



Nükleer Enerjili Roketler

Uzay yüzyıllarca insanlık için gizemli bir alan olarak ilgi çekti. 1957’de Sovyetler Birliği tarafından gerçekleştirilen ilk yapay uydu Sputnik 1’in uzaya fırlatılmasından bu yana uzayla ilgili birçok gelişme yaşandı. ABD ve Sovyetler Birliği arasında yaşanan uzay yarışı yeni teknolojilerin gelişmesini sağlarken, dünyanın uydusu olan Ay’a 1969 yılında ayak basılmasıyla yeni bir boyut kazandı. Son yıllarda ise yeni uzay yolculuğunun ilk hedefi hâline gelen Mars için özel sektör dahil birçok kurum araştırmalarını genişletti.

Günümüzde ABD’nin Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration -NASA), Çin Ulusal Uzay İdaresi (China National Space Administration -CNSA), Space X, Blue Origin ve Virgin Galactic gibi birçok kuruluş Mars yolculuğu ile ilgili roket araştırmaları yapıyor. Ancak derin uzay yolculukları için tasarlanan güneş enerji hücreleri yeterli güç kapasitesine sahip olmadığından, Mars yolculuklarının daha hızlı gerçekleşmesi için yeni enerji kaynakları değerlendiriliyor.

Uzay roketleri için alternatif ve güçlü bir seçimin nükleer enerji tarafında gerçekleşebileceği düşünülüyor. Düşük ağırlıkta bir nükleer reaktörle hidrojen iticilere sahip roketlerin yeni uzay yolculukları için güçlü bir alternatif olması ihtimal dahilindedir. Bu tasarımda motor çıkışından herhangi bir radyoaktif madde çıkmazken elde edilen güç oldukça yüksek olabiliyor¹.

Nükleer Uzay Roketleri ve Araştırma Çalışmaları

Nükleer ve roket kelimeleri bir araya geldiğinde ilk akla gelen 1945 yılında J. Robert Oppenheimer’in atom bombası oluyor. Ancak günümüzde uzay yolculuğu için hızlı bir alternatif oluşturan nükleer roketler ilk olarak 1955 yılında ABD’de tasarlanan Nükleer Termal Roket (Nuclear Thermal Rocket -NTR) adı ile ortaya çıkıyor. Bu roketlerde tasarlanan mekanizma, kimyasal içerikli bir roket içinde, tepkimeye yol açacak bir sıcaklığı ortaya çıkarabilen nükleer reaktör yardımı ile güçlü bir itici enerji elde edilmesi şeklinde çalışıyor. 1973 yılına kadar araştırma çalışmalarına devam edilen NTR’ler çeşitli bütçe ve imkânsızlık sebepleriyle durduruluyor. Her ne kadar 10’a yakın NTR inşa edilmiş olsa da günümüze dek uçuş testi yapılan bir roket bilinmiyor.

Ancak 2010 yılında ABD’nin İleri Araştırma Projeleri Ajansı (Defense Advanced Research Projects Agency -DARPA) NTR teknolojisine ilgi göstererek yeni araştırmaların başlamasını sağladı. 2019 yılında ABD Kongresi’nin NTR araştırmalarına 125 milyon dolarlık bir bütçe ayırması ise bu konuya verilen önemi kanıtıyor. 2022 yılında DARPA’nın Çevik Cislunar Operasyonları (Demonstration Rocket for Agile Cislunar Operations

¹ https://www.esa.int/Education/Nuclear_powered_rockets

-DRACO) nükleer termal motor programı için demo roket çalışmaları başlatması, Blue Origin ve Lockheed Martin'in konsept çalışmaları günümüzde Mars yolculukları için nükleer roket teknolojisinin ciddi anlamda değerlendirildiğini gösteriyor. 2023 yılında inşa çalışmalarına başlanan roket tasarımları için DARPA'dan fon alan Lockheed Martin'in uzay gemisi tasarımına nükleer reaktörlerin BWX Teknoloji firması tarafından sağlanması planlanıyor. Tasarım inşası sonrası ilk uçuş testlerinin ise 2027 yılından önce gerçekleşmeyeceği düşünülüyor².

Mars Uzay Yolculuğu

NASA'nın DARPA ile ortaklaşa yürüttüğü ve Lockheed Martin firmasının uzay gemisi tasarımının onay aldığı DRACO programı 499 milyon dolar değerinde bir araştırma projesi. Bu projenin Mars seyahatinin süresini yarı yarıya azaltması bekleniyor. Yeni başlatılan proje, temelleri 1950'li yıllarda atılan NTR programı örnek alınarak yüksek analizde düşük zenginleştirilmiş uranyum (High Assay Low Enriched Uranium -HALEU) içerikli bir versiyonu ile oluşturuldu. Güvenlik önlemleri nedeniyle tasarlanan nükleer reaktörlü roketin reaktör tepkimesinin uzayda sadece bir kez gerçekleşmesi ve kapatılmasıyla ortaya çıkabilecek patlama ve benzeri radyoaktif risklerin ortadan kaldırılması hedefleniyor³.

