

## **Baz Yüklü Karbonsuz Doğa Dostu Birinci Nesil Termonükleer Füzyon Santralleri Geliştirilmesi ve Kurulması Yönündeki Güncel Çalışmalar**

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

Fizik Mühendisleri Odası FMO ([canguzel.taner@gmail.com](mailto:canguzel.taner@gmail.com))

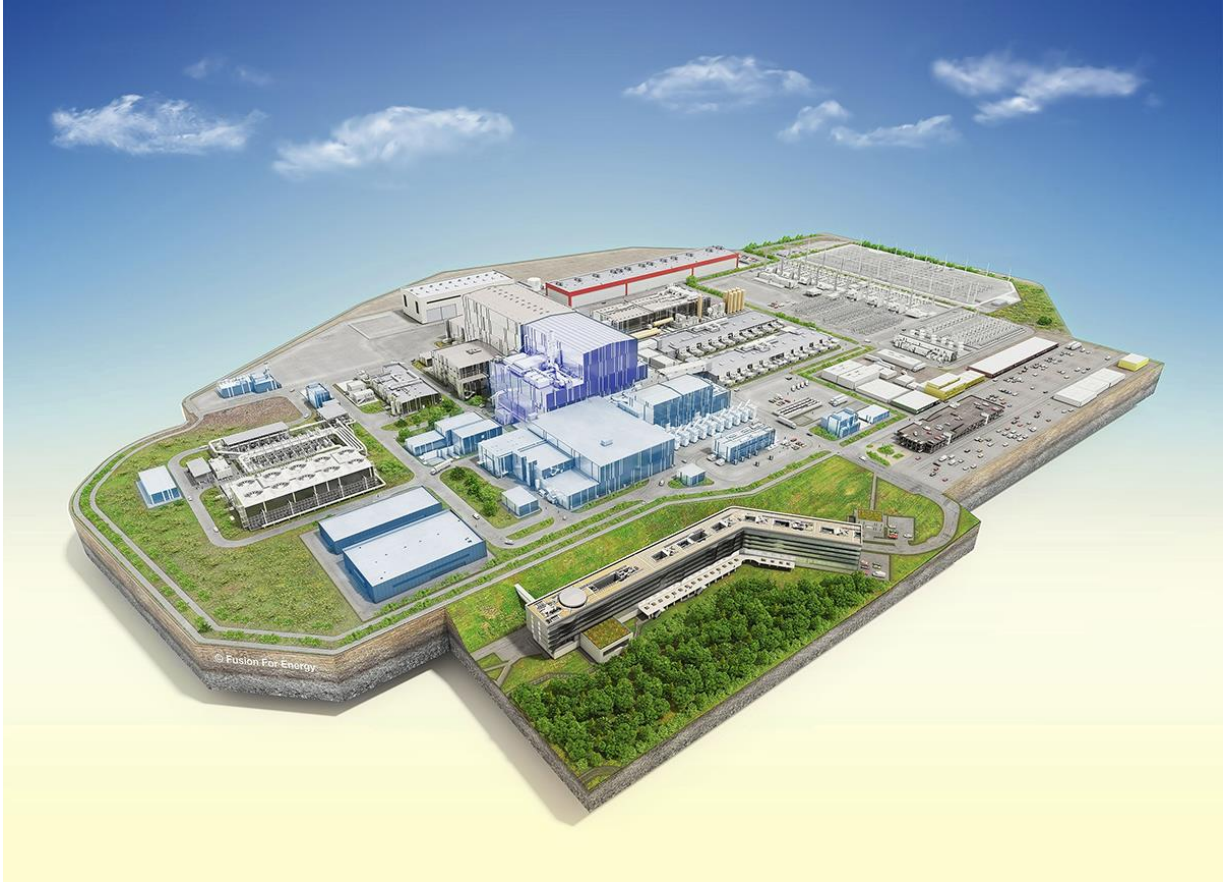
Birleşmiş Milletler BM 2015 Paris İklim Anlaşması gereğince ülkelerin 2050 yılına kadar net sıfır karbon emisyonları profili koşullarına uymaları şart koşulmaktadır. Dünyanın en büyük üç küresel karbondioksit salınımları ülkeleri arasında olan Amerika Birleşik Devletleri ABD yönetimi BM 2015 Paris İklim Sözleşmesi hükümleri, maddeleri ve şartlarını tanımadığını açıklamıştır. ABD Hükümeti, BM 2015 Paris İklim Değişikliği Sözleşmesi şartları ve gereğini yerine getirmeyerek küresel iklim krizi doğuran aynı zamanda mavi dünyayı felâketlere sürükleyen milli kömür, petrol ve doğalgaz fosil yakıtları ve kaynaklarının sonuna kadar tamamen kullanılması ve tüketilmesi kararı almıştır. Diğer iki ülke Hindistan ve Çin ise sırasıyla 2060 ve 2070 yıllarında karbon nötr ülke olma projeksiyonları ve planları açıklamıştır. Türkiye, 2053 yılına kadar ulusal karbon emisyonlarının sıfırlanması ve milli karbon nötralizasyonu programı duyurmuştur. Böylece, dünyanın ısınması ve global iklim değişimleri mekanizmaları problemleri mücadelesi kapsamında temel enerji kaynağı fosil yakıtlı termik santraller ünitelerinin kapatılması sonucu sürdürülebilir küresel enerji arz güvenliği sağlanması açısından tek seçenek şimdilik sadece baz yük kaynakları karbonsuz inovatif nükleer enerji santralleri kalmaktadır. Gelecekte dünyanın ekolojik dengesinin korunması ve global iklimsel değişim sorunlarının çözümü çerçevesinde özellikle yenilikçi evrimsel karbonsuz nükleer fisyon santralleri reaktörleri ve inovatif nükleer füzyon santralleri çok önemli bir rol üstlenecektir. Yakın gelecekte açılacak olan [tokamak](#) tasarımı dev Uluslararası Termonükleer Deney Reaktörü (International Thermonuclear Experimental Reactor - [ITER](#)) de nükleer füzyon çalışmalarına ışık tutacaktır. Küresel net sıfır emisyonları portföyü doğrultusunda birinci kuşak yenilikçi termonükleer füzyon santralleri güç üretimleri ise 2035 sonrası yıllarda gerçekleşmesi beklenmektedir. Doğa dostu, çevreci ve yeşil inovasyona dayalı baz yüklü termonükleer füzyon santralleri üniteleri kurulması güncel faaliyetleri bu yazıda kısaca gözden geçirilmektedir.

