız – Alman şirketleri arasında hüküm süren anlaşmazlıkların nükleer sektöre olumsuz bakışları yükselttiğini de hesaba katmaktadır. **STUK** kestirme yola baş vurmamasına rağmen **Posiva** nükleer atık sahası yönetimi ile ilişkilerinde uyuşmazlık yaşanmasının çok yakın olmasından da kaygı duyulmaktadır. İsveç ve Fransa, nükleer atık sahaları lisanslamaları bağlamında ulusal sivil toplum kuruluşları **STK** ve medyanın eleştirilerinden uzak ancak daha canlı bir politika izlemektedir.

Amerika ve Fransa gibi ülkeler inovasyona dayalı teknolojiler ortaya çıkması ya da sosyal eğilimlerin değişmesi halinde tersine çevrilebilir ve telafisi mümkün nükleer atık sahası ilkeleri doğrultusunda hareket etmektedir. Yenilikçi teknolojiler sayesinde yüksek radyasyon düzeyli tüketilmiş nükleer yakıtın tekrar kazanılması faaliyetleri söz konusu ilkeler arasında sayılmaktadır. Finlandiya nükleer atık yok edilmesi modeli kapsamında yukarıda belirtilen ilkelerin uygulanması zor görülmektedir. Ancak, Radyoaktif atık uzmanları doğru yaklaşım bulunması güçlüğünü de ileri sürmektedir. Meselâ, İngiltere kendi ilkeleri kapsamında nihai nükleer atık depolama sahası halen tespit edememiştir. Aslında son radyoaktif atık saklama sahası maliyetleri ön plana çıkmaktadır. Finlandiya elektrik üretim, iletim ve dağıtım firmaları kanalıyla toplanan nükleer atık sermayesi 2.5 milyar euro (2.7 milyar dolar'a) ulaşmaktadır. Yakın zaman içinde 3.5 milyar euro'ya erişmesi beklenmektedir. Beş adet nükleer elektrik reaktörü ünitelerinin sürekli işletilmesi durumunda birikecek radyoaktif atık kapitali sayesinde Finlandiya nükleer güç sektörü 100 yıl sürecek daimi nükleer atık depolaması projesi çalışmalarını finansal sıkıntılar çekmeden rahatlıkla yürütecektir. Diğer ülkelerde ise yüksek maliyetler ve yetersiz mali disiplin hüküm sürmektedir. Örneğin, **ABD Yucca Mountain** projesi tamamlanması yönünde nükleer atık sahası maliyeti bir zamanlar 96 milyar dolar olarak hesaplanmıştır. Amerika 2012 yılında vergi mükellefleri yoluyla nükleer atık fonu adı altında 27 milyar dolar toplamına rağmen radyoaktif atık yönetimi idaresi içeriğinde hiç bir finansal kaynak tahsis etmemiştir. Finlandiya radyoaktif atık muamele modeli taklit güçlüğüne rağmen sorumluluk duygusu çerçevesinde bir ilham kaynağı da oluşturmaktadır. Sonuçta, Finlandiya nükleer atık saklama sahası bölgesini ziyaret eden Amerikalı, Çinli, Japon ya da İngiliz yetkililer sadece gelecek kuşakların korunması ilgili değil aynı zamanda sismoloji, sosyoloji, yenilikçi teknoloji ve nakit finansal kaynak temini konularında bilgi sahibi olmaktadır. Ayrıca, yürütülen Finlandiya daimi nükleer atık yok etme sahası projesi çalışmalarının etik açıdan değerlendirilmesi de gerekmektedir.

Aşağıdaki resimde inşaatı devam eden Finlandiya **Olkiluoto** nükleer güç santrali **NGS** üçüncü nükleer elektrik reaktörü ünitesi sol tarafta simüle edilmek suretiyle gösterilmektedir.



Kaynak: foronuclear.org

Kaynaklar:

- Radyoaktif Atıkların Yok Edilmesi veya Nihai Depolanması, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Nükleer Atıkların İdaresi ve Yönetimi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO**, 2007.
- Yeni Nesil Nükleer Güç Reaktörleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- 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.
- Almanya'da Nükleer Enerjinin Geleceği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.
- Atom, Radyoaktivite, Radyoizotoplar ve Radyasyon Türleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Nükleer Enerji Santralleri, Enerji Kaynak Çeşitliliği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** 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.
- 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 Enerji Perspektifleri, 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.
- Avrupa'da Nükleer Santraller ve Nükleer Enerji Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- İtalya, Nükleer Santraller, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Çevre Eylem Planları ve Enerji Eylem Planları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2009.
- Evren, İnsan ve İyonlaştırıcı Radyasyonlar, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- İyonlaştırıcı Radyasyonların Biyolojik Etkileşme Mekanizmaları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** 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.
- Temiz Enerji Kaynakları, Nükleer Elektrik Reaktörleri, Küresel Ekonomik Kriz ve Küresel Mali İflas, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- İleri Reaktörler, Karbon Borsası ve Küresel Finansal Kriz, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Amerika; Yeni Nesil Nükleer Elektrik Santralleri ve Nükleer Rönesans, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Çin; Nükleer Santraller, Elektrik Üretimi Politikaları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.

