

ABD Yönetimince Mali Destek Uygulanan Birincil Enerji Kaynakları Karbonsuz Mini Modüler Nükleer Güç Üniteleri Maliyetleri Artışları Sorunları

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

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

Amerika Birleşik Devletleri nükleer enerji endüstrisi özellikle ABD Three Mile Island geleneksel nükleer elektrik istasyonu, Ukrayna Çernobil demode nükleer enerji santrali ve Japon Fukuşima nükleer güç santrali NGS reaktörleri kompleksleri nükleer yakıt erimesi kazaları sonucu çalkantılı bir sürece girmiştir. Bununla beraber Amerikan baz yük kaynakları kömür ve düşük kaliteli linyit yakan termik santralleri sistemleri ulusal elektrik enerjisi üretimi kompozisyonu açısından yüksek oranlar ile temsil edilmektedir. Birleşik Devletler güç üretimi profili fosil yakıtlar bağımlılığı ise ülkeyi karbon emisyonları ve karbondioksit salınımları sınırlandırılması problemleri yönünden uluslararası platformlarda ciddi bir açmaza doğru sürüklemektedir. Örneğin, Amerika 2012 yılında sona eren Birleşmiş Milletler BM Kyoto Protokolü sözleşmesi hükümlerine çekincesi dünya kamuoyu tarafından yoğun şekilde kınanmıştır. Yine küresel sera gazı salınımlarının limitlenmesi, kontrol ve denetim altına alınması koşullarını kapsayan 2015 BM Paris İklim Değişikliği Anlaşması mutabakatından Amerika'nın ayrılması ile birlikte uluslararası mali taahhütlerini yerine getirmeme kararları da şiddetli biçimde eleştirilmiştir. Ancak, Kasım 2020'de ABD Başkanlık seçiminde yarışı önde göğüsleyen seçilmiş yeni Başkan Joe Biden, global karbonsuzlaştırma teknolojileri ve sıfır emisyonlu inovatif teknikler çerçevesinde milli, doğa dostu, yeşil ve çevreci yenilenebilir enerji kaynakları YEK yatırım projeleri için 2 trilyon dolar tahsisat ayırmayı vaat etmektedir. Öte yandan, Avrupa Birliği AB düşük karbon teknolojileri içeriğinde temel enerji kaynağı yeni kuşak doğalgaz kombine çevrim santralleri kurulması planlamaktadır. Örneğin, Yunanistan düşük kalorili kahverengi linyit yakan termik santraller yerine ehveni şer birincil enerji kaynağı yeni nesil gaz kombine çevrim santralleri yapımları üzerine odaklanmaktadır. Ayrıca, Amerika nükleer güç sanayi sektörü dalında karbondioksit emisyonları olmayan yenilikçi mikro nükleer enerji santralleri kompleksleri de popüler hale gelmektedir. Ulusal düşük karbon ekonomisi ve Amerikan düşük karbon teknolojileri bağlamında çalışmalar yürüten bilhassa Amerika Batı eyaletleri yönetimleri tarafından benimsenen karbonsuz baz yüklü küçük modüler nükleer güç reaktörleri (Small Modular Reactors – SMR) yatırımları projeksiyonları yaygınlaşması ekonomik sıkıntıları, finansal sorunları ve mali çıkmazları bu yazıda araştırılmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri genelinde pek çok ulusal elektrik enerjisi dağıtım ve iletim şirketi düşük kapasiteli inovasyona dayalı karbonsuz nükleer güç santrali NGS yatırımları projelerini rafa kaldırmaktadır. Böylece, Amerikan nükleer güç endüstrisi sektörünün dirilişi ve canlandırılması faaliyetleri de sekteye uğramaktadır. Örneğin, Ekim 2020'nin son haftasından beri 36 adet kamuya ait güç dağıtım ve elektrik iletim firması mini nükleer enerji santrali kurulması projelerini askıya almaktadır. Gerçekte söz konusu şirketlerin küçük nükleer elektrik reaktörleri çalışmalarını askıya alması ise Utah Belediyesi Güç Sistemleri Birliği (Utah Associated Municipal Power Systems - UAMPS)'nin sadece bir kaç ay önceki duyurusundan kaynaklanmaktadır. UAMPS, NuScale Power Firması nükleer santral tasarımı 12 adet temel elektrik