Çevre dostu karbonsuz termonükleer füzyon enerjisi çalışmaları son yıllarda ciddi ilerleme kaydetmektedir. Nükleer füzyon ([nuclear fusion](#)) faaliyetleri, önceleri deneysel ve bilimsel projeler ile ilgili sınırlı düzeyde kalmıştır. Ancak, günümüzde ise hızla değişen koşullar karşısında stratejik öncelikli Araştırma ve Geliştirme Ar - Ge destek programları haline dönüşmüştür. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (International Atomic Energy Agency - IAEA) [IAEA World Fusion Outlook 2025](#) yayını içeriğinde nükleer füzyon enerjisi hakkında küresel boyutta canalcı kilit gelişmeler ele alınmaktadır.

Yeni bir safhaya doğru yol alan küresel nükleer füzyon çalışmaları kapsamında dünyanın en büyük füzyon deney reaktörü ([world's largest fusion experiment](#) - [ITER](#)) ise merkezi ve odak noktası bir rol oynamaktadır. Yoğun uluslararası bilimsel ve teknik uğraşlar ile birlikte çok önemli ve değerli ilerlemeler sağlanmaktadır. Örneğin, karbonsuz çevre dostu birincil enerji kaynağı [tokamak](#) dizaynı Uluslararası Termonükleer Deney Reaktörü (International Thermonuclear Experimental Reactor

- [ITER](#)) ile ilgili toplam 33 ülkeden binlerce mühendis ve teknik eleman füzyon enerjisinin uygulanabilir bir güç kaynağı olduğunu kanıtlamak için gece gündüz ciddi çaba sarf etmektedir. Aynı zamanda devlet ve özel sektör yetkilileri ile beraber elektrik iletim şirketleri ve güç üretim firmaları da sürece geniş kapsamlı destekler sağlamaktadır. Devlet ve özel sektör girişimleri sayesinde çığır açan yeni termonükleer füzyon tesisleri kurulmakta böylece çevreci nükleer füzyon enerjisi santralleri lisanslandırılması çalışmaları da hız kazanmaktadır.