Uzayda Nükleer Enerji Sistemleri Araştırmaları

ABD'de NASA, nükleer enerjili roketlerin geliştirilmesinde liderliği üstlenirken, DARPA ise nükleer düzenleme gerekliliklerinden operasyonel süreçlere ve aracın güvenliğine ilişkin tüm analizler dahil olmak üzere diğer konuları denetliyor. Uçuş aşamasında nükleer reaktör güvenlik nedeniyle "soğuk" modda bulunuyor ve yeterince yüksek bir yörüngeye ulaşana kadar açılmıyor.

Ancak reaktörün aktifleşeceği bu son yörünge henüz belirlenmedi. Muhtemelen Dünya yüzeyinin 700 ila 2.000 km yukarısında olması planlanıyor. Bu şekilde aracın gezegenin atmosferine yeniden girişi gibi bir durumda ortaya çıkabilecek bir sızıntının dünya yüzeyine ulaşması yüzlerce yıl sonra gerçekleşebilecek.

Araştırma programı yetkilileri nükleer enerjiyle çalışan aracın Falcon 9 veya Vulcan roketinin yük kapasitesi içerisinde fırlatılacağı ve geleneksel bir roketin geliştirilmiş versiyonuyla hemen hemen aynı görüneceğini açıkladı. Aracın büyük bir hidrojen yakıt deposu, nükleer reaktör, destekleyici bir uzay aracı ve bir enerji çıkışından oluşması planlanıyor. Araç güvenli bir yörüngeye ulaştığında reaktörün açılması sonrası ortaya çıkan ısı ile desteklenen sıvı hidrojen 20 Kelvin'den (yaklaşık 20 santigrat derece) bir saniyeden kısa sürede 2.700 Kelvin'e kadar ısıtılıyor⁴.

Bir diğer adı ile Nükleer Termal Tahrik (Nuclear Thermal Propulsion -NTP) sistemleri, süper sıcak basınçlı hidrojeni güçlü bir itme kuvveti oluşturmak için bir ağızlıktan dışarı doğru yönlendiriyor. Tasarlanan NTR veya NTP sistemlerinin mekaniği, kimyasal yakıtlı sistemlerden çok daha basit ve çok daha verimli oluyor⁵.

NTR'lerde asıl sorun, bu nükleer sistemleri güvenli ve hafif hâle getirme aşamasında çıkıyor. Uzay görevlerine uygun yeni yakıtlar ve reaktör tasarımları araştırma projeleri sayesinde gelişiyor. Geçmişte durdurulan araştırma projeleri örnek alınıp bunlara yenileri eklenerek alternatif tasarımlar da deniyor. Bazı araştırmacılar küçük ve güvenli nükleer enerjili roketlere giden başka bir yol daha olduğunu düşünüyor. Princeton Üniversitesi Plazma Fiziği Laboratuvarı araştırmacıları deuterium ve tritium yakıtları üzerinde çalışmalar yapıyor. Princeton laboratuvarının Direct Fusion Drive adı verilen konsepti geleneksel füzyondan çok daha az yakıtı ihtiyaç duyuyor ve cihaz benzerlerinin binde biri kadar büyüklükte tasarlanabiliyor. Ancak Princeton araştırmacılarının üzerinde çalıştığı füzyon kökenli sistemlerin NTR gibi füzyon sistemlere göre daha çok gelişmeye ihtiyacı bulunuyor.

2 https://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_thermal_rocket

3 <https://www.nytimes.com/2023/07/26/science/nasa-nuclear-rocket-darpa.html>

4 <https://arstechnica.com/space/2023/07/nasa-seeks-to-launch-a-nuclear-powered-rocket-engine-in-four-years/>

5 <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2022/how-nuclear-technology-will-get-us-to-mars-faster-than-ever.html>

Bunun sebebinin ise füzyon sistemlerin fizyona göre dört kat daha fazla enerji ortaya çıkarması ve bu konuda gerekli güvenlik çalışmalarının yapılması gerekliliği olarak düşünülüyor⁶.

Uzayda nükleer enerjiyle çalışan sistemlere yönelik son araştırmalardan biri de Pentagon'un Savunma İnovasyon Birimi (Defense Innovation Unit -DIU) tarafından gerçekleştiriliyor. Nükleer güç ve itici konseptlerini geliştirmek üzere 2022'nin Mayıs ayında Seattle merkezli Ultra Safe Nuclear ile sözleşme imzalayan DIU, EmberCore adını verdiği futbol topu büyüklüğünde bir radyoizotop pil üretimini destekliyor. DIU'nun hedefi, teknolojiyi 2027'de uzaya göndererek test edebilmek.

