

Uluslararası Hukuk Bakımından Uzay Faaliyetlerinde Nükleer Enerji Kaynaklarının Kullanımı*

Using Nuclear Energy Sources in Outer Space Activities from the Perspective of International Law

Egemen
DEMİRER**

* Bu çalışmanın ilk versiyonu
13th IAASS Conference:
Building a Safe, Secure and
Sustainable Space" konferansında
sunulmuştur. v

** Yüksek Lisans Öğrencisi,
Sakarya Üniversitesi, Sosyal
Bilimler Enstitüsü, Kamu Hukuku
Ana Bilim Dalı, Sakarya, Türkiye,
e-posta:
egemen.demirer@ogr.sakarya.edu.tr
ORCID: 0000-0001-6701-8692

Öz

Uzay görevlerinde kullanılan nükleer enerji sistemleri, güneş ışığının yetersiz olduğu veya uzun süreli keşif gerektiren görevlerde sağladıkları kesintisiz güç üretimi nedeniyle çağdaş uzay faaliyetlerinde kritik bir gereklilik hâline gelmiştir. Bu makalenin amacı, nükleer güç kullanımının tarihsel gelişimini inceleyerek günümüzde hangi teknik, çevresel ve operasyonel koşullar altında zorunlu bir teknolojiye dönüştüğünü açıklamak ve bu gerekliliğin devlet sorumluluğu ile risk yönetimi bakımından doğurduğu sonuçları hukuki açıdan değerlendirmektir. Çalışmanın hipotezi, nükleer enerji kullanımının tamamen sınırlandırılması yerine, uygun güvenlik tedbirleri ve şeffaf operasyon süreçleriyle yönetilebilir bir alan oluşturduğu yönündedir. Araştırma sorusu şu şekilde belirlenmiştir: "Nükleer güç kaynakları uzay görevlerinde hangi koşullarda vazgeçilmez hâle gelmekte ve bu zorunluluk devletlerin üstlenmesi gereken hangi yükümlülükleri beraberinde getirmektedir?" Çalışmada doküman analizi yöntemi kullanılarak farklı dönemlerde gerçekleştirilen nükleer destekli uzay misyonları ve ulusal-uluslararası uygulamalar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bulgular, nükleer enerji sistemlerinin belirli görevlerde teknik açıdan alternatifsiz olduğunu, ancak çevresel risklerin azaltılması ve olası zararların önlenmesi için sıkı güvenlik standartlarının zorunlu olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak çalışma, nükleer teknolojinin uzayda barışçıl, güvenli ve sürdürülebilir kullanımının ancak çok katmanlı bir yönetim yaklaşımı ve güçlü uluslararası iş birliğiyle mümkün olabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çevresel Etkiler, Güvenlik Çerçevesi, Nükleer Enerji, Uzay Hukuku, Uluslararası İş Birliği

Abstract

Nuclear energy systems used in space missions have become a critical technological requirement, particularly in environments where solar radiation is insufficient or where long-duration exploration demands uninterrupted power generation. The purpose of this article is to examine the historical development of nuclear power use in space and identify the technical, environmental, and operational conditions under which it has become indispensable, while assessing the resulting implications for state responsibility and risk management from a legal perspective. The study is based on the hypothesis that the use of nuclear power in space cannot be entirely restricted; rather, it constitutes a manageable domain when supported by robust safety measures and transparent operational procedures. The central research question is formulated as follows: "Under what circumstances do nuclear power sources become essential in space missions, and what obligations arise for states as a consequence of this necessity?" Employing a document-analysis method, the study compares nuclear-supported space missions conducted in different periods and examines relevant national and international practices. The findings indicate that while nuclear systems are technically irreplaceable for certain missions, they also require stringent safety standards to minimize environmental risks and prevent harm. The article concludes that the peaceful, safe, and sustainable use of nuclear technology in outer space is achievable only through multilayered governance and strong international cooperation.

Keywords: Environmental Impact, International Cooperation, Nuclear Energy, Safety Framework, Space Law

Geliş Tarihi / Submitted:
10.07.2025

Kabul Tarihi / Accepted:
17.12.2025

Extended Summary

Equipping spacecraft with nuclear power sources has become essential for humanity's most ambitious and technically demanding space objectives. Nuclear energy systems offer continuous and high-density power capabilities that cannot be matched by solar technologies, particularly in deep-space environments where sunlight is insufficient or intermittent. Their unique ability to operate reliably for years, even decades, positions nuclear power as a foundational element for missions to the outer planets, long-duration robotic exploration, and potential human settlements beyond Earth. While the advantages of these systems are clear, the challenges they raise—ranging from environmental safety to legal responsibility—require meticulous evaluation and robust international governance.

The pickup of nuclear sources in space activities began during the early Cold War, a period characterized by intense scientific and technological competition. The first nuclear-powered spacecraft made by the USA demonstrated that radioisotope power systems could reliably operate beyond Earth's orbit and provide stable energy in extreme environments. Historic deep-space missions such as Pioneer, Voyager, Cassini, and New Horizons relied heavily on radioisotope thermoelectric generators (RTGs), proving that nuclear energy is indispensable for reaching distant celestial bodies. Other states also explored advanced compact reactor technologies, further expanding the capabilities of space systems and contributing to a diversified technological landscape. These cumulative advances underscore that many of humanity's most significant scientific breakthroughs would have been impossible without nuclear power.

However, the operational benefits of nuclear systems are accompanied by sensitive environmental and legal considerations. International law plays a decisive role in regulating how states may employ nuclear materials in outer space. While foundational treaties prohibit the arrangement of weapons in orbit, they permit the peaceful use of nuclear power sources under strict conditions. This legal distinction allows states to use nuclear systems, but only if they comply with due-diligence obligations, transparency requirements, and safety protocols designed to prevent harm.

Building upon these foundational rules, more specialized instruments articulate detailed expectations for responsible behavior. The 1992 Principles Relevant to the Use of Nuclear Power Sources in Outer Space outline procedural obligations, technical safeguards, and operational criteria that states must meet before launching a space object containing nuclear material. These include rigorous risk assessments, failure-mode analyses, contingency plans, and information-sharing mechanisms. The 2009 IAEA Safety Framework further refines these standards by emphasizing safety culture, emergency preparedness, and robust institutional cooperation. Together, these documents establish a multilayered regulatory framework that guides the safe and responsible use of nuclear systems in outer space.