enerjisi kaynağı karbonsuz küçük modüler nükleer güç reaktörleri (**Small Modular Reactors - SMR**) kompleksleri satın almayı hedeflemektedir. Ancak, yeni nesil küçük kapasiteli nükleer enerji santrali projesinin 3 yıl gecikme ile 2030'da tamamlanacağı bildirilmektedir. Ayrıca, evrimsel mini nükleer elektrik reaktörü maliyetleri de 4.2 milyar dolardan 6.1 milyar dolara kadar yükselmiştir. Bir düzine kadar üyesi olan **Utah Associated Municipal Power Systems - UAMPS** projesi sözcüsü **LaVarr Webb**, yenilikçi mini nükleer güç reaktörleri üniteleri yatırımı projesinin hâlâ çok düzgün ilerleme kaydettiğini açıklamaktadır. **Utah Associated Municipal Power Systems** yeni kuşak küçük nükleer enerji projesi üyeleri, **Utah, California, Idaho, New Mexico** ve **Wyoming** eyaletleri olarak sıralanmaktadır. Bununla beraber bazı **Utah Associated Municipal Power Systems** üyeleri yenilikçi mikro nükleer enerji yatırımı girişimden vazgeçmektedir. Öte yandan **LaVarr Webb**, küçük kapasiteli inovatif modüler nükleer güç projesi yatırımına katılma ve nükleer elektrik satın alınması yönünde bir kaç enerji dağıtım ve güç iletim firması ile olumlu görüşmelerin sürdüğünü de ifade etmektedir.

Diğer taraftan, **Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı (Department of Energy - DOE)** bünyesindeki **Idaho Ulusal Laboratuvarı (Idaho National Laboratory - INL)** içinde kurulacak olan **NuScale Power** dizaynı karbonsuz inovasyona dayalı **SMR** nükleer elektrik enerjisi tesisi maliyeti rakamlarının son derece yüksek olacağı da açıklanmaktadır. Kanada **British Columbia** Eyaleti **Vancouver** kentinde bulunan **British Columbia Üniversitesi (University of British Columbia - UBC)**'nde kamu politikası üzerinde çalışmalar yürüten **Fizikçi Prof Dr M. V. Ramana**, pek çok elektrik dağıtım ve güç iletim firması yönetimlerinin yenilikçi nükleer reaktör yatırımı projesini terk etmesinin şaşkıncı olmadığını vurgulamaktadır. **Dr Ramana**, söz konusu nükleer enerji projesi yatırım faaliyetlerinin durdurulması nedenlerinin araştırılması gerektiğini belirtmektedir. Mevzu bahis firmaların yenilikçi nükleer enerji projesi gelişiminde tehlike sinyali ve risk işareti gördükleri de aynı bilim insanı tarafından değerlendirilmektedir. **NuScale** Şirketi küçük modüler nükleer reaktör (**Small Modular Reactor - SMR**) tasarımı, **DOE** finansal destekleri sayesinde **Oregon Eyalet Üniversitesi (Oregon State University - OSU)** bünyesinde 2017 yılında kurulmuştur. **NuScale** Firması yetkilileri karbonsuz **SMR** nükleer elektrik enerjisi üretim tesisleri ünitelerinin yüksek **gigawatt** kapasiteli dev konvansiyonel nükleer fisyon santralleri komplekslerine kıyasla daha güvenli, daha düşük maliyetli ve kapasite kullanımları açısından daha esnek yapıya sahip olduklarını savunmaktadır. Her bir **NuScale** küçük yeni kuşak nükleer güç reaktörü ünitesi montajları fabrikada gerçekleşmekte ve daha sonra nükleer santral inşaat sahası alanına taşınmaktadır. Nükleer reaktörün soğutulması bağlamında doğal ısı nakli (natural convection) yöntemi kullanılması yoluyla çok sayıda pompa ve boru kurulumları saf dışı kalmaktadır. **NuScale** Şirketi mühendisleri küçük modüler modern nükleer reaktör ünitelerinin klasik nükleer güç santrali **NGS** komplekslerine nazaran nükleer güvenlik kriterleri ve nükleer radyasyon güvenliği ölçütleri yönünden çok daha güvenilir konumda bulunduğunu ileri sürmektedir. Ayrıca, küçük modüler çağdaş nükleer reaktör ünitelerinin ayrı ayrı devreye alınması suretiyle nükleer santral operatörleri reaktör verimi ve kapasitesini tamamen kontrol altına tutmaktadır. **Utah Associated Municipal Power Systems**, baz enerji kaynakları kömür ve düşük kalorili kahverengi linyit yakıtlı termik santraller komplekslerinin kapatılması önlemleri üzerinde de durmaktadır. Böylece, Amerika ulusal karbondioksit emisyonlarının dizginlenmesi amaçlanmaktadır. Söz konusu **Utah Belediyesi Güç Sistemleri Birliği**, çevre dostu yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** kökenli rüzgar enerjisi santralleri **RES** gülleri ve güneş enerjisi santralleri **GES**

