

**Global Enerji Arz Güvenliği Darboğazı Aşılması Açısından İklim Dostu
Karbonsuz Nükleer Güç Santralleri NGS Reaktörleri Popülaritesi**

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

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

Dünyanın belli başlı tahıl üreticisi Ukrayna ile küresel fosil yakıtlar petrol, doğalgaz ve kömür tedarikçileri içinde önemli bir yeri olan Rusya Federasyonu arasında hüküm süren toprak anlaşmazlıkları global enerji ve gıda arz güvenliği sorunlarının körüklemesi bağlamında ciddi risk ve tehlike oluşturmaktadır. Çoğu ülkenin küresel tahıl ürünleri tedarikleri ise sadece Ukrayna ve Rusya Federasyonu global hububat üretimleri ihracatları aracılığıyla temin edilmektedir. Ayrıca, özellikle ulusal doğalgaz arz güvenliği kriterleri ve milli enerji arz güvenliği ölçütleri çerçevesinde Rusya Federasyonu enerji kaynakları bağımlılığı yoğun biçimde süren Avrupa Birliđi AB ülkeleri, söz konusu iki ülkenin çatışmalarından ciddi şekilde etkilenmektedir. AB ülkeleri enerji arz güvenliği çıkmazı ve açmazı içerisine düşmesinde bilhassa temel yük kaynakları nükleer güç santralleri NGS komplekslerinin kapatılması kararları da mevzu bahis olumsuz duruma katkı sağlamaktadır. Örneğin, Avrupa Birliđi ülkeleri ekonomik kalkınma lokomotifi konumunda olan Almanya, ulusal karbonsuz temel güç kaynağı nükleer elektrik reaktörleri üniteleri işletilmesinin durdurulması sonucu Rusya Federasyonu doğalgaz kaynakları, yatakları ve ham petrol rezervi sahalarına son derece bağlı bir vaziyette bulunmaktadır. Diğer taraftan, iklim dostu nükleer enerji santralleri yoluyla ulusal elektrik üretimi temini rakamlarını %70 oranında karşılayan Fransa bile elektrik enerjisi tasarrufu önlemleri ve güç kısıntısı tedbirleri programları üzerinde çalışmalar yürütmektedir. Öte yandan, yenilikçi inovasyona dayalı iklim dostu karbonsuz nükleer teknolojiler; küresel baz yüklü güç üretimi ve global elektrik enerjisi tedariki yönünden çok daha stratejik, sürdürülebilir, pratik ve esnek bir çözüm yolu da sunmaktadır. Küresel enerji arz güvenliği zafiyetinin engellenmesi ve önlenmesine yönelik önemiyetleri giderek artan karbonsuz iklim dostu küçük modüler dördüncü nesil nükleer elektrik santralleri ünitelerinin kurulması, işletilmesi ve yaygınlaşması faaliyetleri bu yazı içeriğinde incelenmektedir.

Rusya Federasyonu ve Ukrayna çatışması, küresel arz güvenliği problemleri çözümü gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır. Mayıs 2022 tarihinde Avrupa Birliđi AB ülkeleri Rusya Federasyonu'ndan ham petrol ithalatları kotalarının 2023 yılından itibaren %90 oranında yasaklanması kararı almıştır. Bir başka deyimle, Rusya 2023 yılına kadar AB'ye günde milyonlarca varil petrol satmayı sürdürecektir. Avrupa'nın Rus ham petrolü ithalatını kısıtlanması kararı gerekçesi olarak Rusya Federasyonu'nun petrol gelirlerinin bir kısmının Ukrayna çatışması kapsamında kullanması ve fonlaması gösterilmektedir. Rusya Federasyonu tarafından doğalgaz boru hatları bakım ve onarımları neden gösterilerek Avrupa Birliđi AB ülkelerine Temmuz 2022'den başlamak üzere gaz akışı azaltılmıştır. Ayrıca, yıllık 55 milyar metreküp kapasiteli Rus - Alman **Kuzey Akım 2 (Nord Stream 2)** doğalgaz boru hattı yatırım projesi de önceden durdurulmuştur. Böylece, AB ülkeleri ciddi bir enerji arz güvenliği krizi, açmazı ve çıkmazı sorunlarına doğru sürüklenmektedir. Avrupa ve diğer bir kısım dünya ülkeleri enerjide Rusya Federasyonu'na bağlı konumunu hafifletmeyi hedeflemektedir. Paris'te konuşlu **Fransız Stratejik Araştırma Vakfı (Foundation for Strategic Research) [Fondation pour la recherche stratégique](http://www.fondation-recherche-strategique.fr)** - (FRS), AB