A crucial component of this framework concerns the liability of states. Under the international liability regime, launching states bear absolute liability for damage caused by their space objects. This principle is particularly significant for nuclear activities, given the potential for radiological contamination, atmospheric reentry risks, or accidental dispersion. The liability regime ensures that victims can receive compensation without needing to prove fault and incentivizes states to adopt the highest safety standards. It also reinforces the importance of precise terminology and legal accuracy, as concepts such as "*launching state*" carry specific implications for attribution and responsibility.

Environmental protection represents another indispensable dimension of nuclear energy use in space. The growing density of space debris significantly increases the risk of accidental collisions in Earth orbit and beyond. A collision involving a nuclear-powered spacecraft could produce severe ecological consequences, potentially releasing radioactive particles into orbit or triggering cascading debris events. Therefore, integrating elements of international environmental law—such as prevention, due diligence, and sustainable use—into the governance of nuclear activities in space has become an urgent priority. These principles guide states to anticipate ecological risks, implement mitigation strategies, and adopt technologies that decrease potential damage to the space environment.

International cooperation is equally vital. As more nations become active space participants and new private actors emerge, multilateral governance mechanisms must evolve to accommodate diverse technological capacities and regulatory perspectives. Cooperative frameworks promote transparency, confidence-building, and shared safety standards, reducing the likelihood of accidents and misunderstandings. Moreover, ensuring impartial access to the value derived from space-based nuclear technologies aligns with the broader principles of peaceful use and collective progress embedded in international space law.

Ultimately, nuclear energy plays a reformer role in humanity's next phase of space exploration. It can enable sustained operations on distant worlds, power scientific instruments in extreme environments, and support future human activities beyond Earth. Yet this technological progress must be accompanied by rigorous legal oversight, environmental stewardship, and international solidarity. If states adopt comprehensive safeguards, uphold their international obligations, and engage in constructive cooperation, nuclear energy can function as a catalyst for a safer, more sustainable, and scientifically productive era in space exploration.

Giriş

1957'de başlayan uzay çağının ardından uzay teknolojilerinin gelişim hızına paralel olarak araştırmaların kapsamı derinleşmiştir. Özellikle gezegenler arası uçuşlar ve derin uzay misyonları için uzun süreli ve yoğun enerji güç kaynaklarına olan ihtiyaç belirgin biçimde artmıştır. Güneş enerjisinin yetersiz kaldığı uzak bölgelerde sürdürülebilir enerji elde edilmesi zorunluluğu, nükleer enerji kaynaklarının uzay araçlarında kullanılmasını giderek daha önemli bir seçenek hâline getirmiştir.

Nükleer enerji kaynakları, yüksek enerji ve uzun süre kesintisiz güç sağlayabilmeleri sayesinde derin uzay misyonlarında önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, bu sistemlerin kullanımı; insan sağlığı, çevresel etkiler ve atmosfere geri giriş aşamalarında ortaya çıkabilecek riskler nedeniyle uluslararası hukuk açısından ciddi yükümlülükler doğurmaktadır. Bu sebeple nükleer güç kaynaklarının kullanımı devletlerin güvenlik yükümlülükleri, çevresel koruma sorumlulukları ve uluslararası iş birliği mekanizmalarına uyum gerektiren çok boyutlu bir meseledir.

Bu çalışmanın temeli, nükleer enerji kaynaklarının uzay misyonlarında kullanılmasının tarihsel gelişimini incelemek ve bu teknolojinin ne ölçüde gerekli hâle geldiğini örnek misyonlar üzerinden ortaya koymaktır. Tarihsel süreç, hem nükleer güç sistemlerinin hangi bağlamlarda kullanıldığını hem de söz konusu teknolojinin günümüz uzay araştırmalarındaki kaçınılmaz rolünü anlamak açısından değerlidir. Bu doğrultuda makalenin araştırma sorusu: *“Nükleer enerji kaynaklarının uzay faaliyetlerinde kullanımının uluslararası hukuk bakımından doğurduğu yükümlülükler ve güvenlik gereklilikleri nelerdir?”* şeklinde

belirlenmiştir. Hipotez ise, *nükleer güç kaynaklarının derin uzay misyonları için teknik olarak zorunlu hâle geldiği ve bu nedenle uluslararası hukuk tarafından düzenlenen güvenlik ve sorumluluk çerçevesinin gelecekte önemli bir role sahip olacağıdır.*

İkinci aşamada, nükleer enerji kullanımıyla doğrudan veya dolaylı şekilde ilişkili uluslararası hukuk belgeleri incelenecektir. Bu kapsamda; 1967 tarihli Dış Uzay Antlaşması, 1972 tarihli Deniz Tabanı Silah Kontrol Anlaşması, 1986 tarihli Nükleer Kazanın Erken Bildirilmesi Sözleşmesi, 1978'den itibaren Birleşmiş Milletler Genel Kurulu (BMGK)'nda alınan kararlar, 14 Aralık 1992 tarihli A/RES/47/68 sayılı “Uzayda Nükleer Güç Kaynaklarının Kullanımına İlişkin İlkeler”¹, 19 Mayıs 2009 tarihli A/AC.105/934 sayılı Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından ortaya konulan “Dış Uzayda Nükleer Güç Kaynakları için Güvenlik Çerçevesi”² ile Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın standart ve deklarasyonları ele alınacaktır. Bu belgeler çerçevesinde devletlerin sorumlulukları, güvenlik protokolleri, risk yönetimi mekanizmaları ve çevresel koruma yükümlülükleri değerlendirilecektir.

Son olarak sonuç bölümünde, öğretilerdeki görüşler, devlet uygulamaları, ilgili uluslararası örgütlerin dokümanları ve Birleşmiş Milletler (BM) kararları ışığında nükleer güç kaynaklarının kullanımı konusunda geliştirilen güvenlik önlemleri, hukuksal yükümlülükler ve uluslararası iş birliği gereklilikleri tartışılacak; nükleer enerjinin uzay faaliyetlerinde giderek artan rolü, güvenlik ve sürdürülebilirlik bağlamlarıyla birlikte ele alınarak çalışma tamamlanacaktır. Bu kapsamlı değerlendirme, hem mevcut uluslararası düzenlemelerin bütüncül bir analizini sunmakta hem de gelecekte nükleer enerji kullanımının hukuki çerçevesinin nasıl şekilleneceğine dair öngörüler geliştirmeyi amaçlamaktadır.

