

Karbonsuz Hızlı Nükleer Santraller veya Hızlı Üretken Reaktörler ile Baz Yüklü Küçük Modüler Nükleer Güç Reaktörleri (SMR) Yatırımları Projeksiyonları

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

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

Günümüz küresel enerji sepeti ile birlikte global güç üretimi portföyü süratli değişim ve transformasyon süreci yaşamaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynakları YEK menşeli çevreci rüzgar enerjisi santralleri RES türbinleri ve güneş enerjisi santralleri GES panelleri elektrik üretimleri sayesinde dünya güç üretim profili dönüşümü gerçekleştirmektedir. Yerkürenin ısınması ve dünya iklim değişiklikleri mekanizmaları sorunları çözümü için düşük karbon ekonomisi kapsamında sıfır karbon emisyonlu tekniklerin kullanılması ve küresel çağdaş karbonsuzlaştırma teknolojileri geçiş periyodu son derece önem arz etmektedir. Söz konusu global enerji transformasyonu ve elektrik enerjisi üretimi görünümü değişimi süreci boyunca temel yük kaynakları karbonsuz yeni kuşak nükleer güç santralleri NGS reaktörleri ile doğa dostu YEK kökenli RES ve GES üniteleri projeleri ehemmiyet kazanmaktadır. Atmosferi yoğun biçimde kirleten temel enerji kaynağı fosil yakıt yakan termik santraller sistemlerine mavi gezegenin ekolojik denge prensiplerinin korunması için uygulanacak sınırlamalar ve kısıtlamalar nedeni ile baz yüklü karbonsuz modern nükleer güç santralleri yapımı hızlanacaktır. Küresel sürdürülebilir nükleer yakıt ihtiyacı projeksiyonları karşılama açısından dünya inovatif hızlı üretken reaktörler (Fast Breeder Reactors - FBR) yatırımları ve kurulumları da ivmelenmektedir. Gelecekte global elektrik enerjisi kompozisyonu içeriğinde karbonsuz baz enerji kaynağı yenilikçi NGS kompleksleri ve çevreci YEK sistemleri şiddetli rekabet içerisine girecektir. Dünya inovasyona dayalı FBR nükleer tesisleri ise Birleşmiş Milletler BM himayesinde yürütülen küresel nükleer silahların yaygınlaşması ve önlenmesi çalışmalarına sekte vurarak aynı zamanda global atom bombaları yapımı özendirilmesi yönünde kaygılar uyandırmaktadır. Öte yandan, büyük kapasiteli yeni nesil nükleer elektrik santralleri kompleksleri yerine küçük evrimsel modüler reaktörler (Small Modular Reactors - SMR) kurulması maliyetleri düşüklüğü yanında küresel nükleer yakıt erimesi kazalarının engellenmesi ve nükleer güç tesisi yapımı sürelerinin azaltılması çerçevesinde öne çıkmaktadır. Kurulumu kolay, küçük, güvenli ve ekonomik karbonsuz yenilikçi SMR reaktörleri ünitelerinin küresel elektrik enerjisi piyasası ile global güç pazarı kapsamındaki payı ve rekabeti bu yazıda araştırılmaktadır.

Yeryüzünün ısınması tehdidi ve global iklim değişikliği mekanizmaları problemleri karşısında karbonsuz ileri nükleer güç teknolojileri bir can simidi rolü üstlenmektedir. Küresel sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması, kontrol ve denetim altına alınması çalışmalarına paralel, sürdürülebilir elektrik enerjisi temini bağlamında dünya nükleer güç santralleri NGS reaktörleri yapımı taraftarları, sıfır karbondioksit salımlı nükleer enerji sektörü seçeneğini fosil yakıtlı termik santraller üniteleri yerine geçecek en ideal alternatif çözüm yolu olarak kabul etmektedir. Ancak, küresel nükleer güç sektörü ekonomik sorunları ve finansal sıkıntıları ise devam etmektedir. Özellikle 2011 yılı Japon konvansiyonel Fukushima Daiichi (Fukuşima Daiçi) nükleer güç santrali NGS kompleksi üç reaktör ünitesinde, ne yazık ki vuku bulan müessif nükleer yakıt erimesi kazaları neticesi dünya kamuoylarında oluşan nükleer güvensizlik