panelleri kurulması çalışmaları da yürütmektedir. Ancak, rüzgar sürekli esmediği ve güneş de yüzünü devamlı göstermediği için karbonsuz **RES** üniteleri ve **GES** kompleksleri elektrik enerjisi üretimleri yeterli randımanı vermemektedir. **Dr Ramana, NuScale** nükleer güç santrali tam kapasiteli şekilde sürekli çalıştırılmadığı takdirde daha az verimli olacağını ve hatta **megawatt** saat (**MWh**) başına nükleer reaktör işletilmesi maliyeti rakamlarının yükseleceğini açıklamaktadır. **Birleşik Devletler Nükleer Düzenleme Komisyonu (Nuclear Regulatory Commission - NRC)** eski üyesi **New York** ve **Maine** Eyaletleri elektrik enerjisi dağıtım şirketi komisyonları önceki Başkanı **Peter Bradford**, kısa süreli bataryalı enerji depolama sistemleri sayesinde elektrik arzı ve temini süresinin zamana yaygınlaştırılması aracılığıyla karbonsuz **YEK** kompleksleri güç üretimleri tarifelerinin muhtemelen daha ucuz olacağını bildirmektedir.

Küçük modüler modern nükleer reaktör (**Small Modular Reactor - SMR**) projeleri için **Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı (United States Department of Energy – US DOE)** tarafından 1.6 milyar dolar düzeyinde finansal destekler ve fon yardımları taahhüt edilmesine rağmen pek çok Amerikan kamu sektörü güç dağıtım ve elektrik enerjisi iletim şirketi, **NuScale** nükleer güç santrali **NGS** reaktörleri yatırımları çalışmalarından ayrılmaktadır. Aşağıdaki resimde çağdaş **SMR** elektrik enerjisi üretim tesisi ve nükleer santral sahası maketi görüntülenmektedir.



Kaynak: NUSCALE POWER, LLC

Kaliforniya (California) Eyaleti enerji marketleri kapsamında karbonsuz yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** elektrik enerjisi üretimleri dibe vurduğu zaman güç arzı zafiyeti içerisinde düşülmemesi bağlamında enerji dağıtım ve iletim şirketleri tarafından hâlâ baz yüklü karbon yoğun kömüre dayalı enerji santralleri üniteleri kullanılması gerektiğini **Utah Associated Municipal Power Systems - UAMPS** kuruluşu yetkilisi **LaVarr Webb** işaret etmektedir. Böylece, **SMR** reaktörü maksimum elektrik enerjisi tarifesi **megawatt saat (MWh)** başına 55 dolar olacak biçimde **Utah Associated Municipal Power Systems** müşterilerinin korunması sağlanmaktadır. Ayrıca, temel enerji kaynakları yeni kuşak gaz kombine çevrim santralleri üniteleri güç tarifesi ile gelecekte rekabet ortamı da temin edilmektedir. Son olarak Amerikan **Enerji**

