

Amerikan Enerji Bakanlığı DOE Tarafından Yenilikçi İleri Nükleer Santraller Geliştirilmesi İçin Sunulan Ekonomik Destekler ve Mali Yardımlar

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

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

Amerika, Uluslararası Kyoto Protokolü çekincesi ve 2015 Birleşmiş Milletler BM Paris İklim Değişikliği Anlaşması hükümleri koşullarından ayrılması sonucu Amerikan elektrik üretimi profili ulusal enerji dönüşüm periyodu ve milli güç transformasyon süreci doğrultusunda yol almaktadır. Amerika Birleşik Devletleri ABD yönetimleri küresel karbonsuzlaştırma teknolojileri perspektifleri ve düşük karbon ekonomisi ilkeleri yönündeki önlemleri ön plana çıkarmaktadır. Karbonsuz temel enerji kaynakları küçük modüler yeni kuşak nükleer güç santralleri NGS reaktörleri tasarımları ve orta kapasiteli baz yüklü inovasyona dayalı ileri nükleer santraller kompleksleri dizaynları Araştırma Geliştirme Ar-Ge çalışmaları bağlamında Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı DOE tarafından önemli fon yardımları, mali destekler ve ekonomik sübvansiyonlar uygulanmaktadır. Böylece, yeni nesil nükleer santral maliyetleri düşürülmesi, nükleer yakıt erimesi kazalarının önlenmesi ve sendeleyen ABD nükleer güç sanayi canlandırılması hedeflenmektedir. Ayrıca, kesintili elektrik enerjisi arzı sağlayan temiz, yeşil, doğa dostu ve çevreci yenilenebilir enerji kaynakları YEK odaklı rüzgar enerjisi santralleri RES çiftlikleri ve güneş enerjisi santralleri GES panelleri güç üretim tesisleri ile rekabet ortamı temin edilmesi de amaçlanmaktadır. TerraPower Firması erimiş sodyum metali soğutmalı Natrium Reaktör dizaynı ve X-Energy Şirketi helyum soğutmalı Xe-100 nükleer santral tasarımı ekonomik fon yardımları bu yazı içeriğinde incelenmektedir.