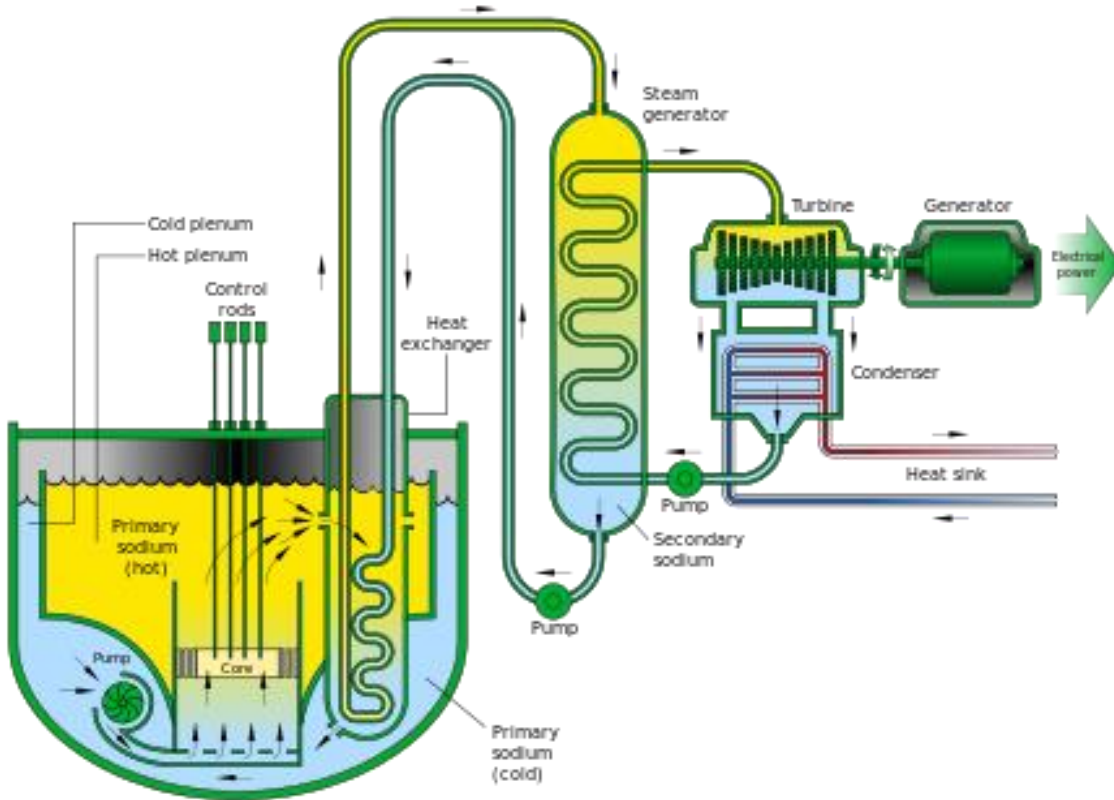
ülkelerinin Rus doğalgaz ithalatlarının kesilmesi hakkında alternatif acil enerji eylem planları uygulaması gerektiğini vurgulamaktadır. Seçim kampanyası sona eren Fransa Devlet Başkanı **Emmanuel Macron**, Rusya Federasyonu'na uygulanacak siyasi yaptırımlar ve ekonomik ambargolar hususunda çok sert bir politika sergilemektedir. Ayrıca, ülkesinin Rus gaz kaynakları ve ham petrol rezervleri yataklarına diğer Avrupa ülkelerine göre nispeten daha az bağımlı olması da Fransız Başkan **Macron**'un Rusya karşıtı izleyeceği siyaseti ve tutumu kolaylaştırmaktadır. Fransa, 1960 yılından beri düzenli şekilde karbonsuz nükleer güç teknolojisi yatırım projelerine ağırlık vermektedir. Böylece, olumlu seyreden Fransa nükleer elektrik perspektifleri kanalıyla küresel gaz tedarikçileri ve global ham petrol ihracatçıları ülkelerine bir nebze set çekilmektedir. Örneğin, Fransa ulusal elektrik üretimi portföyü içerisinde nükleer güç payı düzeyi şimdilerde %70 oranında yer almaktadır.