kaynaklı nükleer nefret, nükleer korku ve nükleer dehşet atmosferi doruk seviyesine kadar ulaşmıştır. Diğer taraftan, küresel nükleer atıkların bertarafı kapsamında global radyoaktif atıkların yok edilmesi teknolojileri, teknikleri ve yöntemleri kuşku da halen sürmektedir. İlk yatırım maliyetleri yüksek olan karbonsuz yeni kuşak nükleer enerji santralleri reaktörleri yapımına dair global finansal sıkıntılar, mali sorunlar ve ekonomik zorluklar dikkat çekmektedir. Örneğin, yeni karbonsuz nükleer reaktör yapımı maliyeti 7 milyar dolar hatta daha yüksek düzeylere çıkmakta ve kurulumu kısa sürede gerçekleşen baz yüklü doğalgaz kombine çevrim santralleri kompleksleri ile rekabeti güçleşmektedir. Öte yandan, küresel sıcak artışları rakamları son yıllarda rekor üzerine rekor kırmaktadır. Global atmosferik koşullar ile küresel ekolojik denge şartları değişimi, dünya karbon salınımları ve küresel karbondioksit emisyonları miktarlarının dizginlenmesi ve limitlenmesi faaliyetlerini zorunlu kılmaktadır. Bununla beraber **Amerika Birleşik Devletleri** topraklarında son 20 yıl zarfında sadece 1 adet temel enerji kaynağı karbonsuz nükleer güç santrali **NGS** kompleksi kurulması ve işletilmesi gerçekleştirilmiştir. Dünya elektrik enerjisi üretimi sepeti içeriğinde küresel nükleer güç istihsalı görünümü oranı 1996 yılında %17.6 iken günümüzde %11'e kadar düşmüştür. Portland, Oregon Eyaleti konulu Amerikan **NuScale Güç (NuScale Power)** Firması ortak kurucusu Nükleer Enerji Mühendisi **Dr Jose Reyes** ve ekibi, küçük boyutlu modüler nükleer reaktörler **Small Modular Reactor - SMR**) tasarımı ile birlikte nükleer rönesans ve nükleer diriliş sürecini yeniden başlatmayı hedeflemektedir. **Dr Reyes** 350 çalışanı ile beraber geleneksel nükleer santral sahası ölçümüne kıyasla %1 oranında yer işgal eden karbonsuz yenilikçi **SMR** dizaynı üzerinde çalışmalar yürütmektedir. Tipik konvansiyonel ticari reaktörler güç üretimi **gigawatt** düzeyinde iken her bir **NuScale** inovatif **SMR** ünitesi elektrik enerjisi üretimi ise sadece 60 **megawatt** düzeyine erişmektedir. **NuScale** nükleer elektrik santrali oluşturmak için iki 6 adet kutulu meşrubat paketi gibi 12 adet **SMR** ünitesi yan yana monte edilmektedir. **NuScale** nükleer güç santrali **NGS** kompleksi maliyeti ise 3 milyar dolar düzeyinde bulunmaktadır. Bununla beraber karbonsuz **SMR** modüler sistemleri de her derde deva sayılmamaktadır. Honduraslı ve Dominikalı aile kökenli aynı zamanda New York City aksanı ile konuşan 63 yaşındaki **Dr Reyes**, büyük kapasiteli nükleer reaktörlerin küçültülmesi ile birlikte zarara uğranacağını kesin biçimde ifade etmektedir. **NuScale** Şirketi mühendisleri tarafından nükleer reaktörler çalıştırılması ve işletilmesi daha güvenli konuma getirilmesi bağlamında geniş yer tutan pompalar, valfler ve diğer hareketli reaktör parçalarının kaldırılması yoluyla yeni nesil nükleer reaktör tasarımı sadeleştirilmiştir. Yenilikçi nükleer reaktör dizaynı kapsamında geliştirilen ilave nükleer güvenlik donanımları ve nükleer emniyet sistemleri sayesinde küresel nükleer yakıt erimesi kazaları önlenmesi de sağlanmaktadır. Karbonsuz evrimsel **SMR** nükleer kompleksleri maliyetleri düşürülmesi için tüm nükleer reaktör komponentleri montaj çalışmaları nükleer santral sahası yerine fabrikada yapılmaktadır. Böylece, inovatif **SMR** elektrik üretimi sistemleri diğer alternatif küresel güç tesisleri ile rekabet eder düzeye gelmektedir. **Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı (United States Department of Energy – US DOE)** 288 milyon dolar finansman desteği aynı zamanda özellikle global Mühendislik ve İnşaat Firması **Fluor** ekonomik yardımları ile birlikte **ABD Oregon Eyalet Üniversitesi (Oregon State University - OSU)** kampüsünde 2007 yılından beri yürütülen bilimsel araştırmalar çerçevesinde **NuScale** Şirketi inovasyona dayalı **SMR** tasarımı için 800 milyon dolar harcamıştır. **SMR** nükleer santral tesisi lisanslandırılması yönünde **ABD Nükleer Düzenleme Komisyonu (Nuclear Regulatory Commission - NRC)** mevzuatı uyarınca çalışmalar da başlatılmıştır. İlk karbonsuz **SMR** güç tesisi müşterisi **Idaho Eyaleti Elektrik Üretim ve Dağıtım Firması**

tarafından 2023 yılında inovatif modüler nükleer reaktör yapımı faaliyetleri planlanmaktadır. **SMR** nükleer güç santrali **NGS** projeleri küresel boyutta yaygınlaşmaktadır. Örneğin, Çin ve Rusya Federasyonu da nükleer **SMR** tesisleri **Araştırma Geliştirme Ar-Ge** çalışmaları yürütmektedir. Amerikan **Illinois** Eyaleti **Chicago Üniversitesi (University of Chicago)** araştırmacılarından aynı zamanda 2011 **SMR** raporu yazarlarından Kuramsal Fizikçi **Prof Dr Robert Rosner**, karbonsuz küçük modüler reaktör kompleksleri ünitelerinin yeni nesil nükleer güç santralleri maliyetleri ve ekonomileri üzerinde etken rol oynayacağını ileri sürmektedir. **NuScale** Firması, **SMR** lisansı için başvuran yegâne **ABD** kuruluşu olduğunu belirten **Dr Rosner**, küçük modüler reaktörler elektrik enerjisi üretimleri projeksiyonları açısından iyimser görüşler ifade etmektedir. **NuScale** Firması **SMR** dizaynları sayesinde nükleer enerji sektörü dalında önemli nükleer hamleler ve nükleer adımlar atıldığı da **Dr Rosner**'in olumlu görüşleri arasında sıralanmaktadır.

ABD Nükleer Düzenleme Kurulu (Nuclear Regulatory Commission - NRC) tarafından yeni onaylanan **NuScale Küçük Modüler Nükleer Reaktör (Small Modular Reactor - SMR)** kalbi parçasının bir **TIR** kamyonu vasıtasıyla nükleer santral inşaatı sahasına nakliyesi aşağıda resmedilmektedir. Yekpare **SMR** kalbi sayesinde nükleer santral montaj süresi ve reaktör inşaat maliyetleri son derece azaltılmaktadır.



Kaynak: Forbes Dergisi

NuScale nükleer reaktörleri şimdilik çoğunlukla bilgisayar modelleri halinde varlığını sürdürmektedir. Ancak, **SMR** reaktörünün üst bölümünü içeren tüm ölçekli modeli bir endüstriyel sahada kurulmuştur. Gerçekte, boruları görünen gri renkli 8 metre yükseklikteki **NuScale** reaktör silindiri tam anlamıyla küçük de değildir. **SMR** tesisi, kapalı havada yüzeye çıkan denizaltı güvertesi ya da **denizaltı kulesi (conning tower)** benzeri bir görüntü sergilemektedir. **NuScale** reaktör tasarımcısı **Ben Heald**, çalışanların denetimler karşısında sıkışıp kalma olasılığı karşısında **SMR** tesisinin kurulduğunu işaret ederek söz konusu yapının aynı zamanda iddialı bir nükleer santral pazarlama aracı olduğunu belirtmektedir. Öte yandan, **NuScale** ileri **SMR**

reaktör dizaynı yoğun çalışmalarının çeşitli aksaklık ve karışıklık karşısında gerçekleşeceğini aynı zamanda başarıya ulaşacağını hiç kimse umut etmemiştir. Örneğin, çok sayıda ileri nükleer reaktör tasarımları uygulamaları ve girişimleri sonuçsuz kalmıştır. Washington, D.C. 'de konuşlu **George Washington University - GW** kamu sektörü politikası ve uluslararası ilişkiler dalında öğretim üyesi olması yanında **Birleşik Devletler Nükleer Düzenleme Kurumu (Nuclear Regulatory Commission - NRC)** 2012 - 2014 yılları arası eski başkanlarından Jeolog **Prof Dr Allison Macfarlane**, yenilikçi **NuScale** tasarımı ile öteki gelişmiş nükleer reaktör dizaynları çalışmalarını olumlu nükleer yatırım projeleri saymakla beraber karbonsuz baz enerji kaynağı nükleer güç santralleri **NGS** kompleksleri ünitelerinin faaliyete geçirilmeleri için uzunca bir süre gerektiğinden yerkürenin ısınması ve global iklim değişiklikleri mücadelesi kapsamında yetersiz çözüm yolu olarak görmektedir.

