

Amerikalı Nükleer Füzyon Enerjisi ve Nükleer Plazma Fizikçileri Termo Nükleer Elektrik Santralleri Kurulması Mali Destekleri için İşbirliği Çalışmaları

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

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

Yerkürenin ısınması ve küresel iklim değişikliği mekanizmaları sorunları sürdürülebilir uzun vadeli çözümü bağlamında baz yüklü karbonsuz yenilikçi nükleer füzyon enerjisi güç santralleri kompleksleri en önemli doğa dostu, çevreci ve yeşil alternatif enerji kaynakları arasında kabul edilmektedir. Küresel fosil yakıt teknikleri karşısında global karbonsuzlaştırma teknolojileri gelişimi hızlı şekilde sürmektedir. Amerika Birleşik Devletleri temel enerji kaynağı fosil yakıtlı termik santraller bağımlılığı ise dünyada yapay güneş elde edilmesi yönünde ulusal termo nükleer güç santralleri tesisi faaliyetlerini cazip hale getirmektedir. Ancak, ABD araştırma merkezleri genelinde yapılan nükleer füzyon enerjisi araştırma geliştirme ar-ge çalışmaları ise plansız, bölük pörçük ve koordinesiz biçimde yürütülmektedir. Amerikan nükleer füzyon enerjisi bilimsel araştırmaları gerçekçi bilimsel ve teknolojik disiplinler altında olmayan şekilde gelişigüzel yürütülmesine rağmen ABD evrimsel termo nükleer güç tesisleri kurulması yönünde Birleşik Devletler genelinde özel sektör ilgisi de giderek artmaktadır. Diğer taraftan, yüksek maliyetli olan inovatif Tokamak dizaynı doğa dostu Uluslararası Termonükleer Deney Reaktörü (International Thermonuclear Experimental Reactor - ITER) inşaatı ve montaj çalışmaları devam etmektedir. Çevreci karbonsuz ITER Cadarache yeni kuşak nükleer füzyon kompleksi, Fransa St-Paul-lez-Durance kenti yakınlarında çok uluslu uluslararası konsorsiyum tarafından kurulmaktadır. Almanya Stellarator tasarımı inovasyona dayalı Wendelstein 7 – X nükleer füzyon ünitesi ve Birleşik Krallık (United Kingdom - UK) Mega Amp Spherical Tokamak Upgrade MAST inovatif nükleer füzyon enerjisi reaktörü kapsamında nükleer plazma oluşturulması ise geleceğin küresel karbonsuz baz enerji kaynakları nükleer füzyon elektrik enerjisi üretim tesisleri kurulması açısından pozitif ilerlemeler arasında kabul edilmektedir. Nükleer güvenlik ölçütleri ve radyasyon güvenliği kriterleri açısından yenilikçi nükleer füzyon santralleri kompleksleri iyonlaştırıcı radyasyonlar riski ve radyolojik güvenlik tehlikesi, nükleer fisyon tepkimeleri kaynaklı nükleer güç santralleri NGS reaktörleri ünitelerine kıyasla son derece düşük sayılmaktadır. Gelecekte Amerika çevre dostu yeni nesil termo nükleer elektrik santralleri çalıştırılması araştırmalarına yönelik Federal bütçe kaynakları kanalıyla ekonomik destekler ve finansal yardımlar temini doğrultusunda Amerikan bilim insanları tarafından ortaklaşa ciddi güç birliği oluşturulması bu yazı içeriğinde ele alınmaktadır.