Dünyanın en büyük [tokamak](#) tasarımı nükleer füzyon tesisi **Uluslararası Termonükleer Deney Reaktörü** (International Thermonuclear Experimental Reactor - [ITER](#)) inşaat sahası aşağıdaki resimde görüntülenmektedir.



**Kaynak:** [ITER](#)

Öte yandan, özel sektörün nükleer füzyon enerjisi yatırımları rakamının 10 milyar doları aşması da termonükleer füzyon enerjisi kaynaklarına güvenin bir yansıması kabul edilmektedir. Diğer finansal yardımlar ise devlete ait mali kaynaklar, ulusal varlık fonları, enerjiyi yoğun kullanan firmalar ve füzyon enerjisi öncüsü şirketler kanalı ile temin edilmektedir. Füzyon enerjisi; iklim dostu, temiz ve şebekeye baz yük sağlayan alternatif enerji kaynakları arasında sayılmaktadır. [IAEA World Fusion Outlook 2025](#), Amerika Birleşik Devletleri ABD Massachusetts Institute of Technology - MIT tarafından yürütülen füzyon enerjisi gelişimi küresel modelleme programı çalışmalarına ilk kez dahil olmuştur. Söz konusu program çerçevesinde nükleer füzyon enerjisinin küresel enerji kaynakları profili kapsamında gelecekteki elektrik üretiminin çeşitlendirilmesi politikası ile maliyet ve teknolojik varsayımlar temelinde nasıl bir katkı sağlayacağı araştırılmaktadır. Küresel nükleer füzyon enerjisi güç üretimi payının 2100 yılında %50'ye ulaşması halinde 2050 yılı en düşük olasılıklı

senaryo kapsamında termonükleer füzyon enerjisi yatırım maliyeti **\$2800/kW** ve 2100 yılında global füzyon enerjisi payı rakamının %10 düzeyine ulaşması durumunda ise en yüksek olasılıklı senaryo içeriğinde füzyon enerjisi sermaye maliyeti **\$11300/kW** olacağı hesaplanmaktadır. Ayrıca, bahse konu nükleer füzyon enerjisi modellemesi, iklim ve çevre dostu termonükleer füzyon enerjisi kaynağının ekonomik değeri üzerinde de durmaktadır. Sonuçta, dünya temiz elektrik enerjisi talebi artması halinde çevreci, karbonsuz ve temiz temel yük kaynağı termonükleer füzyon enerjisi tesisleri sayesinde küresel **Takribi Ulusal Gelir (Gross Domestic Product - GDP)**'ye trilyon dolarlar mertebesinde ilave katkı sağlanacağı tahmin edilmektedir.