Bakanlığı (DOE), küçük modüler güç reaktörü (**Small Modular Reactor - SMR**) maliyeti karşılanması için ekonomik destekler ve finansal yardımlar yönünde 1.6 milyar dolar tahsisat ayrıldığını duyurmuştur. Öte yandan, elektrik enerjisi tarifesi **megawatt saat başına (MWh)** 55 dolar rakamını aştığı takdirde ise karbonsuz **SMR** güç üretimi tesisi kurulmayacağı da açıklanmaktadır. **Peter Bradford**, **SMR** nükleer güç santrali (**NGS**) kuşularının ve kaygılarının giderilebilmesi açısından nasıl bir güvence sağlanması gerektiğini sorgulamaktadır. **Washington Public Power Supply System (WPPSS)**, 1980'li yıllarda kuzeybatı **Washington** Eyaleti'nde pek çok nükleer güç reaktörü inşaatı başlatılması yönünde bir anlaşma yapmıştır. Ancak, nükleer santral yapımı projeleri bütçe rakamlarının aşırı derece aşılması nedeni nükleer enerji yatırımları gerçekleşmemiş aynı zamanda Amerikan tarihinde ilk kez görülen ve çok büyük meblağlara ulaşan yerel yönetim hisse senetleri borç ve faiz ödemelerinde temerrüde düşülmesi olayı da vuku bulmuştur. **Mr Bradford**, kamu sektörü enerji dağıtım ve iletim şirketlerinin özellikle bu gibi riskler ve tehlikeler ile karşılaştığını belirtmektedir. Diğer taraftan, devlete ait güç dağıtım şirketleri artan bütçe açıklarının karşılanması için vergi mükelleflerinin dışında başka kaynakları da kullanabilmektedir. Bununla beraber sadece zengin kesimlerin değil bilhassa dar gelirli çevrelerin de bütçeleri sarsılmaktadır. Öte yandan, **Utah** Eyaleti kapsamında faaliyet gösteren **Heber Light & Power** Firması **SMR** nükleer güç tesisi projesinden ayrıldığını 28 Ekim 2020 tarihinde duyurmuştur. Aynı tarihlerde **Utah** elektrik enerjisi dağıtım şirketleri **Bountiful** ve **Beaver** kuruluşları da karbonsuz **SMR** güç kompleksi yatırımını terk ettiğini ilan etmiştir. Bununla birlikte **Utah Associated Municipal Power Systems - UAMPS** anlaşmasının hemen dağılacağına dair kuşuların yersiz olduğunu gösteren gelişmeler de yaşanmaktadır. Örneğin, nükleer güç santrali **NGS** lisanslandırılması açısından çok önemli dönüm noktası olan **NuScale SMR** tasarımı **NRC** tetkik ve incelenme süreci Ağustos 2020'de başarı ile tamamlanmıştır. Böylece, kazanılan **SMR nükleer güvenlik değerlendirme raporu** sayesinde 2021 yılında **dizayn lisansı (design certification)** alınması da beklenmektedir. Bu arada **Utah Associated Municipal Power Systems – UAMPS**, nükleer santral inşaatı ve işletilmesi başvurusu için harekete geçmektedir. Söz konusu nükleer santral müracaatı 2023 yılında sunulacak ve nükleer santral kurulması çalışmaları 2025'de başlayacaktır. Ancak, nükleer santral yapımı başlamadan önce **UAMPS**, 720 **megawatt** kapasiteli nükleer santral elektrik enerjisi üretiminin tamamının satılması ve pazarlanması konusundaki girişimlerini de sürdürmektedir. Şimdiye kadar **Utah Associated Municipal Power Systems** üyeleri nükleer güç kapasitesinin sadece nispeten küçük bir bölümünün satın alınması için anlaşma imzalamıştır. Sonuçta, **Utah Associated Municipal Power Systems** güç sistemleri organizasyonu tarafından nükleer elektrik satışı ve pazarlanması yönünde büyük kesimin daha ikna edilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar:

- Yeni Nesil Nükleer Güç Reaktörleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- 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.
- 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, **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 Bitümen 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.
- 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.
 - American Association for the Advancement of Science - **AAAS Science Dergisi**, 04 Kasım 2020.

Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:

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