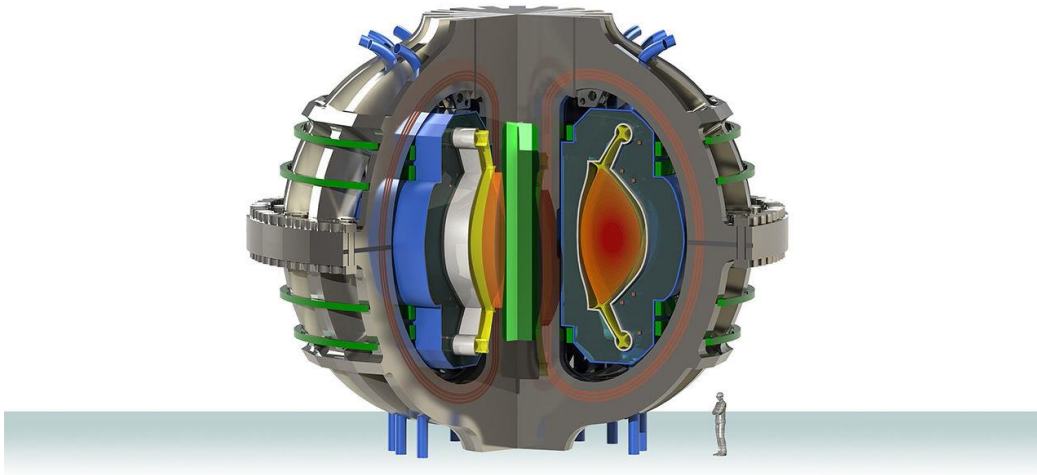
Amerika Birleşik Devletleri nükleer füzyon enerjisi bilim insanları kendi ilim sahaları çerçevesinde projelerine sınırlı bütçe kaynaklarından mali destek sağlamak için birbirleri ile uzun süredir yoğun bir yarış periyodu yaşamıştır. Günümüzde ise olumlu nükleer füzyon enerjisi araştırmaları çalışmalarına yönelik ortak işbirliği yapılması kararı verilmiştir. Aralık 2020'nin ilk haftasında Federal **Füzyon Enerjisi Bilimleri Danışma Komitesi** (Fusion Energy Sciences Advisory Committee - FESAC) tarafından yeni milli nükleer füzyon enerjisi planı açıklanmıştır. FESAC 2014 yılında ulusal termo nükleer projeleri yol haritası çizilmiş olmasına karşın şaşkıncu şekilde başarısızlığa uğramış ve fiyasko ile sonuçlanmıştır. Öte yandan, Amerikan nükleer

füzyon enerjisi projeleri kapsamında finansal destekler, mali yardımlar ve ekonomik sübvansiyonlar sağlayan ana sponsor **Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı (United States Department of Energy - US DOE)** ise 2040'lı yıllarda güneşin yeryüzünde elde edilmesi projeksiyonları yönünde prototip karbonsuz nükleer füzyon güç santrali ünitesi kurulması planı hazırlamıştır. **Amerika Ulusal Bilimler Akademisi, Mühendislik ve Tıp** alanları bağımsız kuruluşu(**National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine - NASEM**) tarafından iki yıldan beri hazırlanan program, 15 aylık füzyon komitesi planlama safhasından sonra Mart 2020'de resmîyet kazanmıştır. Söz konusu program, **Amerikan Enerji Bakanlığı Bilim Ofisi (DOE Office of Science)** yetkilileri talepleri doğrultusunda temel füzyon araştırma projelerinden ziyade can alıcı teknolojik uygulamalara yönelik önemli değişimi ve dönüşümü kapsamaktadır. Diğer taraftan, yeryüzünün ısınması mekanizması problemleri ise gelecekte karbonsuz teknikler ve karbonsuzlaştırma teknolojileri kullanılmasını gerekli kılmaktadır. **ABD Los Angeles** kenti konuşlu **Kaliforniya Üniversitesi (University of California - UC)** öğretim üyesi Fizikçi **Prof Dr Troy Carter**, Füzyon Enerjisi komitesinin süregelen olası iklim değişikliği etkileri karşısında belirli zaman aralığı zarfında ivedilikle füzyon projelerine odaklanmayı hedeflediğini belirtmektedir. Planlama komitesi çalışmalarına Başkanlık eden **Dr Carter**, ileriye dönük nükleer füzyon enerjisi teknolojileri çalışmalarını hemen başlattıklarını duyurmuştur. Füzyon bilim insanları ve **DOE** yetkilileri, planlama süresi ile kaybedilen zamanı telafi edilmesi için çaba göstermektedir. Altı yıl önce yaşanan bütçe kısıntıları ise komite çalışmalarında yoğun tartışmalara sahne olmuş aynı zamanda **DOE Füzyon Enerjisi Bilimleri (Fusion Energy Sciences - FES)** programı çerçevesinde üç ana nükleer füzyon enerjisi araştırmaları projelerinden biri kapatılmıştır.