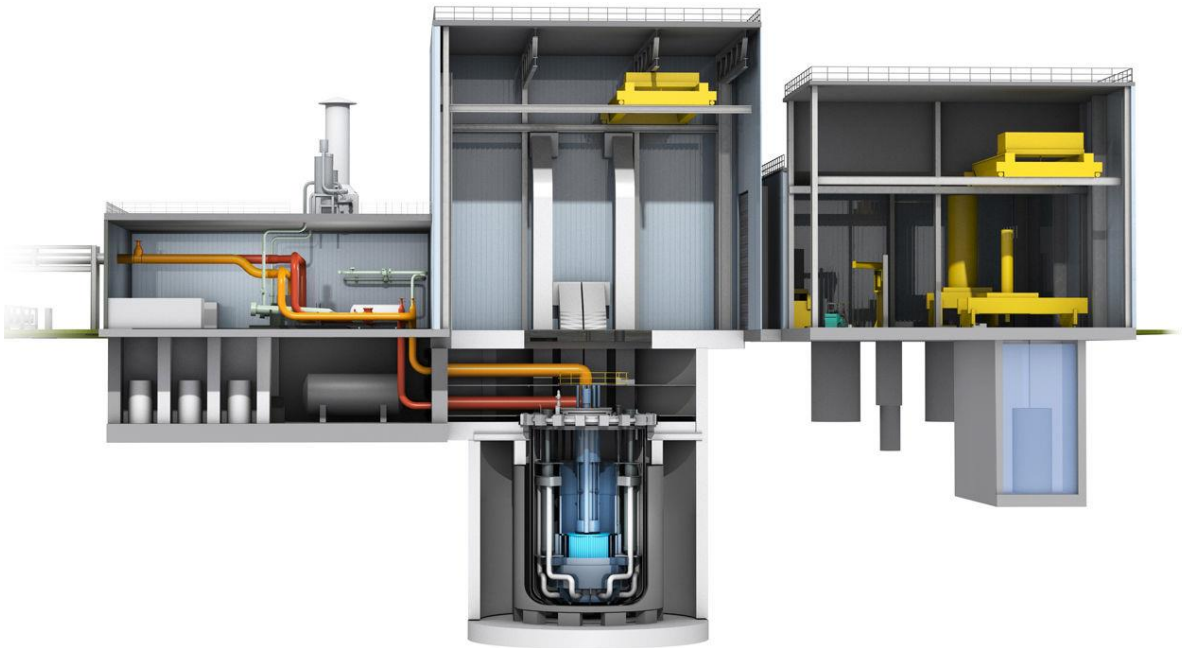
Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı (United States Department of Energy - US DOE), can çekişen ve ölmek üzere olan Amerikan nükleer enerji endüstrisi sektörü dallarının diriltilmesi çerçevesinde yedi yıl zarfında iki adet temel yük kaynağı karbonsuz inovatif nükleer reaktör kurulması için Ekim 2020'de finansal yardımlar, mali sübvansiyonlar ve fon destekleri sağlayacağını duyurmuştur. Su yerine egzotik özellikleri olan sodyum ve helyum soğutmalı yenilikçi ileri nükleer santral yapımları, **Amerikan Enerji Bakanlığı DOE** ekonomik destekler ve finansal fon yardımları kapsamına alınmaktadır. Sıra dışı karbonsuz yeni nesil nükleer güç santralleri **NGS** inşaatları sayesinde klasik nükleer enerji istasyonları üniteleri sistemlerine kıyasla çok daha güvenilir ve düşük maliyetli baz yüklü evrimsel ileri nükleer santraller tesisi hedeflenmektedir. **ABD Idaho Ulusal Laboratuvarı (Idaho National Laboratory - INL)**, **Ulusal Reaktor İnovasyon Merkezi (National Reactor Innovation Center - NRIC)** Direktörü **Dr Ashley Finan**, **DOE** yetkilileri tarafından karbonsuz yenilikçi nükleer reaktörler teknolojileri yatırımları konusunda adımlar atılmakla birlikte 7 yıllık bir sürece bağlı kalınmasına katılmadığını ve söz konusu iki adet inovatif nükleer reaktör tasarımının belirtilen periyot içerisinde inovasyona dayalı pilot nükleer tesis düzeyinde olacağını ifade etmektedir. **DOE**, özel sektör ile yürütülmesi planlanan her bir yenilikçi nükleer santral ünitesi yatırımının toplam maliyeti bilançosu ve bütçesine katkı sağlayacaktır. Örneğin, her bir nükleer reaktör projesi 2020 yılında 80 milyon dolar mali yardım sağlanması yanında gelecek 5 ila 7 yıl içerisinde 400 milyon dolar ve 4 milyar dolar arasında finansal destek alabilecektir. Ayrıca, tam olarak olgunlaşmamış nükleer projeler için ilave küçük ödüller verilmesi de planlanmaktadır. Uzmanlar komitesi, seçilen pek çok yenilikçi nükleer santral tasarımı projesini henüz