Silindir şeklinde ve yüksekliği 8 metre olan aynı zamanda denizaltı kulesi veya denizaltı güvertesi şeklini andıran, boruları sadeleştirilmiş gri renkli karbonsuz baz yüklü **NuScale (Small Modular Reactor - SMR)** nükleer güç tesisi aşağıdaki resimde görüntülenmektedir.



Kaynak: NuScale Güç (NuScale Power) Şirketi

NuScale evrimsel nükleer enerji santrali, 12 adet küçük modüler reaktör ünitesinin tek bir havuz içerisine monte edilmesi ve yerleştirilmesi ile oluşmaktadır. Nükleer reaktörler pasif nükleer güvenlik sistemleri ve nükleer emniyet ekipmanları sayesinde çok daha güvenilir duruma getirilmiştir. Ayrıca, basit nükleer reaktör tasarımı vasıtasıyla nükleer yakıt erimesi kazalarının engellenmesi yanında çok sayıdaki reaktör parçaları, pompalar ve valflerin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Nükleer reaktör maliyeti düşürülmesi bağlamında fabrikasyon reaktörler bir bütün halinde nükleer santral inşaat sahası mahalline taşınmaktadır. Güç üretimi bölümü, soğutma havuzu, gezer vinç, ana reaktör binası, besleme suyu takviyeli buhar türbinleri, kullanılmış nükleer yakıtı reaktörden uzaklaştıran aynı zamanda nükleer yakıt yükleme aygıtı, **NuScale** reaktörü koruma kabı (containment vessel), nükleer yakıt kontrol çubuğu düzeneği ve reaktör basınç kabı tertibatı, modüler nükleer reaktörler

ana komponentleri sayılmaktadır. Ayrıca, nükleer reaktör dahili buhar jeneratörü dizaynı basitleştirilmiş ve güvenliği de artırılmıştır. Reaktör kalbinin ısınmasına yönelik nükleer yakıt çubukları kabı vakum altında tutulmaktadır. Aşırı düzeyde ısınan reaktörün soğutulması açısından mevcut buharın reaktör havuzundaki ısı eşanjörleri – ısı değiştiricileri (heat exchangers)'ne doğru yönlendirilmesi mümkün olmaktadır. Reaktör kalbi son derece ısındığı takdirde ise buhar ile su, emniyet valfleri ve tahliye vanaları (relief valves) kanalıyla vakumlu bölmeye aktararak sıcaklık reaktör havuzuna doğru aktarılmaktadır. Diğer taraftan, **doğal ısı nakli (natural convection)** de pompaları gereksiz kılarak reaktör kalbine doğru soğutma suyunu harekete geçirmektedir. Öte yandan, büyük ve küçük 100 den fazla **NuScale** modüler reaktör ünitelerinin klasik **gigawatt** dev kapasiteli tek bir nükleer reaktör koruyucu kabı (containment building) içerisine sığması da mümkün olmaktadır. Çok daha fazla nükleer yakıt bulunduran büyük kapasiteli reaktör kalbine kıyasla **NuScale** reaktör kalbi yakıtı sadece %8 düzeyinde kalmaktadır. Son derece ideal buhar kazanı kabul edilen nükleer reaktörün kalbi içinde genellikle uranyum oksit tabletleri ihtiva eden nükleer yakıt çubukları yer almaktadır. Radyoaktif uranyum atomlarının birdenbire bozunması veya parçalanması sonucu enerji ile birlikte hızlı nötronlar açığa çıkmaktadır. Ortaya çıkan nötronlar daha fazla uranyum atomunu parçalamak suretiyle nükleer fisyon adı verilen nötron kökenli zincirleme nükleer tepkimeler ya da nükleer kimyasal reaksiyonlar silsilesi meydana getirmektedir. Kimyasal nükleer zincirleme reaksiyonlar neticesi su ısıtılıp buhar oluşturulmakta ve buhar türbinleri (steam turbines) yoluyla elektrik enerjisi üretimi temin edilmektedir. Dünyada faaliyet gösteren 452 adet karbonsuz nükleer güç reaktörleri sistemlerinin %85'i yukarıda kısaca anlatılan su sirkülasyonlu nükleer fisyon tepkimeleri prensibi ve esasına göre çalışmaktadır. Nükleer elektrik enerjisi santralleri işletilmesi ve güvenliği temelinde su çok önemli rol oynamaktadır. Nükleer enerji reaktörleri nükleer yakıt olarak küçük miktarda fisil Uranyum - 235 radyoaktif maddesi kullanmaktadır. Su, nükleer reaktörlerde nötronları yavaşlatarak atomların nükleer bozunma ve nükleer parçalanma ihtimallerini artırmaktadır. Böylece, yavaş nötronlar vasıtasıyla sürdürülebilir nükleer zincir tepkimeleri ve reaksiyonları sağlanmaktadır. Nötronların ve su içindeki hidrojen atomlarının kütlelerinin yaklaşık eşit olması sebebiyle iki bilyardo topunun elastik çarpışmasına benzer biçimde nötronlar yavaşlatılmaktadır. Gerçekte su, nötronları yavaşlatan nükleer moderatör - nükleer yavaşlatıcı görevi üstlenmektedir. Ortamda su bulunmadığı zaman fisyon tepkimeleri ve nükleer reaksiyonları kontrolü de kaybolmaktadır. Örneğin, grafit moderatör menşeli reaktörler ile işletilen 1986 yılı Ukrayna **Çernobil nükleer güç santrali NGS** kompleksi patlaması, zincirleme nükleer kimyasal tepkimeler ve nükleer reaksiyonlar silsilesinin çığ gibi büyüdüğü çok ciddi küresel nükleer yakıt erimesi kazaları içinde yer almaktadır. Zincirleme nükleer reaksiyonlar tamamen sona erse bile nükleer fisyon sayesinde ortaya çıkan atomların radyoaktif bozunması kaynaklı sıcaklık nedeniyle nükleer yakıt erimesi devam etmektedir. Örneğin, söz konusu nükleer yakıt erimesi kazası 2011 yılı tsunami süpürtü dalgaları sonrası Japonya **Fukuşima Daiçi** geleneksel nükleer güç santrali **NGS** reaktörleri içerisinde oluşmuştur. Nükleer enerji reaktörleri ünitelerine soğutma suyu pompalayan acil durum jeneratörleri, dev bataryalar, aküler ve donanımları süpürtü dalgaları sularının altında kalarak çalışamaz hale gelmiştir. **NuScale SMR** nükleer enerji santrali yukarıda anlatılan küresel nükleer yakıt erimesi kazaları riskleri ve tehlikeleri vakalarını çok yönlü biçimde azaltmaktadır. **NuScale** mühendisleri reaktör kalbine soğutma suyu sağlayan pompalar ve ekipmanlarını ortadan kaldırarak doğal ısı nakli yöntemlerini kullanmaktadır. **NuScale** Mühendisi **Eric Young**, nükleer güvenlik ve nükleer

emniyet kriterleri açısından **SMR** nükleer elektrik santrali sistemleri kapsamında hareketli parçaların sökülüp atılması ile birlikte nükleer güç tesisleri kazaları olaylarının minimum düzeye indirildiğini bildirmektedir.