Daha sonra **FES** Direktör Yardımcısı, sınırlı olanaklar ile kendileri yeni bir nükleer füzyon enerjisi planı hazırlamaya karar vermiştir. Ancak, söz konusu plan, çoğu nükleer füzyon enerjisi araştırmacısı tarafından reddedilmiştir. Bunun üzerine **DOE** yetkilileri de nükleer füzyon enerjisi bilim insanları arasında tartışma ve çekişme istemediklerini açıklamıştır. **Massachusetts Institute of Technology MIT** Nükleer Füzyon Fizikçisi **Dr Nathan Howard**, füzyon enerjisi bilim insanları olarak ortak bir çizgiye gelemedikleri sürece hiçbir şekilde olumlu sonuca ulaşamayacaklarını ifade etmiştir. **FES** üst düzey uzmanları, ilk kez **ABD** termo nükleer bilim insanları tarafından düzenlenecek bir dizi nükleer füzyon enerjisi çalışmaları ve bilimsel toplantıları yoluyla görüş birliği oluşturmalarını talep etmektedir. **Dr Howard** ile birlikte diğer deneyimli füzyon fizikçileri gizli anketler yaparak çeşitli füzyon enerjisi bilimsel etkinlikleri düzenlemiş aynı zamanda söz konusu toplantılarda hakim olan olumsuz görüşlerin bertaraf edilmesi için çaba göstermiştir. **Ann Arbor** kentinde konuşlu **University of Michigan (MI)** Nükleer Plazma Fizikçisi **Dr Carolyn Kuranz**, söz konusu etkinliklerde izlenen politikayı geniş kapsamlı olarak nitelendirmektedir. **FES**, özellikle atom çekirdeklerinin birleşmesi ve enerji açığa çıkıncaya kadar ısıtılması aynı zamanda iyonize gazlar ya da nükleer plazmanın bir arada tutulmasını sağlayıp sınırlayan magnetik alanlar füzyon projeleri konusunda fon yardımları temin etmektedir. Ancak, yıldızlara benzer nükleer plazmalar yaratılması araştırmalarını hedefleyen ve yüksek güçlü lazerler kullanan nükleer plazma projeleri bilimsel çalışmalarına küçük çaplı da olsa **FES** ekonomik destekleri sağlanmaktadır. **Dr Kuranz**, ilk defa kurulan ulusal nükleer füzyon enerjisi projeleri kapsamında fikir birliğine ulaşılmasını önemli bir adım olarak kabul etmektedir. Gerçekte yeni nükleer füzyon projeleri planı doğrudan hızlı biçimde prototip karbonsuz baz yüklü yeni nesil nükleer füzyon enerjisi elektrik santrali kurulması yönünde ortaya çıkmamıştır.