1. Uzay Faaliyetlerinde Nükleer Enerji Kaynaklarının Kullanımının Tarihçesi

Nükleer enerji, uzun ömürlü ve yüksek yoğunluklu güç üretme kapasitesi sayesinde derin uzay misyonlarında giderek daha önemli bir rol üstlenmiştir. Özellikle Plütonyum-238 gibi radyoizotoplar, düşük gama radyasyonu yaymaları, yüksek ısı üretmeleri ve uzun yarılanma ömürleri nedeniyle uzay araçlarının enerji ihtiyaçlarını karşılamak için uygun bir seçenek hâline gelmiştir. Bu tür izotopların sağladığı düzenli ısı akışı, radyoizotop termoelektrik jeneratörler (RTG) aracılığıyla güvenilir elektrik üretimi sağlamakta; bu özellikleri onları hem derin uzay sondalarında hem de düşük güneş ışığı alan bölgelerde gerçekleştirilen görevlerde vazgeçilmez kılmaktadır. Her ne kadar bu sistemler geleneksel nükleer reaktörlerden farklı olup sürekli radyasyon yaymıyor olsa da, taşıdıkları maddeler nedeniyle bir kaza durumunda ortaya çıkabilecek çevresel ve sağlık temelli riskler uluslararası düzeyde ciddi endişelere yol açmaktadır.³

1 Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, *14 Aralık 1992 Tarihli ve A/RES/47/68 Sayılı Karar*, <https://docs.un.org/en/A/RES/47/68>, erişim 14.04.2025.; Kararda uzayda nükleer enerji kaynağı kullanımına ilişkin temel ilkeler benimsenerek uzay çevresinin ve dünyanın kirlenmemesi uzay paydaşlarına yönelik karara bağlanmıştır. Bu ilkeler, nükleer enerji kaynaklarının uzayda kullanımı sırasında insan yaşamının ve çevrenin korunmasına yönelik sorumlulukları ve teknik güvenlik önlemlerini belirleyen en kapsamlı uluslararası belge niteliğindedir. Ayrıca, uzay faaliyetlerinde nükleer enerji kaynaklarına ilişkin sorumluluk, bildirim yükümlülüğü ve uluslararası iş birliği gibi ilkeleri içermesi bakımından devlet uygulamaları üzerinde bağlayıcı olmasa da yönlendirici etkisi büyüktür. Bu ilkeler çalışmanın devamında ise “1992 tarihli Temel İlkeler” olarak adlandırılacaktır.

2 Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı, *Nükleer Enerjinin Uzayda Güvenli Kullanımına İlişkin Güvenlik Çerçevesi*, 2009, https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105_934E.pdf, erişim 13.04.2025.; Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) tarafından hazırlanan ve günümüzde artan uzay faaliyetleri neticesinde gezegenler arası uçuşların gerçekleştirilebilmesi için önem arz eden nükleer enerjinin uzayda güvenli bir şekilde kullanılması açısından 2009 tarihli Güvenlik Çerçevesi kabul edilmiştir. Bahse konu güvenlik çerçevesi çalışmanın devamında ise “2009 tarihli Güvenlik Çerçevesi” olarak adlandırılacaktır.

3 U.S. Department of Energy, “The History of Nuclear Power in Space”, Haziran 2015, <https://www.energy.gov/articles/history-nuclear-power-space>, erişim 10.06.2025.

Uzayda nükleer enerji kullanımının geçmiş 1961 yılında ABD'nin Transit 4A uydusunu RTG ile güçlendirmesiyle başlamıştır. Bu görev, uzun süreli enerji üretiminin mümkün olduğunu göstermiş ve sonraki on yıllarda gerçekleştirilecek keşif görevlerinin önünü açmıştır. 1969–1977 yılları arasında Apollo programı kapsamında Ay yüzeyine yerleştirilen bilim istasyonları SNAP-27 RTG sistemleriyle çalışmış; bu sistemler Ay yüzeyindeki deneylere yıllarca enerji sağlamıştır. Bunu takip eden dönemlerde Galileo, Ulysses, Cassini ve New Horizons gibi görevlerde radyoizotop sistemler kritik bir bileşen hâline gelmiş; Jüpiter, Satürn, Titan ve Kuiper Kuşağı hakkında bugün bilinen pek çok veri bu sistemler sayesinde elde edilmiştir.

Bu gelişmeler yalnızca ABD ile sınırlı kalmamıştır. Avrupa Uzay Ajansı (ESA) 1960'lardan itibaren nükleer füzyon teknolojileri ve radyoizotop güç sistemleri üzerine araştırmalar yürütmüş; böylece Avrupa ülkeleri uzay araştırmalarında nükleer enerji alanında daha etkin bir rol oynama hedefini benimsemiştir. Özel sektörün entegrasyonu da bu süreçte önem kazanmış; ABD merkezli Exlabs ve Antares gibi şirketler radyoizotop güç sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapmıştır. Benzer şekilde Rusya'nın Topaz nükleer reaktör programı, Soğuk Savaş döneminde dahi ABD ile bilimsel iş birliğine konu olmuş; termioyonik enerji dönüşüm teknolojileri uzun süreli uzay görevleri için alternatif bir reaktör modeli olarak test edilmiştir. Sovyetler Birliği'nin 1987 ve 1988 yıllarında gerçekleştirdiği Topaz reaktör test uçuşları, özellikle termioyonik teknoloji konusunda önemli ilerlemeler sağlanmasına katkı sunmuştur.

1.1. ABD'nin SNAP Programı

Amerika Birleşik Devletleri'nin uzayda nükleer enerji kullanımına yönelik çalışmaları, 1940'lı yılların sonlarında başlatılan *Systems for Nuclear Auxiliary Power* (SNAP) (Nükleer Yardımcı Güç Sistemi) programıyla⁴ kurumsal bir çerçeve kazanmıştır. Program kapsamındaki çalışmalar, hem nükleer reaktörlerin uzayda kullanılabilirliğini araştırmayı hem de radyoizotoplara dayalı küçük ölçekli güç sistemleri geliştirmeyi hedeflemiştir.⁵ NASA, Atom Enerjisi Komisyonu ve ABD Savunma Bakanlığı'nın ortak katkılarıyla yürütülen program hem askerî hem sivil amaçlara yönelik tasarımları içermiştir.