Düşük maliyetli, emniyetli ve güvenli 12 adet karbonsuz yeni nesil küçük modüler reaktör (**Small Modular Reactor - SMR**) nükleer güç santrali **NGS** ünitelerinin tek kontrol odası vasıtasıyla yönetimi aşağıdaki resimde görülmektedir.



Kaynak: NUSCALE POWER, LLC

Öte yandan, **NuScale** yeni reaktör muhafazası, kılıfı ve gövdesi de ileri düzeyde korunma sağlamaktadır. Konvansiyonel nükleer elektrik santrali reaktörleri montajı 40 metre çapında güçlendirilmiş betonarme reaktör koruma kabı içerisine yapılmaktadır. Karbonsuz **SMR** tesisi ise 4.6 metre genişlikteki çelik koruma kabı içine kurulmakta ve reaktör çapının çok daha küçük olması nedeni ile 15 kat yüksek basınçlara dayanıklılık göstermektedir. Nükleer reaktör koruma kapları büyük su havuzları içerisinde yer almaktadır. **SMR** üniteleri de derinliğine savunma felsefesi kapsamında nükleer güvenlik sistemi donanımları ve nükleer emniyet ekipmanları ile donatılmıştır. Örneğin, nükleer emniyet ve nükleer güvenlik acil durum müdahalesi gerektiğinde operatörler, türbinlerdeki buharı havuzun içinde bulunan ısı değiştiricileri - ısı eşanjörleri (heat exchangers)'ne doğru yönlendirmekte aynı zamanda nükleer reaktör kalbi ve çekirdeğinin soğutulması işlemini gerçekleştirmektedir. Normal nükleer reaktörler işletilmesi koşulları esnasında reaktör ve nükleer santral koruma kabı (containment vessel) arasındaki boşluk sayesinde termos benzer biçimde reaktör kalbinin yalıtılması ve ısıtılması temin edilmektedir. Nükleer reaktör kalbi ve çekirdeği aşırı derecede ısındığı takdirde ise nükleer reaktör tahliye valfleri ve emniyet vanaları (relief valves) derhal açılmaktadır. Böylece, yüksek basınçlı buhar ve su, reaktör havuzuna ısı transferi yapılması suretiyle vakumlu bölgeye aktarılmaktadır. **Dr Reyes**, ısı geçişleri temin eden pasif nükleer güvenlik sistemleri ekipmanlarının sadece makul ve olası nükleer santral kazaları senaryoları için tasarlandığı işaret ederek nükleer reaktör kalbi ve çekirdeği çevresinin korunmasının sağlandığını belirtmektedir.

Yeni kuşak **SMR** kompleksi operatör müdahalesi olmayan, alternatif akım **AC** ya da doğru akım **DC** güç ve ilave nükleer reaktör soğutma suyu gerektirmeyen görüntüleri aşağıda şema halinde verilmektedir.



Kaynak: NuScale Firması

Nükleer reaktörün öngörüldüğü şekilde çalıştığını kanıtlamak için **NuScale** mühendisleri tarafından üçte bir ölçekli model **SMR** nükleer reaktörü kurulumu gerçekleştirilmiştir. Amerikan **Oregon Eyalet Üniversitesi (Oregon State University - OSU)** Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü laboratuvarının bir köşesinde 7 metre boyunda borular, valfler ve kablolardan ibaret gerçek **SMR** reaktörü modeli kurulduğunu açıklayan Mühendis **Young**, reaktör bilgisayar modellerinin geçerli kılınması yönünde **Birleşik Devletler Nükleer Düzenleme Komisyonu (United States Nuclear Regulatory Commission - USNRC)** tasarım güvenliği ve emniyeti değerlendirilmesi çalışmalarının yürütüleceğini bildirmektedir. Model reaktörün çekirdeği, nükleer yakıt yerine saç maşalarına benzer 56 adet elektrikli ısıtıcılar kanalıyla ısıtılmaktadır. **NuScale SMR** Reaktörü Deneme Grubu Yöneticisi **Eric Young**, sistemin büyük bir filtreli kahve makinesini andırdığını aynı zamanda deney düzeneğinin üç gün boyunca test edildiğini dile getirmektedir. Kanada **Vancouver** kentindeki **British Columbia Üniversitesi (University of British Columbia)** bilim insanı Fizikçi **Prof Dr M. V. Ramana** ise küçük reaktörler yapımları hakkında olumsuz bir görüş ortaya atmaktadır. Küçük kapasiteli reaktör üniteleri nükleer yakıtı uranyumun tonu başına elde edilen enerjinin düşük olduğunu vurgulayan **Dr Ramana** aynı zamanda nükleer reaktör işletme maliyetleri rakamlarının artarak doğası gereği **NuScale** reaktörleri ekonomik ölçekli avantajlarının kaybolduğunu açıklamaktadır. Diğer taraftan **Dr Reyes**, küçük boyutlu reaktör tesisleri vasıtasıyla çok yönlü endüstriyel kazanımlar sağlandığını ifade etmektedir. Örneğin, küçük kapasiteli reaktörler komplekslerinin tuzlu suyu tatlı suya dönüştürme nükleer tesisleri (nuclear desalination plants) ve sanayi prosesleri için sıcak su temini çalışmalarında kullanılması da olası görülmektedir. Aralıklarla kesintili enerji sağlayan **YEK** tabanlı çevreci **RES** türbinleri ve güneş panelleri devamlı artan kalkınmakta olan ülkelerin sürdürülebilir küçük elektrik şebekeleri ağlarının desteklenmesi açısından 12 adet modüler reaktörden oluşan baz yüklü karbonsuz **NuScale** nükleer güç tesisleri sistemlerinin önemli rol oynaması da beklentiler arasında sıralanmaktadır. **NuScale** yenilikçi nükleer elektrik enerjisi reaktörleri dizaynları doğrultusunda nükleer tasarımcılar yeni nesil nükleer güç santrallerin **NGS** kurulması ve işletilmesi hakkında çarpıcı inovatif nükleer değişiklikler ve yenilikçi nükleer dönüşümler yapmayı planlamaktadır. Amerika Nükleer Düzenleme Kurulu **NRC** yönetmelikleri uyarınca nükleer santral kontrol odası içinde ikiden fazla nükleer reaktörün yönetilmesine izin