Gelecek on yıl boyunca küresel füzyon enerjisi bilim insanları tüm yetenek ve güçlerini güney Fransa'da inşaatı ve montaj faaliyetleri süren **Tokamak** tipi **Milletlerarası Termonükleer Deney Reaktörü (International Thermonuclear Experimental Reactor - ITER)** tesisi üzerine odaklanmaktadır. İçi oyuk halka donut şekilli (doughnut-shaped) dev **Tokamak** dizaynı yeni nesil nükleer füzyon kompleksi **ITER** kurulması 2030 yılı sonuna kadar devam edecektir. **Tokamak** tasarımı **ITER** füzyon tesisi ünitesinde ısıtma ve manyetik alanlar kanalı ile nükleer plazmanın sıkıştırılması safhası esnasında harcanan enerjiye kıyasla daha fazla enerji üretilmesi beklenmektedir. İnovasyona dayalı **Tokamak** türü yenilikçi **ITER** nükleer füzyon reaktörü sayesinde nükleer plazmanın yakılması konusunda çok önemli dersler ve paha biçilmez bilgiler kazanılacağı global füzyon enerjisi araştırmacıları tarafından ileri sürülmektedir. Ancak, 20 milyar doların üstünde maliyetli **ITER** kompleksi sonrası gerçek nükleer füzyon enerjisi güç santrali kurulması ise son derece pahalı olacağı belirtilmektedir. Böylece, yeni kuşak **Tokamak** cinsi **ITER** reaktörü çalıştırılması ile birlikte Amerikan nükleer füzyon enerjisi uzmanları çok daha küçük evrimsel nükleer füzyon enerjisi elektrik santralleri üniteleri kurmayı programlamaktadır. Ayrıca, mevzu bahis inovatif küçük nükleer füzyon enerji santralleri maliyetleri düşürülmesi de amaçlanmaktadır. Bunun için tüm **Tokamak** çeşidi süper bilgisayar simülasyonları, üç boyutlu yazıcı teknolojisi (3D printing) ve yüksek sıcaklık süperiletkenler yapımı manyetik bobinler (magnet coils) gibi güç aktarma sistemleri içerisinde en gelişmiş ileri teknikler ve yenilikçi teknolojiler kullanılması planlanmaktadır. Amerika yeni nükleer füzyon enerjisi yol haritası ile beraber ülkenin geri kaldığı termo nükleer teknolojileri açıklarının kısa vadede kapatılmasını hedeflemektedir. **Madison** kentinde konuşlu **University of Wisconsin (UW)** öğretim üyesi Füzyon Fizikçisi **Dr Stephanie Diem**, nükleer füzyon güç santrali kurulması desteklenmesine yönelik çok daha fazla nükleer füzyon araştırma projeleri başlatılması gerektiğini savunmaktadır. Örneğin, füzyon güç santrali ünitesinde enerjetik nötron akısı nedeniyle kullanılan malzemeler dejenerasyona ve aşınmaya uğrayacaktır. Böylece, nötron kaynaklı gelişmiş ileri parçacık hızlandırıcısı tesisi kanalıyla yeni denemeler ve testlerin yapılması gerektiği vurgulanmaktadır.

Massachusetts Institute of Technology MA (MIT) araştırmacıları tarafından geliştirilen kompakt nükleer füzyon güç santrali kompleksi şeması aşağıda gösterilmektedir.



Kaynak: MA (MIT) ALEXANDER CREELY

Aşağıdaki tabloda ilk üç sırada yer alan gelecekte kurulacak yenilikçi termo nükleer güç santrali gereksinimi aynı zamanda sağlanacak ekonomik yardımlar ve temel ileri nükleer plazma bilimi projeleri ihtiyaç listesi Amerikalı nükleer füzyon enerjisi bilim insanları tarafından hazırlanmıştır. Ancak, finansal kaynakların Amerikan yeni füzyon enerjisi yol haritası planları çerçevesinde kesintiye uğrama olasılığı da mevcuttur.

Proje	Sabit Bütçeler	%2 Artışlar	Sınırlanmamış
Füzyon güç santrali malzeme testleri için nötron kaynağı	Evet, ancak son derece gecikmiş	Evet, ancak gecikmiş	Evet
Füzyon güç santrali entegre sistemleri testi için Tokamak	Hayır	Evet, ancak son derece gecikmiş	Evet, ancak son derece gecikmiş
Reaktörü çevreleyen ve nötronları soğuran örtü denemesi için tesis	Hayır	Hayır	Evet
Aşırı Koşullarda Malzeme İyileştirmesi	Hayır, ancak daha fazla geliştirilmesi	Hayır, ancak daha fazla geliştirilmesi	Evet
Güneş rüzgarı tesisi	Hayır	Hayır	Evet
Multipet watt laser	Hayır	Hayır	Evet

Kaynak: POWERING THE FUTURE FUSION AND PLASMAS, FUSION ENERGY SCIENCES ADVISORY COMMITTEE (2020)