yayımlamamıştır. Kazanan iki nükleer reaktör tasarımı ise özellikle buhar üreteçleri açısından geleneksel nükleer güç reaktörleri ünitelerine kıyasla temel farklılıklar göstermektedir. Nükleer reaktör kalbi içinde uranyum yakıtı atomları, zincirleme nükleer tepkimeler ve nükleer kimyasal reaksiyonlar neticesi parçalanmakta aynı zamanda enerji ve nötronlar açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan nötronların diğer uranyum atomları ile etkileşme sissilesi ise sürmektedir. Bir başka deyimle, geriye kalan uranyum yakıtı atomları da nötronlar sayesinde yeniden bozunmaya uğramaktadır. Konvansiyonel nükleer fisyon reaktörü kompleksi sisteminde ortaya çıkan enerji son derece yüksek basınçla ısıtılır ve basınçlı soğutma suyu reaktör kalbi içerisinde dolaşır. Aynı zamanda yüksek basınç altındaki soğutma suyu, dışarıda bulunan buhar jeneratörü ünitesine doğru yönlendirilir. Böylece, ayrı devredeki suyun ısıtılması ile buhar oluşmaktadır. Neticede meydana gelen buhar da nükleer elektrik üretimi için türbinlere gönderilmektedir. **TerraPower** ve **GE Hitachi** firmaları 345 megawatt kapasiteli **Natrium** elektrik reaktörü soğutulması için soğutucu su yerine erimiş sodyum metali kullanmaktadır. Sodyumun kaynama sıcaklığı suya nazaran çok daha yüksek oluşu nedeni ile soğutucunun basınçlı su olması gerekmemektedir. Basınçlı suyun kullanılmaması ise nükleer güç santrali **NGS** kompleksi maliyeti düşürülmesi ve nükleer reaktör dizayn karmaşıklığı önlenmesi açısından etkin rol oynamaktadır. Diğer taraftan, sodyum ısıyı erimiş tuza transfer edecektir. Daha sonra erimiş tuz doğrudan buhar jeneratörü ya da depolanma tankına doğru akmak suretiyle buhar oluşacak ve buhar jeneratörü vasıtasıyla nükleer elektrik üretimi gerçekleştirilecektir. Konvansiyonel nükleer elektrik santrali ünitesinin tam tersine **Natrium** nükleer santrali hemen kilitlenme özelliğine sahip olup, reaktör sürekli çalıştırılması halinde düzenli istikrarlı toplam nükleer güç üretimi ve verimi de sağlanacaktır. Öte yandan, karbonsuz yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** kökenli rüzgar enerjisi santralleri **RES** türbinleri ve güneş enerjisi santralleri **GES** üniteleri güç üretimi sistemleri kararsız elektrik enerjisi arzı sunmaktadır. Karbonsuz baz yüklü nükleer enerji santralleri kompleksleri devreye girmesi sayesinde çevreci **YEK** sistemleri güç üretimleri kesintileri ve kararsızlığı da telafi edilecektir.

Diğer taraftan, **X-Energy** Firması **Xe - 100** tasarımı karbonsuz nükleer santral elektrik enerjisi üretim kompleksi ise uranyum menşeli nükleer yakıtların soğutulması için basınçlı helyum gazı kullanmaktadır. Uranyum kökenli nükleer yakıtlar, klasik metal kaplı ve kılıflı çubuklar yerine uranyum ihtiva eden seramik taneli ve grafitli çakıl yatak ile kaplanmıştır. Dev sakız makinası (gumball machine) benzeri bir görüntü sergileyen **Xe - 100** dizaynı yenilikçi nükleer reaktör kalbi grafitli çakıl yatağı içinde 220000 adet çakıl taşı bulunmaktadır. Soğutucu basınçlı helyum gazı, reaktör kalbi içinden yavaş olarak inmekte ve reaktör nükleer yakıt elemanları tarafından ısıtılarak ikincil buhar jeneratörü ünitesine nakledilmektedir. Nükleer reaktör çekirdeği içerisinde 750°C santigrat dereceye kadar ısıtılan helyum gazı ikinci devrede buhar üretimi gerçekleştirmektedir. Üretilen buhar sayesinde ise nükleer elektrik enerjisi üretimi sağlanmaktadır. Çakıl taşları erimemesi nedeniyle nükleer yakıt erimesi kazası riski ve nükleer radyasyon tehlikesi de bertaraf edilmektedir. **Xe - 100** tasarımı karbonsuz inovatif nükleer güç santrali **NGS** reaktörleri her biri 80 megawatt kapasiteli olup, dört ünite halinde modüler nükleer güç üretimi sağlamaktadır. **Natrium** ileri nükleer elektrik enerjisi istasyonu ve **Xe - 100** evrimsel nükleer enerji kompleksi her ikisi de klasik nükleer güç santralleri **NGS** reaktörleri ünitelerine kıyasla daha basit ve daha düşük maliyetli olacaktır. **Natrium** tasarımı sodyum soğutuculu olup, basınçlı su sistemleri bulunmadığı için daha küçük reaktör koruma kabı (containment structure) gerekmemekte ve bu niteliği de geleneksel reaktör

donanımlarına nazaran üstünlük sağlamaktadır. **Natrium** dizaynı nükleer santral reaktör bölümü ve elektrik üretim kesimi birbirinden ayrı biçimde depolama tanklarının zıt tarafında yer almaktadır. Mevzu bahis özellikler yüksek maliyetli beton kullanımını %80 oranında azalttığını **TerraPower** Firması proje Direktörü Makina Mühendisi **Tara Neider** açıklamaktadır. **Natrium** tasarımı sadeleştirilmiş nükleer reaktör yapısı ile çok daha verimli şekilde işletilmesi de olası kabul edilmektedir. Ayrıca, her iki şirkete ait tasarımlar için nükleer reaktör kurulması yönünde nükleer santral sahası seçimlerinin henüz yapılmadığı da bildirilmektedir.