1961'de fırlatılan Transit IV-A ve Transit IV-B uyduları, SNAP programının uzay ortamında başarıyla uygulandığı ilk örnekler arasında yer almaktadır. Transit IV-A'nın yaklaşık on yıllık operasyon sürecinde Dünya çevresinde 55.000'den fazla tur atması ve iki milyar milin üzerinde yol katetmesi, o dönemin sınırlı teknolojik kapasitesine rağmen nükleer gücün güvenilirliğini ortaya koymuştur.⁶

1.2. Radyoizotop Termoelektrik Jeneratörler (RTG'ler) ve Cassini–Huygens Misyonu

RTG'lerin en önemli özellikleri; bakım gerektirmemeleri, uzun süre sabit güç sağlamaları ve düşük sıcaklıklarda dahi çalışabilir olmalarıdır.⁷ Bu nedenle hem Dünya yörüngesindeki uzun

4 U.S. Department of Energy, "System for Nuclear Auxiliary Power (SNAP) Overview", t.y., <https://www.energy.gov/etec/system-nuclear-auxiliary-power-snap-overview>, erişim 14.04.2025.; SNAP programı, ABD tarafından 1940'lı yıllardan sonundan itibaren geliştirilen ve uzay görevlerinde kullanılmak üzere nükleer enerjiyle çalışan kompakt güç sistemlerini kapsamaktadır. Bu sistemler özellikle derin uzay görevlerinde uzun süreli ve güvenilir enerji kaynağı sağlaması açısından öncü bir rol oynamıştır.

5 Steven Aftergood, David W. Hafemeister, Oleg F. Prilutsky, Joel R. Primack ve Stanislav N. Rodionov, "Nuclear Power in Space", *Scientific American*, 265:6, 1991, s. 42–49.

6 U.S. Department of Energy, "The History of Nuclear Power in Space".

7 NASA, "Radioisotope Power Systems (RTGs)—Frequently Asked Questions", <https://science.nasa.gov/planetary-science/programs/radioisotope-power-systems/faq/>, erişim 20.08.2025.; Radyoizotop Termoelektrik Jeneratörler (RTG), Plütonyum-238'ün radyoaktif bozulmasıyla açığa çıkan ısıyı, termokuplar aracılığıyla elektriğe çeviren, hareketli parçası olmayan bir nükleer güç kaynağıdır. Uzayda uzun süreli, güvenilir ve çevresel koşullardan bağımsız enerji sağlar.

sürekli görevlerde hem de derin uzay misyonlarında tercih edilmektedirler. Galileo uzay aracı, RTG'lerle güçlendirilmiş ilk büyük misyonlardan biri olarak Jüpiter'in yörüngesine giriş yapmış ve Europa'nın yüzeyi altında bir okyanus bulunduğuna dair bulgular elde etmiştir. Bu keşif, RTG destekli uzun süreli görevlerin bilimsel önemini açıkça göstermektedir.

Satürn ve Titan'ı incelemek amacıyla başlatılan Cassini-Huygens misyonu da üç adet RTG sistemi ile donatılmıştır.⁸ Huygens sondasının Titan yüzeyine başarılı inişi, uzak gök cisimlerine erişimin teknik olarak mümkün olduğunu kanıtlamış; Cassini'nin Satürn sistemi boyunca yürüttüğü çok yıllık gözlemler ise nükleer güç sistemlerinin bilimsel keşiflerde oynadığı belirleyici rolü bir kez daha ortaya koymuştur.

1.3. Rusya'nın Topaz Reaktör Programı

Rusya'nın Topaz programı, termioyönik enerji dönüşümü⁹ alanında yürütülen en kapsamlı çalışmalardan biridir. Soğuk Savaş koşullarına rağmen ABD ve Sovyetler Birliği arasında sınırlı da olsa bilimsel iş birliği yapılmış; özellikle 1980'lerde ABD'nin Stratejik Savunma Girişimi kapsamındaki ilgisi termioyönik reaktör teknolojilerinin yeniden gündeme gelmesine yol açmıştır.¹⁰ 1987 ve 1988 yıllarında gerçekleştirilen iki test uçuşu, reaktörlerin uzay ortamında çalışabilirliğini göstermiş ve daha hafif, kompakt reaktör modelleri için önemli veriler sağlamıştır.

1.4. Avrupa Uzay Ajansı'nın Çalışmaları

ESA, uzun vadeli uzay keşif hedeflerine paralel olarak nükleer füzyon reaktörleri ve radyoizotop güç sistemleri üzerine çeşitli araştırma girişimleri başlatmıştır. 1960'lardan 1990'lara uzanan bu süreçte¹¹ Avrupa ülkeleri, ulusal laboratuvarlar, özel sektör ve uluslararası ortaklarla iş birliği yaparak teknolojiyi geliştirme yönünde adımlar atmıştır. Bu çalışmalar, Avrupa'nın nükleer enerji destekli derin uzay görevlerinde daha bağımsız ve yetkin bir aktör hâline gelme hedefini güçlendirmiştir.¹²

Bu tarihsel gelişim, nükleer güç sistemlerinin hem teknik bir tercih hem de insanlık tarihi açısından en uzak noktalara ulaşmasını mümkün kılan, yüksek risk-yüksek getiri

8 NASA, "Cassini Mission", *NASA Science*, <https://science.nasa.gov/mission/cassini/>, erişim 14.04.2025.; NASA tarafından yürütülen Cassini görevi, Satürn ve uydularını incelemek amacıyla geliştirilmiş uzun soluklu bir uzay araştırma misyonudur. 1989 yılında NASA tarafından yürütülen projenin amacı Jüpiter'i ve çevresinde yer alan uyduları keşfetmek olmuştur. Ayrıntılı bilgi için bkz.: NASA, "Galileo Mission", *NASA Science*, <https://science.nasa.gov/mission/galileo/>, erişim 18.08.2025.

9 ScienceDirect, "Thermionic Power Generation", *ScienceDirect Topics*, <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/thermionic-power-generation>, erişim 20.08.2025.; Termioyönik Enerji Dönüşümü (TEC), yüksek sıcaklıktaki yüzeyden yayılan elektronların soğuk toplayıcıya geçmesiyle ısının doğrudan elektriğe çevrildiği, hareketli parçasız bir enerji üretim yöntemidir.

10 Richard Dabrowski, "U.S.-Russian Cooperation in Science and Technology: A Case Study of the TOPAZ Space-Based Nuclear Reactor International Program", *Connections: The Quarterly Journal*, 13:1, 2013, s. 72-74.; ABD ile Rusya arasında gerçekleştirilen bilimsel iş birliğinin bir örneği olan Topaz nükleer reaktör programı, uzayda nükleer güç sistemlerinin ortak kullanımı açısından önemlidir.

11 Adam M. Baker, John H. Free ve Stephen H. Priebe, *Future Power Systems for Space Exploration*, ESA Raporu No. 14565/NL/WK, QinetiQ, Şubat 2002.; Leopold Summerer ve Armin Stapelmann, "ESA's Approach to Nuclear Power Sources for Space Applications", *International Congress on Advances in Nuclear Power Plants (ICAPP 2007): The Nuclear Renaissance at Work*, Fukui-Kyoto, Japonya, 24-28 Nisan 2007.; Leopold Summerer, Trevor Wilcox, Robert Bechtel ve Stephen Harbison, "The International Safety Framework for Nuclear Power Source Applications in Outer Space – Useful and Substantial Guidance", *Acta Astronautica*, 111, 2015, s. 89-101.