Öte yandan, doğal felaketler sonucu vuku bulan 2011 Japonya **Fukushima** nükleer güç santrali **NGS** reaktörleri yakıt erimesi kazaları sonrası bazı ülkelerin karbonsuz nükleer elektrik enerjisi politikaları ise maalesef değişime uğramıştır. Meselâ, Almanya kamuoyunda oluşan nükleer korku, nükleer dehşet ve nükleer nefret havası neticesi Alman politika belirleyicileri tarafından ulusal enerji dönüşümü (**Energiewende**) uygulama stratejisi kararlaştırılmıştır. Alman **Energiewende** enerji transformasyonu gereği öncelikle ulusal iklim dostu karbonsuz nükleer güç santrali **NGS** reaktörleri komplekslerinin kapatılması aynı zamanda kömür ve kahverengi düşük kaliteli linyit yakan termik santraller ünitelerinin işletilmesinin durdurulması programı yürürlüğe girmiştir. Başlangıçta nükleersiz ve fosil yakıtsız düşünülen Almanya **Energiewende** enerji değişim politikası ise daha sonraları sulandırılmıştır. Örneğin, günümüz koşullarında iklim dostu karbonsuz yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** odaklı güneş enerjisi santralleri **GES** panelleri ve rüzgar enerjisi santralleri **RES** türbinleri aynı zamanda Alman baz yüklü düşük karbon enerjili doğalgaz kombine çevrim santralleri ile beraber mavi gezegenin en kirli fosil yakıtı sayılan kömür ve düşük kalorili linyit yakıtlı termik santraller üniteleri komplekslerinin kullanılması da tekrar Almanya ulusal enerji görünümü içerisine girmesi tasarlanmaktadır. İngiltere çalışma ömürlerini tamamlamış klasik nükleer güç santralleri yerine kurulması düşünülen yenilikçi nükleer reaktörler için nükleer finansman problemleri ve nükleer teknolojik zorluklar çekmektedir. Ayrıca, **Birleşik Krallık (United Kingdom - UK)**, büyük kapasiteli yeni nesil nükleer güç santralleri tasarımları ve küçük inovatif modüler nükleer elektrik reaktörleri dizaynları seçimleri konusunda da sıkıntılar yaşamaktadır.

Ukrayna 1986 **Çernobil** ve Japonya 2011 **Fukuşima** çok ciddi nükleer yakıt erimesi kazaları sonrası aşırı titiz davranan nükleer güç teknolojisi yatırımcıları ise özellikle Avrupa ülkelerinde inovatif nükleer enerji teknolojisi **Ar-Ge** çalışmalarının finansmanı ve mali destek kaynakları sağlanmasından kaçınmıştır. Diğer taraftan, **Dördüncü Nesil Uluslararası Forumu** (The **Generation IV International Forum - GIF**), küresel nükleer araştırma gündemi oluşturulması amacıyla 2001 yılında kurulmuştur. Ancak, 2011 **Fukuşima** nükleer santral kazası ile birlikte söz konusu forumun faaliyetleri de sekteye uğramıştır. Bununla beraber az sayıda ülkede evrimsel ileri iklim dostu nükleer güç teknolojisi geliştirilmesi sürdürülmektedir. Örneğin Rusya Federasyonu, çoğunluğu Doğu Avrupa, Ortadoğu ve Hindistan olmak üzere dünyada %30 dan fazla karbonsuz baz yüklü yeni kuşak nükleer santral kurmaktadır. Güney Kore tarafından kurulan **Birleşik Arap Emirlikleri BAE** yeni nesil nükleer güç santrali **NGS** reaktörleri faaliyete geçmiştir. Ayrıca, Çin pek çoğu kendi tasarımı olan %30 civarında iklim