TerraPower Şirketi yenilikçi nükleer tesisi, nükleer reaktör kalbinin soğutulması çerçevesinde erimiş sodyum (**turkuaz renkli boru**) kullanacaktır. Sirküle eden erimiş tuz (**kırmızı renkli boru**) ve reaktör çekirdeğinde oluşan ısının uzaklara kadar taşınması (**turuncu renkli boru**) aşağıdaki şemada gösterilmektedir.



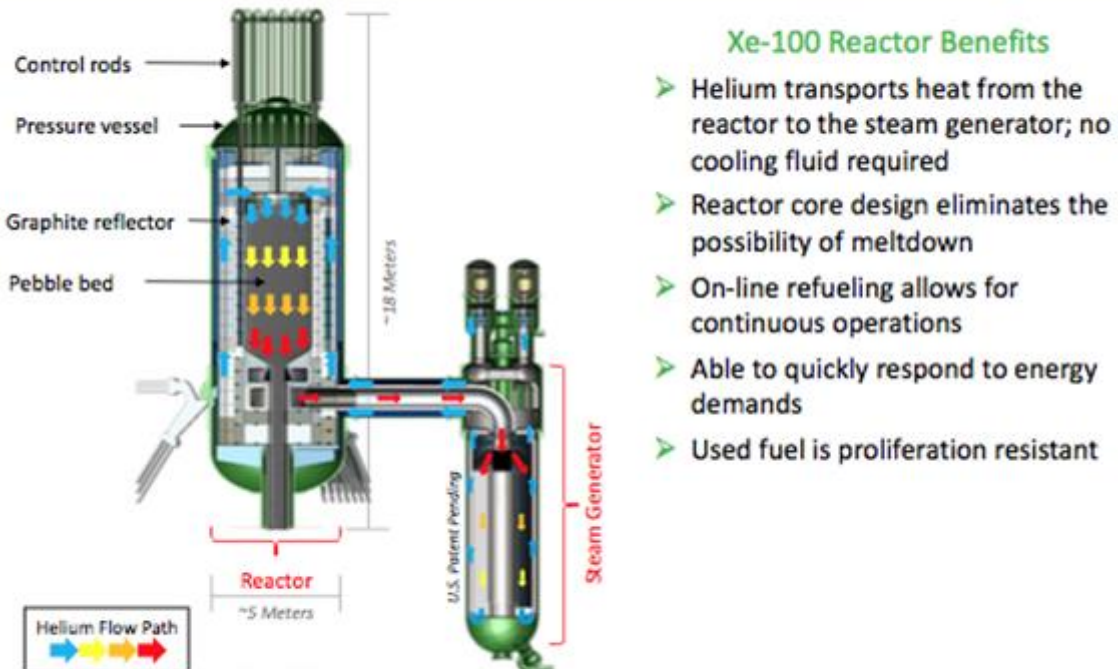
Kaynak: TERRAPOWEE Firması

Öte yandan, bahse konu nükleer reaktör tipleri her ikisi de nükleer uranyum yakıtları kullanımları açısından geleneksel nükleer dizaynlarına kıyasla ciddi farklılıklar içermektedir. Örneğin, zincirleme nükleer kimyasal reaksiyonlar ve nükleer tepkimeler silsilesi oluşturan fisil izotop nükleer yakıt elemanı uranyum, klasik nükleer santral komplekslerinde son derece zenginleştirilmiş olarak kullanılmaktadır. Su soğutmalı klasik nükleer güç santralleri **NGS** reaktörleri işletilmesi için %3.5 gibi yüksek oranda zenginleştirilmiş uranyum - 235 (U-235) nükleer yakıtı gerekmektedir. Söz konusu nükleer yakıtın reaktöre yerleştirilmesi sırasında taze uranyum - 235 nükleer yakıtı ile aynı zamanda tüketilmiş nükleer yakıt U-235 sayesinde küresel nükleer silah temini ve global atom bombası yapımı kolayca sağlanabilmektedir. **Natrium** ve **Xe - 100** tasarımları ileri nükleer santral kompleksleri % 20 oranında düşük zenginleştirilmiş uranyum yakıtı yakmaktadır. Ayrıca, %20 zenginleştirilmiş uranyum - 235 (U-235) nükleer yakıtı sayesinde daha uzun ömürlü ve çok daha fazla nükleer elektrik enerjisi arzı kazanımı olası kılınmaktadır. Aslında yukarıda kısaca anlatılan nükleer yakıt halen **ABD**'de üretilmemektedir. Ancak, ülkede mevcut nükleer yakıt üreticileri ve tedarikçileri tarafından nispeten kısa süre içinde yapımı mümkün görülmektedir. Diğer