12 Birleşmiş Milletler, *Multi-Year Work Plan on the Development of an International Technical Framework Based on Goals and Recommendations for the Safety of Nuclear Power Source Applications in Outer Space for the Period 2003-2006*, COPUOS Bilimsel ve Teknik Alt Komitesi, Teknik Rapor No. A/AC.105/804, Ek III, Viyana, 2003, <https://documents.un.org/doc/undoc/ltid/v06/535/62/pdf/v0653562.pdf>, erişim 02.04.2025.; Birleşmiş Milletler, *Report of the Working Group on the Use of Nuclear Power Sources in Outer Space: Inter-Sessional Meeting Held in Vienna, 13-15 June 2005*, COPUOS Bilimsel ve Teknik Alt Komitesi, Teknik Rapor No. A/AC.105/L.260, Viyana, 2005, https://www.unoosa.org/pdf/limited/c1/AC105_C1_L260E.pdf, erişim 02.04.2025.

denmesine sahip kritik bir teknoloji olduğunu göstermektedir. Ancak beraberinde getirdiği çevresel riskler ve uluslararası hukukun yetki alanına giren sorumluluklar,¹³ bu teknolojinin sıkı bir denetim ve hukuki çerçeve içerisinde¹⁴ kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

2. Uluslararası Hukuk Çerçevesinde Nükleer Enerji Kaynaklarının Uzak Faaliyetlerinde Kullanımı

Yukarıda kısaca ele alınan tarihi gelişmelerin yanında, nükleer enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin hukuki düzenlemeler de güvenlik çalışmalarının vazgeçilmez boyutunu oluşturmaktadır. Zira geri dönüşü zor veya imkânsız çevresel ve insani sonuçlar doğurabilecek nükleer güç kaynaklarının, hukuka uygun ve denetim altında kullanılması, uluslararası hukukun temel hedefleri arasında yer almaktadır. Uluslararası toplum, çevrenin korunması ve insan sağlığını tehlikeye atabilecek faaliyetlerin önlenmesi amacıyla çeşitli ilke ve kuralları geliştirmiş; bu çerçeve, uzak faaliyetleri bakımından da giderek daha somut hâle gelmiştir.

Bu bölümde BMGK kararları ve bazı temel uluslararası hukuk enstrümanları ışığında, uzak faaliyetleri sırasında nükleer enerji kaynaklarının kullanımına getirilen sınırlamalar, öngörülen güvenlik mekanizmaları ve bunların neden önemli olduğu ele alınacaktır. Böylece nükleer enerji kaynaklarının uzak faaliyetlerinde kullanımının, uluslararası hukuk kaynakları bakımından nasıl düzenlendiği bütüncül bir bakışla ortaya konulacaktır.

2.1. 1967 Tarihli Dış Uzak Antlaşması'na Göre Nükleer Enerji Kaynaklarının Kullanımı

Uzak hukukunun temelini oluşturan 1967 tarihli Dış Uzak Antlaşması,¹⁵ nükleer enerji kaynaklarının kullanımına dolaylı fakat son derece önemli bir çerçeve sunmaktadır. Antlaşma'nın 6. maddesi, devletlerin dış uzayda gerçekleştirdikleri tüm ulusal faaliyetler bakımından uluslararası sorumluluk taşıdığını hükme bağlamaktadır. Buna göre, devletler uzak faaliyetlerinin antlaşma hükümlerine ve genel uluslararası hukuka uygun yürütülmesinden sorumludur.¹⁶

Antlaşma'nın 4. maddesi ise yıkıcı etkiye sahip olan silahların yörüngeye yerleştirilmesini, gök cisimlerinde konuşlandırılmasını veya uzayın herhangi bir başka şekilde silahlandırılmasını yasaklamaktadır.¹⁷ Bu düzenleme, doğrudan nükleer güç kaynaklarının

13 Arnel Kerrest, "The Liability Convention and Liability for Space Activities", *United Nations / International Institute of Air and Space Law Workshop: Papers on Capacity Building in Space Law*, Birleşmiş Milletler Yayınları, 2003, s. 25.

14 Birleşmiş Milletler, *Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, Including the Moon and Other Celestial Bodies*, BM Genel Kurulu Kararı No. 2222 (XXI), 10 Ekim 1967, [https://docs.un.org/en/A/RES/2222\(XXI\)](https://docs.un.org/en/A/RES/2222(XXI)), erişim 02.04.2025.; Birleşmiş Milletler, *Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects*, BM Genel Kurulu Kararı No. 2777 (XXVI), 01 Eylül 1972, [https://docs.un.org/en/A/RES/2777%20\(XXVI\)](https://docs.un.org/en/A/RES/2777%20(XXVI)), erişim 02.04.2025.; Birleşmiş Milletler, *Convention on Registration of Objects Launched into Outer Space*, BM Genel Kurulu Kararı No. 3235 (XXIX), 15 Eylül 1976, [https://docs.un.org/en/A/RES/3235%20\(XXIX\)](https://docs.un.org/en/A/RES/3235%20(XXIX)), erişim 02.04.2025.

15 Türkiye, Ay ve Diğer Gök Cisimleri Dâhil Uzakın Keşfi ve Kullanılmasında Devletlerin Faaliyetlerini Yöneten İlkeler Hakkında Andlaşma'yı 13 Temmuz 1967 tarihinde kabul etmiştir. Andlaşma metni, 24 Temmuz 1967 tarihli ve 12655 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Metin için bkz. Türkiye Büyük Millet Meclisi, *Ay ve Diğer Gök Cisimleri Dâhil, Uzakın Keşfi ve Kullanılmasında Devletlerin Faaliyetlerini Yöneten İlkeler Hakkında Andlaşma*, Resmi Gazete No. 12655, https://www5.tbmm.gov.tr/tutanaklar/KANUNLAR_KARARLAR/kanunbmmc050/kanunbmmc050/kanunbmmc05000902.pdf, erişim 13.04.2025.; Obed. Y. Asamoah, "Declaration of Legal Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space", *The Legal Significance of the Declarations of the General Assembly of the United Nations*, Springer, Dordrecht, 1966, ss. 129-160.

16 Steven A. Mirmina ve David J. Den Herder, "Nuclear Power Sources and Future Space Exploration", *Chicago Journal of International Law*, 6:1, 2005, s. 158.