verilmemektedir. **NuScale** tipi nükleer güç santrali yönetimi için ise en az 6 operatöre gereksinim duyulmaktadır. **NuScale** nükleer enerji santrali kontrol odası vasıtasıyla bir düzine kadar daha basit, emniyetli ve güvenli reaktör idaresi mümkün olmaktadır. **NuScale** reaktörleri kıdemli işletme mühendisi **Ross Snuggerud**, **SMR** nükleer santralinin 6 kişi tarafından işletilmesi olasılığı karşısında otoritelerin esprili yaklaşım gösterdiklerini ifade etmektedir. Söz konusu nükleer elektrik santrali operasyonu ihtimalinin kanıtlanması bağlamında gerçek bir nükleer güç santralinin yönetilmesi için **NuScale** mühendisleri tam donanımlı reaktör kontrol odası kurmuştur. Nükleer reaktör kontrol odası, **Willamette River** nehri boyunca uzanan sanayi parkı içinde bulunan **NuScale** binasının ikinci katında yer almaktadır. **SMR** kontrol odası duvarları yüksek çözünürlüklü son derece hassas dev monitorlar ile kaplanmış olup 12 adet gerçek reaktörün performansı izlenmektedir. Mühendis **Snuggerud**, model bir reaktör kazasını oluşturmak için dokunmaktik ekranı harekete geçirmesi ile birlikte 12 reaktörün birinde reaktivite yani tepkisellik aniden maksimum düzeye ulaşmıştır. Nötronları absorblamak suretiyle fisyon reaksiyonları ve nükleer kimyasal tepkimeleri durduracak olan boron karbür ihtiva eden reaktör kontrol çubukları devreye girmemiştir. Böylece, alarm sesi duyulmuş ve uyarı lambaları yanıp sönmeye başlamıştır. Reaktör kalbi sıcaklığı son derece yüksek seviyelere çıkmıştır. Reaktör sıcaklığı otomatik olarak havuza doğru yönlendirilerek dakikalar içerisinde nükleer reaktör çekirdeği sıcaklıkları düşürülmüştür. Neticede **SMR** tesisleri kapsamında reaktör kalbi erimesi vakaları ya da nükleer yakıt erimesi kazaları vuku bulması imkânsız kabul edilmektedir. **Ross Snuggerud**; **NuScale** reaktörleri, nükleer emniyet ve nükleer güvenlik ölçütleri aynı zamanda reaktör çekirdeği bütünlüğünün korunması yönünden çok uygun niteliklere sahip olduğunu belirtmektedir. **NuScale** Şirketi, **SMR** nükleer güç tesisleri ünitelerinin güvenli ve emniyetli işletimine dair **NRC** yetkililerini ikna etmesi gerekmektedir. İki yıl önce 12000 sayfadan ibaret nükleer reaktör lisanslama müracaatı dökümanları **NRC**'ye sunulmuştur. **NRC** tarafından nükleer reaktör lisans başvuru belgeleri 2020 yılına kadar incelenmesi ve gözden geçirilmesi tamamlanarak sonuçlandırılması beklenmektedir. Sunulan **SMR** lisans müracaatı içeriği ile **NuScale** firmasının çok geniş kapsamlı nükleer deneyim ve tecrübesi de kanıtlanmaktadır. **Dr Jose Reyes**, **Oregon Eyalet Üniversitesi - OSU**'da iken iki adet konvansiyonel **Westinghouse** nükleer santral tasarımı lisanslandırılması için **NRC**'ye yardım etmiştir. Öte yandan, **NuScale** reaktör dizaynı onaylandığı takdirde 2014 yılından beri **NRC** tarafından lisanslanan ilk nükleer santral tasarımı olacaktır. **NuScale** Firması nükleer reaktör lisanslama uzmanı **Carrie Fosaaen**, 1500'den fazla resmi talebin yaklaşık %30'unun yanıtlandığını ifade etmektedir. Bayan **Fosaaen**, çok sayıda ciltlerden oluşan dökümanlar ile bir araya getirilen tasarımlarının çok farklı nitelik taşıdığını ve diğer nükleer lisans müracaatı yapan kuruluşlara örnek teşkil ettiğini belirtmektedir. **NRC** nükleer lisanslama yönetmelikleri, klasik reaktörün minyatür tipinin kurulması gerektiğini şart koşmaktadır. Kurulan prototip reaktör sayesinde yetkili düzenleyici kuruluşlara karışık nükleer donanımlar ve nükleer sistemler bertaraf edilerek **NuScale** tasarımının ne kadar güvenli ve emniyetli olduğu gösterilmektedir. **NuScale** şirketinin bazı talepleri de cesur ve gözüpek kabul edilmektedir. Örneğin, **NuScale** Firması, reaktörlerinin güce gerek duymadan kapanması nedeniyle ilave elektrik enerji desteği ihtiyacının olmadığı şirketin **NRC** lisans başvurusu içinde yer almaktadır. Benzer olarak **NuScale** Şirketi, nükleer santral sahası dışında iyonlaştırıcı radyasyonlar yayılması tehlikesi ve riski bulunmaması sebebi ile 32 kilometre genişlikteki bölgede yaşayan insanların **acil tahliyesi** ve **ivedi boşaltılması (emergency evacuation)** **NRC** yönetmelik hükmüne de karşı çıkmaktadır. Böyle bir **NRC** yönetmeliği değişikliği gerçekleşmesi halinde