dostu temel enerji kaynağı yenilikçi nükleer santral yapımları gerçekleştirmektedir. **Dördüncü Nesil Forumu GIF** kapsamında inovatif nükleer teknolojiler dizaynlarının uygulanabilir, sürdürülebilir ve esnek bir yapıya sahip oldukları kabul edilmektedir. Özellikle küçük modüler nükleer güç santrali **NGS** reaktörleri ünitelerinin kapasiteleri 300 **megawatt** düzeyine kadar yükseltilmiş olup, gelecekte karbonsuz evrimsel nükleer reaktörler kurulması için bir ümit ışığı doğurmaktadır. Küçük nükleer santral kompleksleri tasarımlarının karmaşık olmaması ve modüler bir yapı içermesi sayesinde nükleer reaktör üniteleri bakım ve onarımları da kolaylaşmaktadır. Böylece, iklim dostu küçük modüler nükleer elektrik reaktörleri komplekslerinin gelecekte olası global enerji arz güvenliği sorunları çözümü açısından önemli bir rol oynaması beklenmektedir. Küresel nükleer teknolojiler ve global nükleer teknikler; fizik bilimi ve endüstri sektörü dallarındaki yenilikçi nükleer reaktör gelişmelerine paralel biçimde hızla ilerlemektedir. Örneğin, hızlı nötron reaktörleri ([fast neutron reactor](#)) türleri arasında sayılan ergimiş tuz soğutmalı reaktör ([sodium fast reactor](#)) tipi, çok sayıda ağır atomlar kanalıyla nükleer fisyon tepkimeleri ve nükleer kimyasal reaksiyonlar oluşturarak yeterli enerjiye ulaşacak şekilde çalıştırılmaktadır. Söz konusu yenilikçi ileri karbonsuz nükleer reaktörler ünitelerinde nükleer atık yönetimi kapsamında radyoaktif atıkların bertaraf edilmesi sağlanmakta ve nükleer yakıt olarak sadece uranyum kullanılması da önlenmektedir. Böylece, iklim dostu dördüncü kuşak nükleer reaktörler ([Generation IV reactor](#)) ile birlikte geleneksel karbonsuz nükleer güç santrali **NGS** reaktörleri ünitelerinde karşılaşılan bazı ciddi nükleer teknolojik kusurlar ve nükleer teknik aksaklıklar da giderilmektedir.

Havuz tipi eritilmiş tuz soğutmalı hızlı reaktör (pool type sodium cooled fast reactor - **SFR**) şeması aşağıdaki resimde görüntülenmektedir.



Kaynak: Wikipedia Özgür Ansiklopedi

Hızlı nötron reaktörleri sistemleri prensibi menşeli ticari nükleer güç santrali **NGS** ünitelerini Rusya Federasyonu ve Çin halen çalıştırmaktadır. Söz konusu yenilikçi iklim dostu nükleer teknolojiler ile işletilen Shandong'da konuşlu Çin yüksek sıcaklıklı gaz soğutmalı reaktör ([high-temperature gas-cooled reactor](#)) tasarımı olan **Shidao Bay nükleer güç santrali (Shidao Bay Nuclear Power Plant)** ile Rusya'da faaliyet gösteren **Beloyarsk-3** ve **Beloyarsk-4** nükleer güç santrali **NGS** reaktörleri örnek teşkil etmektedir.

Rusya Federasyonu [Sverdlovsk Oblast, Zarechny](#) kentinde konuşlu 600 megawatt kapasiteli [BN-600](#) hızlı üretken reaktörü ([fast breeder reactor](#)) ve 800 megawatt kapasiteli [BN-800](#) hızlı üretken reaktörü komplekslerinin çalıştırıldığı **Beloyarsk Nükleer Güç Santrali (Beloyarsk Nuclear Power Station)** iklim dostu nükleer elektrik tesisi sahası aşağıda resmedilmektedir.