17 Erdem Denk, "Bir Kitle İmha Silahı Olarak Nükleer Silahların Yasaklanmasına Yönelik Çabalar", *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 66:3, 2020, ss. 93-136.

barışçı amaçlarla kullanılmasını hedef almamakla birlikte, nükleer teknolojinin uzayda askeri amaçlarla kullanılmasına açık bir sınır getirmesi bakımından konumuzu dolaylı olarak ilişkilidir. Zira başlangıçta enerji üretimi amacıyla kullanılan nükleer teknolojilerin, ileride silahlandırma potansiyeli barındırabileceği ihtimali, uluslararası toplumun dikkatle izlediği bir alandır. Bu tür silahların gök cisimlerine yahut yörüngeye yerleştirilmesini yasaklanmasının sebeplerinden birisi de işte bu potansiyelin taşınmasıdır.¹⁸

Antlaşma'nın 7. maddesi, uzay faaliyetleri sonucu meydana gelen zararlardan “fırlatan devlet”in (*launching state*) sorumluluğunu düzenlemektedir. Nükleer enerji kaynağı taşıyan bir uzay aracı tarafından Dünya’da sebep olunan zararlar bakımından fırlatan devletin sorumluluğu, kusurdan bağımsız ve mutlak nitelikte yorumlanmaktadır. Böylece, nükleer enerji kaynaklarının kullanıldığı uzay faaliyetlerinde olası bir kaza veya yeniden giriş hadisesi durumunda, zarar gören taraflara tazminat sağlanması güvence altına alınmaya çalışılmaktadır.¹⁹

9. madde ise devletlere, uzayda yürüttükleri faaliyetlerin diğer devletler üzerinde zararlı etkiler doğurmamasını sağlama yönünde “uygun önlemleri alma” yükümlülüğünü getirmektedir. Devletlerin, özellikle yörüngeden çıkış veya Dünya atmosferine yeniden giriş aşamalarında, zararlı nesnelerin çevreye ve insan sağlığına zarar vermesini önlemek için gerekli teknik ve idari tedbirleri alması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu ifade, nükleer enerji kaynaklarının içerdiği potansiyel riskler dikkate alındığında, insan sağlığı ve Dünya biyosferinin korunması açısından özel bir önem kazanmaktadır.

Uzay çevresinin korunması, hangi amaçla kullanılırsa kullanılsın, tüm tarafların dikkatini ve iş birliğini gerektiren hassas bir konudur.²⁰ Devletler, yürütülen uzay faaliyetleri bakımından zararlı müdahaleler söz konusu olduğunda uygun uluslararası danışma ve iş birliği mekanizmalarını işletmekle yükümlüdür.²¹ Nükleer enerji kaynaklarının kullanımında da bu ilkenin uygulanması, olası bir kazanın küresel ölçekte sonuçlar doğurabileceği gerçeği karşısında kaçınılmazdır.

Öğretide bazı yazarlar, 9. maddede yer alan “zararlı kontaminasyonun engellenmesi” ve “uygun önlemler alınması” ibarelerinin geniş yorumlanması gerektiğini, buna göre

18 1963 tarihli Atmosferde, Dış Uzayda ve Su Altında Nükleer Silah Testlerinin Yasaklanması Andlaşması, nükleer ve kitle imha silahlarının kullanımını yasaklamıştır. Andlaşmanın konumuzu alakalı kısmı Dış Uzaya ve yörüngeye koşullandırılması yasaklanan nükleer silahlarla ilgilidir. Fakat bu bağlantı esasında dolaylı bir bağlantıdır çünkü anlaşmanın amacı uzay çevresinin korunması ve radyoaktif maddelerin dünyaya zarar vermesinin engellenmesidir. Andlaşma metninde aynı zamanda Ay’ın ve diğer gök cisimlerinin Andlaşmaya taraf olan tüm devletler tarafından yalnızca barışçıl amaçlarla kullanılacağı belirtilmiştir. Fakat burada tartışmalı husus barışçıl amaçların ne olduğu konusunda net bir tanımın ortaya konulmamasıdır. Bazı kaynaklarda saldırgan olmayan demek istenirken bazı kaynaklara göre de askeri olmayan anlamında değerlendirilmiştir. Dolayısıyla uzayda yürütülen faaliyetlerin barışçıl yürütülmesi kavramının aydınlatılması ve kesin bir tanımın yapılması gerekmektedir. Birleşmiş Milletler, *Treaty Banning Nuclear Weapon Tests in the Atmosphere, in Outer Space and Under Water*, 05 Ağustos 1963, <https://www.archives.gov/milestone-documents/test-ban-treaty>, erişim 14.04.2025.; İlgili antlaşma bu çalışmada, “Test Yasağı Sözleşmesi” olarak anılacaktır.

19 Burada dünyada gerçekleşmesi ya da dış uzayda gerçekleşmesi konusunda sorumluluk hususu ihtilaflıdır çünkü dünyada meydana gelen kazalar neticesinde kusur sorumluluğu aranırken uzayda meydana gelen kazalarda ise kusursuz sorumluluk geçerlidir.

20 Devletler, uzayın keşfi ve kullanımı sırasında iş birliği ve bilgi paylaşımı prensibini benimsemelidir. Her faaliyet, diğer tarafların çıkarlarına saygı gösterilerek yürütülmeli ve çevreyi koruma önlemleri alınmalıdır. Potansiyel zararlı etkiler öngörüldüğü takdirde uluslararası danışmalar yapılması gereklidir; H. Ph. Diederiks-Verschoor, *An Introduction to Space Law*, Kluwer Law International, 2008, ss. 29–30.

21 H. Ph. Diederiks-Verschoor, *An Introduction to Space Law*, Kluwer Law International, 2008, s. 30.; Eilene Galloway, “Consensus Decision-Making by the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space”, *Journal of Space Law*, 7:1, 1979, ss. 3–15.

kapsamın nükleer enerji kaynaklarının Dünya biyosferine ve uzay çevresine verebileceği olası zararları da kapsayacak şekilde anlaşılması gerektiğini savunmaktadır.²² Bu yorum, nükleer güç kaynaklarının kullanımında çevresel koruma boyutunun daha belirgin hâle getirilmesine katkı sunmaktadır.

2.2. 1992 Tarihli ve A/RES/47/68 Sayılı Temel İlkeler Metnine Göre Nükleer Enerjinin Kullanımı

Nükleer enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin en somut ve özel düzenlemelerden biri, 14 Aralık 1992 tarihli ve A/RES/47/68 sayılı “Dış Uzayda Nükleer Güç Kaynaklarının Kullanımına İlişkin İlkeler”dir. Bu Belge, Soğuk Savaş döneminde ve sonrasında uzaya fırlatılan uydularda nükleer güç kaynaklarının artan kullanımı karşısında, ortaya çıkabilecek risklerin azaltılması ve Dünya biyosferinin korunması amacıyla kabul edilmiştir.