Ultra Safe Nuclear'in sisteminin hafif, ölçeklenebilir ve hem itici güç kaynağı hem de enerji kaynağı olması amaçlanıyor. Küçük ve orta büyüklükteki askeri uzay araçlarına monte edilmesi planlanan bu sistem dünya yörüngesi ile ay arasındaki boşlukta çevik bir şekilde manevra yapılabilmesi için özel olarak tasarlanacak. DIU'nun özel sektör ile birlikte yürüttüğü çalışmalar ABD ordusunun yakın zamanda duyurduğu cislunar uzayında gözetleme ağı geliştirme planlarının bir parçası olarak düşünülüyor.

Ultra Safe Nuclear'in EmberCore'u üretimi daha kolay ve daha ucuz olan kobalt-60 gibi tıbbi izotopların tasarımında kullanıyor. Şirket, güvenlik amacıyla radyoaktif malzemeyi özel bir seramikle kaplıyor.

Kobalt-60'ın yarılanma ömrü beş yıl olduğundan (geleneksel olarak nükleer reaktörlerde tercih edilen plütonyum-238'in 90 yıllık yarılanma ömrü ile karşılaştırıldığında) ABD Savunma Bakanlığı (Department of Defense -DOD) ve NASA'nın araştırma konusu olan cislunar görevleri için oldukça güvenli ve yeterli görülüyor. Ayrıca EmberCore'un plütonyum-238'e göre 10 kat daha fazla enerji üretmesi bekleniyor⁷.

NASA ile nükleer enerjili roketler konusunda çalışma yapan bir diğer kuruluş ise ABD Enerji Bakanlığıdır (Department of Energy -DOE). DOE ticari kullanım imkânı olabilecek nükleer reaktör tasarımlarına odaklanmış durumda. Ancak bu çalışmaların uzun vadeli planlar kapsamında değerlendirildiği düşünülüyor⁸.

Uzay Yolculuğunun Geleceği

Modern uzay araştırmaları geçmişte sadece hayal edilen ve bilim kurgu eserlerine konu olan yerlere ulaşmayı vadediyor. Mars, modern uzay araştırmalarının odak noktası hâline gelmiş durumdadır ve insanlı Mars keşfi, uzay araştırmalarının uzun vadeli bir hedefi konumunda bulunuyor.

ABD'de NASA, 2030'a gelindiğinde kırmızı gezegene insan gönderme hedefini tamamlayarak Mars yolculuklarını gerçekleştirmeyi planlıyor.

NASA ve araştırma ortakları yörüngeye çeşitli araçlar, iniş araçları ve yüzey gezicileri göndererek gezegen hakkında oldukça yeterli bilgi edinmeyi başardı. Daha önce gezegene gönderilen Curiosity Rover araştırma aracı astronotları korumak için radyasyon verilerini toplayarak kaydetti ve MARS 2020 Rover araştırma aracı da oksijen ve diğer Mars kaynaklarının varlığını incelemeye devam ediyor⁹.

ABD dışında Çin de uzay araştırmalarında nükleer enerji sistemleri üzerinde çalışmalar yapıyor. Çin, 2022 yılında Ay ve Mars görevleri için güçlü bir nükleer reaktör geliştirme çalışmalarına başlayacağını açıklamıştı. Prototip aşaması tamamlanan araştırmanın komponent yapım aşamasına geçildiği biliniyor. Çin'in geliştirmeyi planladığı nükleer reaktörün 10 uzay üssüne enerji sağlama kapasitesinde olması planlanıyor¹⁰.

6 <https://spectrum.ieee.org/nuclear-powered-rockets-get-a-second-look-for-travel-to-mars>

7 <https://spectrum.ieee.org/nuclear-spacecraft>

8 <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-darpa-will-test-nuclear-engine-for-future-mars-missions>

9 <https://aerospace.org/article/brief-history-space-exploration>

10 <https://interestingengineering.com/innovation/chinas-mysterious-space-nuclear-reactor-allegedly-can-power-10-international-space-stations>

Ay'dan sonra Mars'a insan gönderebilmek, Ay ve Mars'ın kolonileştirilebilmesi ile yeni hammadde ve yaşam kaynaklarına erişilmesi gibi çeşitli gelecek projeleri günümüz uzay araçlarının gelişiminin hızlanmasını sağlıyor. İnsanlık uzaya hep merakla yaklaştı. Yeni nesil nükleer enerjili roketler ve sistemler de sonsuz uzayın derinliklerinde araştırmalar yapılabilmesi ve hatta gelecekte uzay yolculukları ile hiç gidilmemiş olan yerlere insanların gitmesinin önünü açabilir. Araştırmaların dikkatle ve insan hayatını tehdit etmeyen ölçülerde radyoaktif madde kullanılarak gerçekleştirilmesi, geleceğin uzay yolculuklarının ne kadar erken gerçekleşeceğinin kilidini oluşturuyor. Ancak en erken Mars seyahatinin 2030'dan sonra gerçekleşme olasılığı olduğundan şimdiden bu yolculuk için rezervasyon yaptırılması mümkün görünmüyor. 