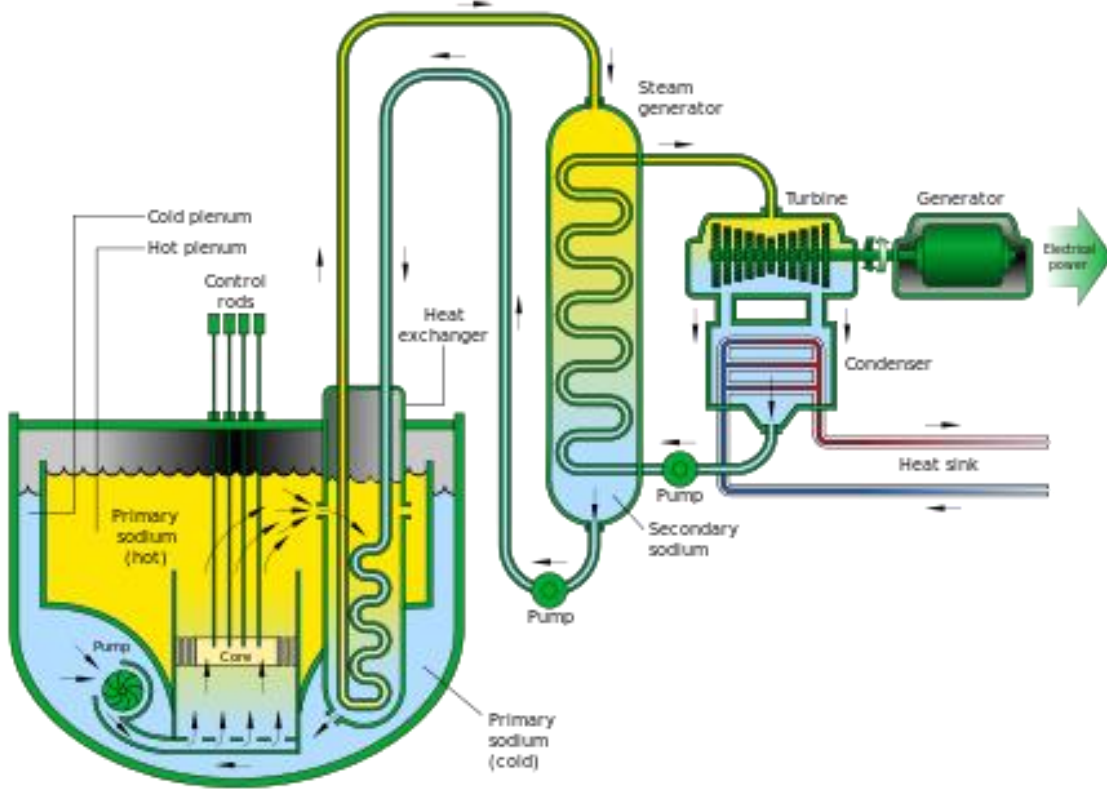
taftan, **Xe - 100** ve **Natrium** nükleer yakıt yüklenmesi süreçlerinin az olması da nükleer bomba üretilmesi olasılığını çok zor bir konumda bırakmaktadır. Günümüzde nükleer enerji endüstrisi dalında pek çok eski nükleer tasarım da sanki yeni hale dönüşmektedir. Örneğin, nükleer çağın doğuşu sayılan 1950'li yıllarda mühendisler tarafından klasik sodyum soğutmalı nükleer reaktörler ve konvansiyonel çakıl yataklı nükleer reaktör tesislerinin kurulması gerçekleştirilmiştir. Ancak, canlı ve dinamik yenilikçi nükleer tasarımı modelleri **TerraPower** ve **X-Energy** firmalarınca ortaya atılmıştır. İleri sürülen **Natrium** ve **Xe - 100** dizaynları, nükleer güvenlik kriterleri ve radyasyon güvenliği ölçütleri standartlarına uyumlu aynı zamanda alternatif enerji kaynakları ile rekabet edebilir güce sahip sayılmaktadır. Bu bağlamda **Natrium** tasarımı inovatif nükleer santral maliyeti 1 milyar dolardan daha az olması beklenmektedir. **Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı DOE** 2020 yılı içinde ileri nükleer santral tasarımları için toplam 30 milyon dolar ödül verilmesini planlamıştır. **DOE**, yenilikçi nükleer santral tasarımları kapsamında risk azaltılması (risk reduction) hedeflenmektedir. Nükleer kaza riski düşürülmesi ve nükleer yakıt erimesi kazalarının engellenmesi yönünde 7 yıl zarfında toplam 400 milyon dolar ileri nükleer tasarım ödülü dağıtımını kararlaştırmıştır. Sonuçta, Amerikan nükleer sanayi sektörünün canlandırılması ve dirilişi tamamen seçilmiş yeni **ABD** Başkanı **Joe Biden** tarafından izlenecek ulusal enerji politikası ve federal bütçe kaynaklarına bağlı bulunmaktadır.