Temel İlkeler, nükleer enerji kaynaklarının uzun ömürlü ve yüksek yoğunluklu olması nedeniyle bazı gezegenler arası misyonlarda teknik olarak vazgeçilmez hâle geldiğini kabul etmekle birlikte, bu kaynakların kullanımının ayrıntılı güvenlik değerlendirmelerine tabi tutulmasını öngörmektedir. Fırlatma öncesinde çevresel etki değerlendirmesi yapılması, olası risklerin analiz edilmesi ve bu risklerin azaltılması için gerekli önlemlerin planlanması, çevrenin, biyosferin ve insan sağlığının korunması yönünden aslı bir yükümlülük olarak ortaya çıkmaktadır.

Öğretide, bu risklerin nasıl yönetilmesi gerektiğine ilişkin farklı yaklaşımlar mevcuttur. Gorbien, nükleer güç kaynaklarına ilişkin güvenlik çalışmalarını dört temel başlıkta toplamaktadır: (a) nükleer güç kaynaklarının kullanımına dair bilgi paylaşımı, (b) yeniden giriş öncesinde bildirim yükümlülüğü, (c) acil durumlarda devletlere yardım sağlanması ve (d) radyasyona maruziyet seviyelerine ilişkin standartların belirlenmesi.²³ Haanappel ise, bu tür uyduların yörüngede bulunmasının Dünya’daki insanlar ve mülkler açısından önemli tehditler taşıdığını, çevresel risklerin yüksekliğine dikkat çekerek, nükleer kaynakların uzayda kullanımına mümkün olduğunca sınırlı yaklaşılması gerektiğini vurgulamaktadır.²⁴

1992 tarihli Temel İlkeler’in 1. maddesi, bu ilkelerin yalnızca taraf devletleri değil, genel anlamda uzayda nükleer güç kaynağı kullanan tüm devletleri bağlayıcı olduğunu ifade etmektedir. 3. maddeye göre, nükleer enerji kaynaklarının kullanımı, nükleer güç olmaksızın yürütülmesi mümkün olmayan veya makul ölçüde gerçekleştirilemeyen görevlerle sınırlandırılmalıdır.²⁵ Böylece nükleer teknolojinin yalnızca zorunlu hâllerde devreye sokulması, çevre ve insan sağlığı bakımından ihtiyatlı bir yaklaşımın benimsendiğini göstermektedir. 4. madde ise, devletlerin nükleer güç kaynaklarının kullanımı öncesinde uluslararası hukukun öngördüğü “özen yükümlülüğü”ne uygun hareket etmeleri, kapsamlı güvenlik değerlendirmeleri yapmaları ve bu değerlendirmeyi fırlatan devletin sorumluluğu altında yerine getirmeleri gerektiğini belirtmektedir. Bu bağlamda, 1976 tarihli Tescil Sözleşmesi uyarınca tescil devletin belirlenmesi aynı zamanda sorumluluğun belirlenmesinde elzemdir.

22 Steven A. Mirmina ve David J. Den Herder, “Nuclear Power Sources and Future Space Exploration”, *Chicago Journal of International Law*, 6:1, 2005, s. 159.

23 Durgambini Patel, Priyanka M. Jawale, “Nuclear On-Board: Prospects and Challenges of Outer Space Exploration with Nuclear Power Sources”, *Indian Journal of Law and Justice*, 12:1, 2021, s. 26.; H. Ph. Diederiks-Verschoor, *An Introduction to Space Law*, Kluwer Law International, 2008, s. 102.; A. Gorbien, “Some Comments on the Proposal Concerning the Elaboration of New Legal Norms Governing Nuclear Power Sources Use in Outer Space”, *Proceedings of the 22nd Colloquium on the Law of Outer Space*, Münih, 1979, ss. 131–139.

24 P. P. C. Haanappel, “Nuclear Power Sources in Outer Space”, *Proceedings of the 27th Colloquium on the Law of Outer Space*, ss. 215–217.; Diederiks-Verschoor, *An Introduction to Space Law*, s. 102.

25 1992 tarihli Temel İlkelerinin 3. ilkesinde gezegenler arası görevlerde, yüksek yörüngede bulunan uzay araçlarında kullanılması vurgulanarak sınırlandırılması gerektiği ayrıca ifade edilmiştir.

Bunun yanında radyoaktif madde taşıyan bir uzay aracının atmosfere yeniden girişi söz konusu olduğunda BM Genel Sekreteri'nin zamanında bilgilendirilmesi yükümlülüğünü getirmektedir. Bu bildirim yükümlülüğü, olası bir kaza durumunda diğer devletlerin koruyucu önlemler almasını ve sivil nüfus ile çevrenin zarar görmesinin asgari düzeye indirilmesini amaçlamaktadır. 6. ve 7. maddeler ise devletler arasında bilgi paylaşımı, danışma ve karşılıklı yardımı öngörerek, nükleer güç kaynaklarından kaynaklanabilecek risklere karşı uluslararası iş birliği mekanizmasının güçlendirilmesini hedeflemektedir. Gorbien'in bilgi paylaşımı ve iş birliği vurgusu da bu ilkelerle paralellik göstermektedir.

Sonuç itibarıyla, Temel İlkeler tüm devletleri bağlayan ve uygulamada teamül hukuku niteliği kazandığı kabul edilen bir çerçeve sunmaktadır. Nükleer enerji kaynaklarının yalnızca belirli ve zorunlu görevlerle sınırlandırılması, fırlatan devletin güvenlik değerlendirmesi yapma yükümlülüğü, yeniden giriş aşamasında BM'nin bilgilendirilmesi ve iş birliklerinin geliştirilmesi gerekliliğinin vurgulanması, bu çerçevenin temel sütunlarını oluşturmaktadır. Böylece uzayda nükleer enerji kullanımı, teknik bir tercih olmaktan çıkarak, uluslararası hukukun özen yükümlülüğü, çevre koruma ve insanlığın ortak çıkarlarının korunması ile doğrudan bağlantılı bir sorumluluk alanına dönüşmektedir.