Kaynak: Wikipedia Özgür Ansiklopedi

Yenilikçi karbonsuz nükleer teknolojiler geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması bağlamında uzun vadeli ulusal ve uluslararası nükleer planlamalar doğrultusunda ciddi kamuoyu ve politik irade destekleri de sağlanarak bir nükleer yol haritası çizilmesi gerekmektedir. Demokratik ülkelerde bahse konu politik irade ise kendine has nükleer seçim kampanyaları yürütülmesi ve sağlanan siyasi irade süreci zarfında ancak dördüncü kuşak nükleer güç tesisleri kurulması mümkün görülmektedir. Pek çok batı ülkesi uluslararası işbirliği çerçevesinde nükleer güç deneyimi ölçütleri ve nükleer enerji tecrübesi kriterleri içeriğinde yeterli teknik bilgiler (know-how) ve donanımlara sahip bir konumda bulunmaktadır. Nükleer emniyet ve nükleer güvenlik konularında kamuoyunun ikna edilmesi suretiyle küresel modern ticari nükleer güç santralleri **NGS** yapımları başlatılması olası kabul edilmektedir. Böylece, iklim dostu baz yüklü dördüncü nesil nükleer güç reaktörleri elektrik üretimleri kanalıyla ülkelerin enerji bağımsızlığı ve sürdürülebilir ulusal enerji arz güvenliği sağlanacaktır. Ayrıca,

erişilen nükleer güç işbirliği ve nükleer enerji eşgüdümü sayesinde uluslararası nükleer güç teknolojisi geliştirilmesi yönünde çok önemli rolü olan küresel nükleer sanayi ve global finans sektörü dallarına olumlu işaretler de verilecektir. Söz konusu verilen pozitif sinyaller sayesinde çağdaş nükleer santral inşaatları için temin edilen ekonomik destekler ve mali kaynaklar artırılacaktır. Aynı zamanda yenilikçi nükleer teknoloji yatırımları ve projeleri hızlandırılarak **Fukushima** nükleer santral felaketi sonrası durgunlaşan nükleer güç teknolojisi sektörü tüm dalları da canlandırılacaktır. Diğer taraftan, nükleer enerji sektörünün yeniden dirilmesi ve hayat bulması için çok büyük kamu yatırımları ve girişimlerinin yerine getirilmesi zorunlu sayılmaktadır. Ayrıca, nükleer madencilik, nükleer atık idaresi, nükleer güvenlik ve radyasyon güvenliği konularında kamuoyunun bilgilendirilmesi de önem taşımaktadır. Sonuçta, doğa dostu, yeşil ve çevreci yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** kompleksleri ile birlikte çok geçmeden tüm kapasiteli global alternatif karbonsuz iklim dostu nükleer enerji sistemleri kaynakları ve olanaklarının devreye girmesi gerekmektedir.

Kaynaklar:

- Yeni Nesil Nükleer Güç Reaktörleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Nükleer Güç Santralleri Gelişiminde Nükleer Emniyet ve Nükleer Güvenlik, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2008.
- 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.
- 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.
- 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.
- Microsoft Şirketi Kurucusu ve Dünyanın Önde Gelen Girişimcisi Bill Gates'in Temel Enerji Kaynağı Karbonsuz **Nükleer Güç Santrali NGS** Yatırımları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Küresel İnovatif Nükleer Güç Sanayi Gelişmeleri Doğrultusunda **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı UAEA** 2050 Nükleer Elektrik Üretimi Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Çin Karbonsuz Toryum Yakıtlı Dördüncü Nesil **Ergimiş Tuz Santralleri ETS** Kompleksleri Kurulması ve Ticari Nükleer Güç Üretimi Başlatılması Planları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Alternatif Baz Yüklü Karbonsuz Nükleer Elektrik Santralleri Geliştirilmesi Süreci Kapsamında Nükleer Yakıt Olarak Toryum Elementi Kullanımı ve Tüketimi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2022.
- Use nuclear power to end reliance on Russian oil, Nicolas Mazzucchi, Nature Dergisi, 30 Haziran 2022.

Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:

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