eyaletlerin elektrik üretim ve dağıtım şirketlerinin yoğun çevre kirliliği oluşturan baz yüklü kömürlü termik santraller yerine yenilikçi temel enerji kaynağı karbonsuz **NuScale SMR** nükleer güç santralleri kurmayı tercih etmeleri beklenmektedir. Diğer taraftan, Washington, D.C. 'de konuşlu **Duyarlı Bilim İnsanları Birliği (Union of Concerned Scientists - UCS)** üyesi Fizikçi **Dr Edwin Lyman** ise nükleer elektrik santralleri maliyetlerinin azaltılması yönünde **NuScale** Şirketi tarafından nükleer santral nükleer güvenlik ve nükleer emniyet kriterleri önlemlerinin soyulup soğana çevrildiğini ileri sürmektedir. **Dr Lyman**, yeni reaktörlerin çalışması ve işletilmesi koşulları tam anlamıyla bilinmeden **NRC** nükleer santral kazası acil durum tahliye ve boşaltma bölgesi maddesinin kaldırılması olasılığını sorumsuzluk olarak değerlendirmektedir. Ancak, Cambridge konuşlu **Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (Massachusetts Institute of Technology - MIT)** Nükleer Enerji Mühendisi **Prof Dr Jacopo Buongiorno**, reaktör lisansı onayına yönelik **NuScale** Firması taleplerini makul şekilde nitelendirmekle birlikte bazı nükleer güvenlik şartlarının kaldırılması isteğine ise oldukça olumsuz bakmaktadır. **NuScale** mühendisleri karbonsuz evrimsel nükleer güç santrali **NGS** inşaatı gerçekleştirmeyi sabırsızlıkla beklemektedir. **NuScale** Firması, 6 eyaletin 46 elektrik üretim ve dağıtım şirketini temsil eden **Utah Birleşik Belediye Güç Sistemleri (Utah Associated Municipal Power Systems - UAMPS)** konsorsiyumu ile geçici mukavele imzalamıştır. Geçici anlaşma uyarınca **NuScale**, **UAMPS** karbonsuz güç projesi kapsamında **Idaho Şelaleleri (Idaho Falls)** yakınlarındaki Amerikan Enerji Bakanlığı **DOE** adına faaliyet gösteren **Idaho Ulusal Laboratuvarı (Idaho National Laboratory - INL)** içinde 12 reaktörden ibaret **SMR** nükleer elektrik enerjisi tesisi kuracaktır. **DOE** nükleer enerji projeleri yürüten **INL**, bir nükleer reaktör modülü kompleksi içeriğinde bilimsel araştırmalar planlamaktadır. **INL** yönetimi diğer nükleer modülü de laboratuvar güç ihtiyacı karşılanması yönünde kullanmayı hedeflemektedir. Kalan 10 nükleer modül ise eyalet elektrik şebekesi ağı beslenmesi çerçevesinde devreye girecektir. **UAMPS**, yenilikçi **SMR** nükleer santralleri kurulması hakkında 2019 yılında karar verecektir. İnovatif küçük modüler reaktörler **SMR** nükleer elektrik santralleri inşaatları da 2027 yılında başlayacaktır. **NuScale** Firması yeni kuşak **SMR** nükleer enerji santrali talebi ve pazarının genişleyeceğini umut etmektedir. **NuScale** Şirketi Ticaret Müdürü **Tom Mundy**, inovasyona dayalı **SMR** elektrik santrali talep eden çok sayıda kuruluşun olduğunu ancak ilk müşteri olmak istemediklerini bildirmektedir. Birleşik Krallık (**United Kingdom - UK**) **Sellafield** konuşlu **Ulusal Nükleer Laboratuvarı (National Nuclear Laboratory - NNL)** 2014 yılı raporuna göre 2035 yılında küresel **SMR** santralleri nükleer güç üretimi kapasitesi profili rakamlarının 65 **gigawatt** - 85 **gigawatt** bandında olacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca, **SMR** nükleer santralleri yapımları için sağlanması gereken finansman kaynakları bilançosunun ise 320 milyar dolar ve 510 milyar dolar arasında olması beklenmektedir. Öte yandan Arjantin, Çin, Rusya Federasyonu ve Güney Kore nükleer mühendisleri yenilikçi **SMR** tasarımları **Araştırma - Geliştirme Ar-Ge** çalışmaları yürütmektedir. Fizikçi **Prof Dr Robert Rosner**, uluslararası küçük modüler reaktör üniteleri dizaynları arenası alanında **NuScale SMR** tasarımlarının kalitesi ve mükemmeliyeti sayesinde dikkat çekeceğini ifade etmektedir. Ancak, baz yüklü **NuScale** reaktörlerinin başarı ritmini yakalaması bağlamında ucuz ve düşük maliyetli temel enerji kaynakları doğalgaz kombine çevrim santralleri kompleksleri ile ciddi rekabet etmesi de gerekmektedir. **NuScale** Firması, reaktör yapımı ve işletilmesi dahil olmak üzere toplam elektrik enerjisi maliyeti tarifesini **megawatt-saat** başına 65 dolar seviyesinde tutmayı amaçlamaktadır. **SMR** reaktörü güç üretimi maliyeti, doğalgaz termik santralleri elektrik enerjisi üretimleri maliyetleri rakamlarına kıyasla %20 daha fazla olmaktadır. **Dr Rosner**, global