Nükleer yakıt erimesi olanaksız kabul edilen yenilikçi **Xe - 100** reaktörü soğutucu helyum gazı akış diyagramı ve nükleer tesis şeması aşağıda verilmektedir

The Xe-100 Reactor Cannot Melt Down



TerraPower Şirketi sahibi **Bill Gates** tarafından **Natrium** dizaynı baz yük kaynağı karbonsuz ileri nükleer güç santrali **NGS** kurulması planlanmaktadır. Havuz tipi sodyum soğutmalı hızlı nükleer reaktör (**Sodium-cooled Fast Reactor - SFR**) soğutucu erimiş tuz akış şeması aşağıda görüntülenmektedir.



Kaynak: Wikipedia Özgür Ansiklopedi

Kaynaklar:

- 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 FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2007.
- Almanya'da Nükleer Enerjinin Geleceği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2007.
- Nükleer Enerji Santralleri, Enerji Kaynak Çeşitliliği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası 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 FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Nükleer Güç Santralleri Gelişiminde Nükleer Emniyet ve Nükleer Güvenlik, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Fransa'da Nükleer Santraller ve Nükleer Enerji Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Nükleer Santraller ve Gelecekteki Nükleer Enerji Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel

- Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Nükleer Enerji Santralleri, Enerji Kaynak Çeşitliliği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
 - Avrupa'da Nükleer Santraller ve Nükleer Enerji Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** 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.
 - İleri Nükleer Santraller, İklimsel Değişim Mekanizmaları, Küresel Isınma ve İklim Değişiklikleri Bilimsel Raporları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** 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 FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
 - Amerika; Yeni Nesil Nükleer Elektrik Santralleri ve Nükleer Rönesans, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** 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 FMO** 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 FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
 - ABD** Nükleer Enerji Politikaları Çerçevesinde Geliştirilen Modern Yeni Kuşak Nükleer Elektrik Santralleri Stratejileri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** 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.
 - Dünya Elektrik Arz Güvenliği Sıkıntıları Çözümü Perspektifleri Kapsamında Yüzer