- Almanya; Enerji Stratejisi ve Nükleer Güç Santralleri İşletilmesi Perspektifi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Çağdaş Nükleer Santraller ve Avrupa Basınçlı Su Reaktörleri (**European Pressurized Water Reactor - EPR**) ile ilgili Fransa'nın Pazarlama İnkilemi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- 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.
- ABD** Nükleer Enerji Politikaları Çerçevesinde Geliştirilen Modern Yeni Kuşak Nükleer Elektrik Santralleri Stratejileri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Amerika Karbonsuz Yeni Kuşak Nükleer Enerji Santralleri Yatırımları ile Yenilikçi Şeyl-Kaya Gazı Çıkarılması ve Üretimi Gelişimi Süreçleri Etkileşimleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası 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.
- 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.
- Japonya 2011 Fukushima (Fukuşima) Daiichi Nükleer Güç Santrali **NGS** Kazaları Sonrası Nükleer Enerji Teknolojisinin Yeniden Canlanması, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Japonya 2011 Yılı Deprem ve Süpürtü Dalgaları Doğal Felaketler Sonucu Fukushima Nükleer Elektrik Santrali Kapatılması Sonrası Nükleer Enerji Teknolojileri Stratejisi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Kanada Petrol Kumları Kaynaklı Ağır Ham Petrol Bitumen Eldesi İçin Buhar Üretimi **AR-GE** Çalışmaları ve Yeni Kuşak Mikro Modüler Reaktörler Kullanımı, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Çin Nükleer Enerji Programı Çerçevesinde Karbonsuz Temel Yük Kaynağı Nükleer Güç Santralleri **NGS** Nükleer Güvenlik Kriterleri Açmazı ve İnkilemi, Ahmet Cangüzel Taner, **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, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Fransız Elektrik Firması **EDF** ve Çin Nükleer Güç Şirketi **CGN** Tarafından Ortaklaşa İngiltere Üçüncü Nesil İnovatif Fisyon Enerji Santralleri Yatırımları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Ortadoğu Ülkeleri Mısır, Suudi Arabistan, Ürdün ve Birleşik Arap Emirlikleri Baz Enerji Kaynağı Karbonsuz Nükleer Güç Santralleri **NGS** Kurulması Projeleri, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- ABD** Kara Nakil Vasıtaları Emisyonları Çevre Kirliliği, Elektrikli Otomobiller ve Hafif Taşıt Araçları Yakıt Türleri Salımları Kaynaklı İnsan Ölümleri Mukayesesi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Büyük Britanya Elektrik Arz Güvenliği Çıkmazı ve Sarmalı Sorunları Çözümü Bağlamında İnovatif **Hinkley Point C** Nükleer Güç Santrali Projesi Paradoksu, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- İngiltere Yüksek Kapasiteli Yeni Nesil Nükleer Güç Santralleri **NGS** Yerine İnovatif Küçük Modüler Elektrik Reaktörleri Kurulması Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Birleşik Krallık (**United Kingdom - UK**) Enerji Projeksiyonları ve **Électricité de France EDF Hinkley Point C** Nükleer Güç Santrali **NGS** Kurulması Açmazı, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- İsveç, Finlandiya, Fransa, İngiltere Fisyon Enerji Santralleri Geleceği ile İnovatif Nükleer Güç Sektörü Ekonomik Sübvansiyonları ve Finansal Fon Yardımları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Büyük Britanya Yenilikçi Nükleer Enerji Politikası Açmazı için Fransız **EDF** İnovatif Nükleer Güç Teknolojisi ve Çin Finansal Destek Girişimleri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- İngiltere Baz Yük Kaynakları Konvansiyonel Kömürlü Termik Santraller Kapatılması ve **Hinkley Point C** Santrali Kurulması Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Almanya Nükleer Fisyon ve Fosil Yakıtlı Güç Santralleri Yerine **YEK** Kökenli Elektrik Üniteleri Kurulması **Energiewende** Dönüşüm Süreci Çatlağı, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- 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.
- Japonya Mart 2011 Deprem ve **Tsunami** Süpürtü Dalgaları Tabii Afetler Zinciri Sonrası Japon Nükleer Enerji Santralleri Projeksiyonları Dirilişi Süreci, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Küresel Baz Yük Kaynağı Karbonsuz İnovatif Yeni Kuşak Nükleer Enerji Santralleri Teknolojileri Gelişim Süreci Zarfında Karşılaşılan Sorunlar, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Amerika Westinghouse Tasarımı Üçüncü Nesil İleri Basınçlı Su Reaktörü (**AP1000**) Hisse Sahibi Japon Toshiba Firmasının Finansal Sıkıntıları, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- The Economist** Dergisi, (12 Nisan 2017 – 18 Nisan 2017).

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