doğalgaz fiyatları tarifelerinin her zaman düşük kalmayacağını vurgulamaktadır. Örneğin, ülkelerin gelecekte karbon emisyonları ve karbondioksit salınımları fiyatı ilave etmeleri zorunluluğu nedeni fosil yakıtlı güç santralleri elektrik enerjisi üretimi maliyetleri de yükselecektir. Nitekim **ABD MIT Enstitüsü** 2018 raporu, karbon vergisi yürürlüğe girmesi halinde baz yüklü karbonsuz nükleer enerji santralleri ünitelerinin yine temel enerji kaynağı doğalgaz yakıtlı elektrik enerjisi kompleksleri karşısındaki rekabet gücünün artacağını işaret etmektedir. Diğer taraftan karbonsuz nükleer güç, çevreci yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** menşeli rüzgar enerjisi santralleri **RES** sistemleri ve güneş enerjisi santralleri **GES** üniteleri ile son derece yoğun rekabet süreci yaşayacaktır. **Dr Ramana**, doğa dostu **YEK** tabanlı **RES** ve **GES** kompleksleri ünitelerinin giderek çok daha ucuz hale geldiğini belirtmektedir. **Dr Lyman**, **NuScale** şirketinin Amerikan Enerji Bakanlığı **DOE** kaynaklı ekonomik destekleri, mali sübvansiyonları ve finansal yardımları olan **UAMPS** projeleri gibi benzer programlara rağmen sadece az sayıda ulusal nükleer elektrik enerjisi müşterisi toplayacağını açıklamaktadır. Aynı zamanda **Dr Lyman**, küresel ekonomilerin istikrarsızlığı ve kararsızlığından dolayı dünya küçük reaktörler talebinin hızla artmasını da beklememektedir. **Dr Reyes** ise “**YEK** kökenli **RES** ve **GES** ünitelerinin sürdürülebilir enerji üretim kaynakları statüsüne çıkabilmeleri için fosil yakıtlı elektrik santralleri karbondioksit emisyonları karşısında önemli avantaj sağlayan temel yük kaynağı karbonsuz nükleer güç santralleri **NGS** reaktörleri sayesinde olacağını” çok sayıda enerji uzmanı görüşü olarak aktarmaktadır. Öte yandan, **NuScale** Şirketi Amerika Birleşik Devletleri genelinde nükleer enerji hamlesi ve nükleer güç adımları atmaya planlanmasına karşın asıl nükleer elektrik talebinin **Atlantik Okyanusu** kıyılarının diğer yakasından geleceğini öngörmektedir. Örneğin, karbondioksit emisyonlarının dizginlenmesi, kontrol ve denetim altına alınması bağlamında Büyük Britanya yönetimi 2025 yılına kadar son kalan 7 adet baz yüklü kömür yakıtlı termik santraller sistemlerinin kapatılmasını taahhüt etmektedir. İngiliz kömürlü güç santralleri yerine yeni nesil gaz kombine çevrim santralleri ikâmesi programlanması karşısında Amerikan **NuScale** Firması, İngiltere Hükümeti yetkililerini karbonsuz nükleer elektrik santralleri seçeneği konusunda ikna etmeye çalışmaktadır. Tüm yenilikçi nükleer teknoloji girişimleri ve atılımları ile birlikte **NuScale Güç** Firması küçük modüler reaktörler üniteleri klasik konumlarını da muhafaza etmektedir. Örneğin, bir kez yakılan geleneksel ticari reaktör nükleer yakıtları kullanılmakta ve güvenli biçimde yüksek aktiviteli nükleer atıkların yok edilmesi sağlanmaktadır. Öte yandan, yaklaşık 30 yıldan beri Nükleer Enerji Mühendisleri sınırsız nükleer yakıt arzı sağlanması için hızlı nükleer reaktörler tasarımları ve hızlı üretken reaktörler (**Fast Breeder Reactors - FBR**) dizaynları üzerinde çalışmaktadır. **FBR** nükleer santralleri, sürdürülebilir küresel nükleer yakıt arz güvenliği sağlaması yanında çok daha az uzun yarı ömürlü radyoaktif atıklar meydana getirmektedir. Günümüzde düzinelerce ileri hızlı reaktörler dizaynları yoluyla eski nükleer güç santralleri **NGS** kompleksleri sistemlerine nazaran inovasyona dayalı çok güvenli ve düşük maliyetli nükleer elektrik tesisleri kurulmaya çalışılmaktadır. Tipik nükleer reaktör uranyum yakıtı, %5 den daha az Uranyum-235 (U-235) izotopu içermektedir. Nükleer çekirdek parçalandığında ya da nükleer fisyon tepkimeleri oluştuğunda enerji ve nötronlar salınmaktadır. Sulandırılmış nükleer yakıt ile sürdürülebilir nükleer zincir reaksiyonları sağlanması sadece nötronların reaktör soğutma suyu sayesinde yavaşlatılmasına bağlı konumda bulunmaktadır. Nükleer reaktör soğutma suyu yavaşlatıcı - moderatör (moderator), diğer nükleer çekirdeklerin bozunması yönünde nötronların nükleer yakıt etkileşme olasılıklarını artırmaktadır. Tam tersi biçimde hızlı reaktörler ise çok daha zenginleştirilmiş Uranyum-235 veya Plutonyum-239 (Pu-239) kullanarak moderatör olmaksızın çalıştırılmaktadır. Her iki

nükleer yakıt da bol ve bereketli nötronlar üretmektedir. Hızlı üretken reaktörler Uranyum-235 çekirdeğine daha fazla nötron yağdırmak (neutron shower) suretiyle zengin ve verimli nükleer yakıtlar üretmektedir. Ayrıca, Uranyum-235 fisil Plutonyum-239'a dönüştürülerek nükleer yakıtın tekrar işlenmesi olası durumunu da gelmektedir. Atomik çağın başları olan 1950'li yıllarda uzmanlar bir gün nükleer enerjinin dünya güç profili kapsamında önemli yer tutacağını varsaymıştır. Ayrıca, global uranyum yakıtı kıtlığı ve darlığı önlenmesi çerçevesinde baz yüklü karbonsuz hızlı üretken reaktörler (**Fast Breeder Reactors - FBR**) kurulması için nükleer enerji uzmanları çaba göstermiştir. Bununla beraber hızlı reaktörlerin yönetimi son derece kompleks ve zorluklar ihtiva etmektedir. Örneğin, hızlı üretken reaktörlerin soğutulması için sıvı sodyum ve erimiş tuz kullanılmaktadır. Yoğun kimyasal dönüşüm prosesleri nedeni ile çok sayıda tehlikeli ve riskli atıklar oluşmaktadır. Ayrıca kapalı nükleer yakıt çevrimi, plütonyum için global nükleer silah marketi kurulması anlamına gelmektedir. Global atom bombaları yapımı kapsamında tercih edilen radyoaktif maddeler arasında küresel plutonyum nükleer yakıtları artması ise uluslararası nükleer silahların üretilmesi ve yaygınlaşması yönündeki kamuoyu kaygılarını körüklemektedir. Şimdiye kadar sadece 19 adet küresel hızlı reaktörler çalıştırılması gerçekleştirilmiştir. Günümüzde ise 3 adet Rusya Federasyonu, bir adet Çin ve 1 adet de Hindistan olmak üzere sadece üç ülkede hızlı üretken reaktörler işletilmesi sağlanmaktadır. Klasik su soğutmalı reaktörler ünitelerine benzer şekilde mühendisler hızlı reaktörler için küçük modüler reaktör tasarımları **Ar-Ge** faaliyetleri yürütmektedir. Küçük hızlı üretken modüler reaktörler dizaynları içeriğinde plutonyum üretimi de yapılmaktadır. Ancak, yeni nükleer yakıt çevrimi prosesi bertaraf edilerek üretilen plutonyum küçük hızlı reaktör içinde yakılmaktadır. Bununla beraber gelecekteki ileri hızlı reaktör projeleri yatırımlarının dünya çapında yaygınlaşması da kaygı uyandırmaktadır. **Prof Dr Allison Macfarlane** ise hızlı reaktör tasarımları yoluyla son derece yüksek iyonlaştırıcı radyasyon yayan nükleer atıkların yok edilmesi sorunlarının ortadan kalkacağını ifade etmektedir. Ayrıca, Nükleer Mühendis **Prof Dr Jacopo Buongiorno**, global uranyum nükleer yakıt arz güvenliği sorunları yaşanmadığını işaret ederek **Amerika Birleşik Devletleri** dahil olmak üzere hiçbir ülkede hızlı reaktörler kurulması gereği bulunmadığını vurgulamaktadır. Sonuçta, yerkürenin ısınmasının durdurulması ve dünya ekolojik denge koşullarının korunması bağlamında küresel elektrik enerjisi kompozisyonu içinde %11 düzeyinde yer alan global karbonsuz nükleer güç payı gelecekte artacaktır.