### **Kaynaklar:**

- İleri Nükleer Santraller, İklimsel Değişim Mekanizmaları, Küresel Isınma ve İklim Değişiklikleri Bilimsel Raporları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Nükleer Füzyon Enerjisi (Nükleer Kaynaşma Birleşme Enerjisi) Termonükleer Füzyon Santralleri, Ahmet Cangüzel Taner, **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.
- Küresel Sera Gazı Emisyonları Kapsamında Rekor Düzeylere Ulaşan Global Karbondioksit Emisyonları Ölçümleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2013.
- Yüksek Enerji ve Plazma Fiziği Kapsamında Güneş Kökenli Nükleer Füzyon Enerjisi Güç Üretimi Amaçlı Uluslararası Termonükleer Deney Reaktörü **ITER**, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2014.
- İnovasyona Dayalı Yeni Nesil **Stellarator** Termonükleer Füzyon Makinesi ve Yenilikçi **Tokamak** Füzyon Enerjisi Reaktörü Arasındaki Teknolojik Rekabet, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Kyoto Protokolü Sonrası Olası **BM** 2015 Paris İklim Değişikliği Anlaşması Dünya Karbondioksit Emisyonları Artışları ve Yok Edilmesi Teknolojileri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2015.
- 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.
- Dünyanın En Büyük Termonükleer Deneme Reaktörü **ITER** Projesi Kanalıyla Nükleer Karbonsuz Füzyon Güç Santralleri Yapımları Gerçekleştirilmesi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2019.
- Olumlu Termonükleer Bilimsel Araştırmaları Doğrultusunda Ticari Karbonsuz Nükleer Füzyon Elektrik Santralleri Kurulması Hakkında Özel Sektör İlgisi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2019.
- İngiltere **Tokamak** Tipi Nükleer Füzyon Reaktörü Çalıştırılması ve Geleceğin Karbonsuz Baz Yüklü Termonükleer Güç Santralleri İçin Öncü Rolü, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO Yayınları**, Faydalı Bilgiler, 2020.
- Amerikalı Nükleer Füzyon Enerjisi ve Nükleer Plazma Fizikçileri Termo Nükleer Elektrik Santralleri Kurulması Mali Destekleri için İşbirliği Çalışmaları, 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.

- Küresel Termonükleer Araştırmaları ve Karbonsuz Temel Enerji Kaynağı Birinci Nesil Nükleer Füzyon Elektrik Santralleri Kurulması Çalışmaları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Global Sıfır Karbon Emisyonları Projeksiyonları Yönünde Ticari Sürdürülebilir Temel Enerji Kaynağı Karbonsuz Nükleer Füzyon Santralleri Kurulması, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Baz Yüklü Küresel Petrol, Doğalgaz ve Kömür Yakan Termik Santraller Ünitelerinin Çalıştırılması ile Artan Global İklim Krizi Kaygıları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
- Termonükleer **Ar-Ge** Çalışmaları Kapsamında Amerikan Havacılık ve Uzay Dairesi **NASA** Tarafından Füzyon Yakıtlı Uzay Araçları Geliştirilmesi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2022.
- ABD** Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı İklim Dostu Birinci Nesil Nükleer Füzyon Santralleri Kurulması Yönünde Enerji Verimliliği Artırılması Keşfi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2022.
- Global Enerji Arz Güvenliği Darboğazı Aşılması Açısından İklim Dostu Karbonsuz Nükleer Güç Santralleri **NGS** Reaktörleri Popülaritesi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2022.
- Küresel Termonükleer Araştırma Geliştirme Çalışmaları ile Kurulması Planlanan Baz Yüklü Çevreci Karbonsuz Nükleer Füzyon Santralleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2023.
- Küçük Kapasiteli Yeşil, Doğa Dostu ve Çevreci Birinci Kuşak Nükleer Füzyon Santralleri Kompleksleri Kurulması İçin Özel Sektör Şirketleri Girişimleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2023.
- Güney Kore Net Sıfır Karbon Emisyonları Planı Başarılması İçin Doğa Dostu **YEK** ve Karbonsuz **NGS** Karbonsuzlaştırma Teknolojileri Yatırımları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2023.
- Amerika Karbon Ayak İzinin Sıfırlanması Yönünde Karbonsuz Baz Yüklü İnovatif Nükleer Güç Santralleri **NGS** Reaktörleri Ekonomik Destekleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2023.
- Baz Yüklü Yüzer Karbonsuz Yeni Kuşak Nükleer Güç Santrali Reaktörleri Ünitelerinin Küresel Karbonsuzlaştırma Hedefleri Kapsamındaki Rolü, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2023.
- Fusion Energy in 2025: Six Global Trends to Watch, **IAEA** Yayını, 28 Ekim 2025.

**Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:**

[www.fmo.org.tr/ yayinlar/faydali-bilgiler](http://www.fmo.org.tr/yayinlar/faydali-bilgiler)