Nükleer füzyon enerjisi programı çalışmalarının teknolojik ilerlemeye uygun hassas bir çizgide yürütülmesi gerekmektedir. ABD’li termonükleer bilim insanları, temel araştırmaları için konulan ekonomik kısıntılar ve sınırlamalardan uzun zamandır yakınmaktadır. Günümüzde Amerikan Enerji Bakanlığı DOE yetkililerinin ise nükleer füzyon enerjisi uygulamaları kapsamında termo nükleer proje mali yardımları ve ekonomik destekleri planladıkları DOE FES Direktör Yardımcısı **Dr James Van Dam** tarafından ifade edilmektedir. Ayrıca **Dr Dam**, uygulamaya yönelik füzyon enerjisi çalışmalarına ilginin oldukça fazla olduğunu da belirtmektedir. Termo nükleer araştırma projelerinin gelişiminin sürmesi açısından Amerikalı füzyon enerjisi bilim insanları ABD Kongresi tarafından tahsis edilecek finansal fonlar ve ekonomik desteklere gereksinim duymaktadır. Planlama komitesince tasarlanan üç senaryo doğrultusunda DOE yeni nükleer füzyon tesisleri kurulması için izin vereceği de rapor edilmiştir. DOE FES şimdiki yıllık bütçesi 671 milyon dolar olup, 274 milyon doları uluslararası ITER füzyon enerjisi projesi yatırımı için ayrılmıştır. Daha sıkı federal bütçe kaynakları ile yeniden oluşturulmuş ABD füzyon enerjisi programı görüş birliği doğrultusunda yol alınması beklenmektedir. Amerikan nükleer plazma fizikçileri güneş rüzgarı (solar wind) simüle edilmesi gibi çok sayıda tesis kurulmasını talep etmektedir. Ancak, finansal destek artırımı olmadığı sürece yeni bir nükleer füzyon enerjisi tesisi gerçekleşmesi ise olanaksız görülmektedir. DOE yetkilileri, Aşırı Şartlarda Malzeme İyileştirilmesi (Matter in Extreme Conditions Upgrade) projeleri çerçevesinde enerjetik nükleer plazmalar yaratılması için aynı zamanda tesise ait X-ışını lazeri ile birlikte araştırma yapılabilen SLAC Ulusal Hızlandırıcı Laboratuvarı (Stanford Linear Accelerator Center - SLAC National Accelerator Laboratory) kapsamında petawatt laser kurulumu çalışmalarını olası kabul etmektedir. University of Iowa UI öğretim üyesi nükleer plazma teorisyeni **Dr Scott Baalrud**, gelişmeler hangi yönde olursa olsun yeni füzyon enerjisi araştırmaları planı faaliyetlerinin ABD’li genç termo nükleer bilim insanları topluluğunun talepleri doğrultusunda yol alacağını

vurgulamaktadır. Sonuçta, uzun zamandır hareketsiz ve ölü konumda olan Birleşik Devletler nükleer füzyon enerjisi bilim sahası projelerinin temel enerji kaynakları karbonsuz termo nükleer güç santralleri kurulması ile birlikte yeniden doğuş ve diriliş süreci içerisine girmesi öngörülmektedir.

Kaynaklar:

- İyonlaştırıcı Radyasyonların Biyolojik Etkileşme Mekanizmaları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Atom, Radyoaktivite, Radyoizotoplar ve Radyasyon Çeşitleri, 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.
- Nükleer Güç Santralleri Gelişiminde Nükleer Emniyet ve Nükleer Güvenlik, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Evren, İnsan ve İyonlaştırıcı Radyasyonlar, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Nükleer Füzyon Enerjisi (Nükleer Kaynaşma Birleşme Enerjisi) Termonükleer Füzyon Santralleri, Ahmet Cangüzel Taner, **FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- 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.
- Gezegeenin Geleceği Açısından Hemen Gündeme Alınması Gereken Sorunlar Arasında Sayılan Küresel Isınma ve Global İklimsel Değişim Mekanizmaları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2015.
- Orta Doğu **Parçacık Hızlandırıcısı (Particle Accelerator) SESAME** Uluslararası Yeni **Siklotronu (Synchrotrons)** Deneysel Bilim ve Uygulamaları Merkezi, 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.
- 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.
- 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**, 08 Aralık 2020.

Fizik Mühendisleri Odası Resmi İnternet Sitesi:

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