Kaynaklar:

- Yeni Nesil Nükleer Güç Reaktörleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Radyoaktif Atıkların Yok Edilmesi veya Nihai Depolanması, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- İyonlaştırıcı Radyasyonların Biyolojik Etkileşme Mekanizmaları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Kâinat, İnsan ve Radyasyon, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Nükleer Enerji, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.
- Nükleer Reaktörler, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.
- Nükleer Güç Santralleri ve Nükleer Enerjinin Geleceği, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik**

- Mühendisleri Odası FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2007.**
- Nükleer Atıkların İdaresi veya Yönetimi, 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.**
 - Atom, Radyoaktivite, Radyoizotoplar ve Radyasyon Türleri, 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.**
 - Evren, İnsan ve İyonlaştırıcı Radyasyonlar, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.**
 - Çağdaş Nükleer Santraller ve Avrupa Basıncılı 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.
- Amerika Birleşik Devletleri Kaliforniya Eyaleti Temiz Enerji Kaynakları Politikaları, Emisyon Üst Sınırı ve Ticareti Eylem Planları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Nükleer Füzyon Enerjisi (Nükleer Kaynaşma Birleşme Enerjisi) Termonükleer Füzyon Santralleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Çevre Dostu Temiz Enerji Kaynakları Teknolojileri Projeksiyonları ve Küresel Çevreci Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yatırımları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- Mars Gezegeni Keşifleri için Kızıl Gezegen Mars'a Son Gönderilen Plutonyum-238 (Pu-238) Yakıtlı Uzay Araçları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, 2011.
- Nükleer Güç ile Çalışan Uzay Araçları ve Kâinatın Keşfi için Uzaya Fırlatılan Plutonyum-238 (Pu-238) Nükleer Yakıtlı Robot Uydular, 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.
- İngiltere Elektrik Piyasası, Elektrik Üretimi Reformları, Enerji Portföyü ve Elektrik Enerjisi Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Küresel Isınma ve Küresel İklim Değişiklikleri Nedenleri Arasında Sayılan Küresel Karbondioksit Emisyonları Yok Edilmesi Teknolojileri Maliyetleri, 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.
- Almanya Enerji Reformu Düşük Karbon Ekonomileri Yenilenebilir Enerji Kaynakları (**YEK**) Devrimi ve **Energiewende** Enerji Çevrimi Açmazı, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Dünyanın En Büyük Global Karbon Marketi Avrupa Birliği Karbon Emisyonları Ticareti Sistemi (**AB ETS**) ve 2012 Küresel Karbondioksit Emisyonları Profili, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası 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, **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.
- Afrika, Asya ve Avrupa Ülkelerinde Baz Yük Kaynağı Küresel Kömür ve Düşük Kalorili Linyit Tüketen Elektrik Santralleri Önlenemeyen Yükselişi, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2014.
- İngiltere Karbon Yakalama ve Hapsetme (**CCS**) Teknolojileri Uygulamaları ile Karbondioksit Emisyonlarının Yeraltında Depolanması Projeleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2014.
- İngiltere Peterhead Doğalgaz Kombine Çevrim Santrali Karbondioksit Tutma ve Tecrit Etme CCS Teknolojisi Pilot Tesisi ile Emisyonların Kuzey Denizi Tüketilmiş Klasik Doğalgaz Rezervuarları İçine Pompalanması, 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.
- 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.
- Küresel Fosil Yakıtlar Petrol, Doğalgaz, Kömür Tüketimlerinin Önlenmesi, Durdurulması ve Tasfiyesi Hakkında Batı Kamuoylarında Gelişen Eylemler, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Hollanda Güç Üretimi Profili İçeriğinde Doğa Dostu **Rüzgâr Enerjisi Santralleri (RES)** Elektrik Üniteleri, Parkları ve Çiftlikleri Kurulmasına Dair Halkın Tepkisi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2015.

- Amerika Birleşik Devletleri ve Çin Kömür Tüketimleri Azalması Karşısında Temiz Kömür Teknolojisi Geliştirilmesi ve Küresel Kömür Üretimi Geleceği, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Asteroid Kuşağı Ötesi Güneş Sistemi Dışsal Gezegenleri (Outer Planets) Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün ile Kuiper Kuşağı Cüce Gezegenleri (Dwarf Planets) Keşifleri için Uzaya Gönderilen Nükleer Yakıtlı Yapay Uydular, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Radyoizotop Termoelektrik Jeneratör (Radioisotope Thermoelectric Generator – **RTG**) İnovasyon Teknolojili Plutonyum 238 Atom Yakıtlı Robot Uzay Araçları, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Yenilenebilir Enerji Kaynakları **YEK** ile Güneş Radyasyonları Kökenli Güneş Enerjisi Sistemleri **GES** ve Silikon Kristalli Fotovoltaik Pil Maliyetleri Düşüşleri, Ahmet Cangüzel Taner, Fizik Mühendisleri Odası **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.
- Kalkınmakta Olan Ülkeler Kapsamında İnovasyona Dayalı Çevre Dostu Yenilikçi Karbonsuz Güneş Enerjisi Santralleri **GES** Kompleksleri Gelişim Süreci, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2016.
- Ürdün, Suudi Arabistan, **BAE**, Güney Afrika, Almanya, Meksika, Brezilya, Peru, Amerika, Çin ve Hindistan **YEK** Menşeli Solar Enerji Santralleri Yatırımları, Ahmet Cangüzel Taner, **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.
- Karbonsuz Temiz Enerji Kaynakları **RES** ve **GES** Üniteleri ile Konvansiyonel Fosil Yakıtlı Güç Santralleri Rekabeti Kapsamında Karşılaşılan Zorluklar, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Küresel Nükleer Enerji, Atom Çağı ve Radyoizotopların Keşfi Süreci En Önemli Araştırmacıları Arasında Sayılan 1938 Nobel Fizik Ödülü Sahibi Enrico Fermi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2018.
- 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.
- Karaelmas Kömür ve Düşük Kaliteli Linyit Rezervleri Karşısında Doğa Dostu Görünen Doğalgaz Yatakları Metan Gazı Sızıntıları Riskleri ve Tehlikeleri, 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.
- Yerkürenin Isınması ile Global İklim Değişiklikleri Üzerinde Etken Olan ve 800000 Yıldır Sabit Kalan Küresel Karbondioksit Yoğunluğu Değişimi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Dünya Ham Petrol Firmaları Yatırımcılarının Global İklim Değişiklikleri Faili Küresel Karbondioksit Yoğunluğu ve Konsantrasyonu Artışları Kaygısı, 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.
- Science Dergisi**, 21 Şubat 2019.

Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:

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