- Karbonsuz Yeni Nesil Nükleer Enerji Santralleri Kurulması Çalışmaları, Ahmet Cangüzel Taner, Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- 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 FMO** 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.
 - 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.
 - 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.
 - 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, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
 - Küresel İklim Değişikliği Eylem Planları Yoluyla Global Karbondioksit Emisyonları Sınırlandırılması ve Denetim Altına Alınması Projeksiyonları, 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, **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.
 - 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.
 - 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 FMO** 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 FMO** 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 FMO** 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 FMO** 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 FMO** 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.
- 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.
- Klasik **Nükleer Güç Santrali NGS** Ünitelerine Kıyasla Denizlerde Kurulacak Yüzer ve Denizaltı İnovatif Nükleer Reaktör Kompleksleri Avantajları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Donald Trump Yönetimi Kömür ve Nükleer Enerji Santralleri Sübvansiyonları Önerisi ve **ABD** Federal Enerji Düzenleme Kurumu - **FERC** Görüş Ayrılığı, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Almanya Baz Yük Kaynağı Kömür Santralleri İşletilmesi ile Karbonsuz Nükleer Reaktörleri Kapatılması Neticesi İklim ve Enerji Arz Güvenliği Perspektifleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Amerika Paris İklim Anlaşması Taahhütleri Çekincesi ve Dünyanın En Büyük Global Karbondioksit Emisyonları Üreticisi Çin'in Çevre Kirliliği Politikası, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Amerika Birleşik Devletleri Yeni Yönetimi Küresel İklim Değişiklikleri ve Global Isınma Mücadelesi BM Finansal Destek Yardımları Kesilmesi Politikası, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- ABD Olmaksızın BM Aralık 2015 Paris İklim Zirvesi Mutabakatı Hükümleri Gereği Küresel Karbondioksit Emisyonları Düşürülmesi Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Karbonsuz Yenilenebilir Enerji Kaynakları **YEK** Elektrik Üretimi Sistemlerinin Küresel Isınma ve İklim Değişiklikleri Sorunları Karşısındaki Yetersizliği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.

- Yüzde Yüz Doğa Dostu Karbonsuz Yenilenebilir Güç Kaynakları Elektrik Üretimi Tesisleri Sürdürülebilirliği ve Global Fosil Yakıtlar Enerji Piyasası Hakimiyeti, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Enerji Piyasası Tekelleşmesi Önlenmesi, Küresel Fosil Yakıtlar ve Nükleer Güç ile **YEK** Menşeli **RES, GES, HES, JES** ve Biyokütle Elektrik Üretim Çeşitliliği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Suudi Arabistan Nükleer Enerji Programı ve Ortadoğu Ülkeleri Zenginleştirilmiş Uranyum ve Plütonyum - 239 (Pu -239) Nükleer Silahlar Üretilmesi Olasılığı, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Amerika Nükleer Yakıt Arz Güvenliği ve Nükleer Silahlar Geliştirilmesi Açısından Önemli Sayılan Hızlı Üretken Deneme Reaktörleri Dirilişi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2018.
- 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.
- Küresel Çevreci **YEK** Kökenli **RES** Üniteleri, **GES** Kompleksleri ve Global Baz Yüklü Uranyum Yakıtlı Karbonsuz **NGS** Reaktörleri Stratejisi ile Ekonomisi, 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.
- Dünyanın En Büyük Nükleer Güç Santrali Kazaları Arasında Sayılan Japonya Fukushima Nükleer Elektrik Reaktörleri Sonrası İzlenen Japon Politikası, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2019.
- Yunanistan Baz Enerji Kaynakları Kahverengi Linyit Yakıtlı Termik Santraller Yerine Doğalgaz Kombine Çevrim Santralleri Kurulması Projeksiyonları, 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.
- Temel Enerji Kaynağı Karbonsuz Yeni Nesil **Nükleer Güç Santralleri NGS** Üstünlükleri ve İyonlaştırıcı Radyasyon Teknolojileri Avantajları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2020.
- 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.
- Küresel Karbonsuzlaştırma Teknolojileri Perspektifleri ile 21. Yüzyıl Global Isınma ve İklim Değişiklikleri Sorunları Dizginlenmesi Stratejileri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2020.
- ABD Yönetimince Mali Destek Uygulanan Birincil Enerji Kaynakları Karbonsuz Mini Modüler Nükleer Güç Üniteleri Maliyetleri Artışları Sorunları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2020.
- American Association for the Advancement of Science - **AAAS Science Dergisi**, 16 Ekim 2020.

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