2.3. 27 Ekim 1986 Tarihli Nükleer Kazanın Erken Bildirilmesi Sözleşmesi ve Uluslararası Çevre Hukuku Açısından Değerlendirilmesi

Uzayda nükleer enerji kaynağı kullanılan görevlerde ortaya çıkabilecek risklerin uluslararası boyutu dikkate alındığında, 27 Ekim 1986 tarihli Nükleer Kazanın Erken Bildirimi Hakkında Sözleşme,²⁶ uzay faaliyetleri bakımından da özel bir önem taşımaktadır.²⁷ Sözleşme, esasen nükleer tesislerde meydana gelen kazalara yönelik hazırlanmış olsa da içerdiği bildirim yükümlülüğü ve erken uyarı mekanizması, uzayda meydana gelebilecek nükleer kaynaklı kazaların yönetimi açısından da tamamlayıcı bir rol oynamaktadır.²⁸ Nükleer enerji kaynağı taşıyan bir uzay aracında meydana gelecek kontrol kaybı, parçalanma ya da atmosferik yeniden giriş sırasında radyoaktif yayılma ihtimali, sözleşmenin öngördüğü erken bildirim sisteminin uzay hukuku ile kesiştiği temel noktayı oluşturmaktadır.

Devletler, nükleer enerji kaynaklarının kullanıldığı bir uzay görevi sırasında ortaya çıkabilecek ve dünya biyosferine yayılma riski taşıyan her türlü olası kazayı önlemekle yükümlüdür. Olası bir kazanın ardından çevreye ve insan sağlığına verilebilecek zararların azaltılması, erken bildirim yükümlülüğü sayesinde mümkün olabilmektedir. Bu nedenle sözleşme, nükleer enerji taşıyan uzay araçlarının beklenmedik bir durumda atmosfere yeniden giriş yapması ihtimalinde, diğer devletlerin önleyici tedbir almasını sağlayacak bir hukuki araç niteliği taşımaktadır.

Uluslararası çevre hukukunun temel ilkeleri bakımından değerlendirildiğinde, devletlerin kendi yetki alanları dışında yer alan bölgelerde bile çevresel zarar doğurmaktan

26 Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı, *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident*, 27 Ekim 1986, <https://www.iaea.org/sites/default/files/infocirc335.pdf>, erişim 15.04.2025.

27 27 Ekim 1986 tarihli Nükleer Kazanın Erken Bildirilmesi Sözleşmesi, Çernobil Nükleer Felaketi'nin ardından Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) nezdinde kabul edilerek, sınır ötesi etkiler doğuran nükleer kazaların meydana gelmesi durumunda derhal bilgi paylaşımını zorunlu kılan ilk bağlayıcı uluslararası belge olmuştur. Bu sözleşme, hem uluslararası hukukun devletlerin karşılıklı bildirim yükümlülüğüne ilişkin temel prensiplerini pekiştirmiş hem de çevre hukukunun önleme ve ihtiyat ilkelerine işlerlik kazandırarak, çevresel zararın azaltılması yönünde önemli bir adım atmıştır. Ayrıntılı bilgi için bkz.: <https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-conventions/convention-early-notification-nuclear-accident>, erişim 15.04.2025.

28 Steven A. Mirmina, David J. Den Herder, "Nuclear Power Sources and Future Space Exploration", *Chicago Journal of International Law*, 6:1, 2005, s. 162.

kaçınma yükümlülüğünün bulunduğu ilk kez Trail Smelter uyuşmazlığında²⁹ açık biçimde vurgulanmıştır. Bu yaklaşım, egemenlik sınırlarının ötesinde dahi çevre koruma sorumluluğunun bulunduğunu teyit etmektedir. Ancak nükleer enerji kaynaklarının kullanımına ilişkin çevre hukukuna dair önceden belirlenmiş, geniş kapsamlı bir kurallar bütünü bulunmamaktadır; bu nedenle diğer çevre hukuku belgelerinden tümevarım yoluyla bir hukuki çerçeve oluşturulmaktadır.

Bu noktada 1972 Stockholm Deklarasyonu, 1972 Beşeri Çevre için Eylem Planı³⁰ ve 1992 tarihli Çevre ve Gelişim Hakkında Rio Konferansı,³¹ nükleer enerji kullanımının çevresel etkilerinin değerlendirilmesi bakımından önemli belgeler olarak görülmektedir. Stockholm Deklarasyonu’nun 21. ilkesi, devletlerin kendi yetki alanlarında çevreye zarar vermeme yükümlülüğünü düzenlerken, bunun uzay faaliyetlerini de kapsayacak şekilde geniş yorumlanabileceği açıktır. Rio Deklarasyonu’nun 15. ilkesi olan ihtiyati yaklaşım, ciddi veya geri döndürülemez zarar riski bulunan faaliyetlerde, bilimsel kesinlik aranmasa dahi önleyici tedbirlerin alınmasını emretmektedir.³²

Bu ilkeler çerçevesinde nükleer enerji kaynaklarının uzayda kullanımında çevresel etki değerlendirmesi yapılması, risklerin belirlenmesi ve önleyici teknik/hukuki tedbirlerin alınması hem uluslararası çevre hukukunun hem de uluslararası uzay hukukunun ortak sorumluluk alanı olarak görülmelidir.³³ Bu yaklaşım, *tüm insanlığın ortak mirası* kavramı³⁴ ile de uyumlu olup uzay çevresi ve Dünya biyosferi birbirinden kopuk değil; bütünsel bir ekosistemin parçalarıdır ve devletlerin her iki alanı da koruma yükümlülüğü bulunmaktadır.

2.4. 1972 Deniz Tabanı Silah Kontrol Anlaşması ve Çift Kullanım (Dual-Use) Riskinin Değerlendirilmesi

Nükleer teknolojilerin çift kullanım (*dual-use*) niteliği, uzayda nükleer enerji kaynaklarının kullanımında hem teknik hem de hukuki açıdan en önemli sorun alanlarından birini oluşturmaktadır. Çift kullanım riski, aynı teknolojinin hem sivil hem askerî amaçlarla kullanılabilmesi anlamına gelir. Sivil alanlarda enerji üretimi, tıbbi izotop kullanımı ve uzay araştırmaları için geliştirilen teknolojilerin, nükleer silah programlarına aktarılabilme

29 Trail Smelter Arbitration (United States v. Canada), “ABD–Kanada Uluslararası Hakemliği”, https://legal.un.org/riaa/cases/vol_iii/1905-1982.pdf, erişim 13.04.2025.; Devletlerin kontrolü ve egemenliği dışında bulunan ve insanlığın ortak mirası olarak atlandırılan bölgelerin çevresel zararlara karşı korunması gerekliliği ilk olarak ABD ve Kanada arasında gerçekleşen Trail Smelter Davası’nda yer almıştır. Bu açıdan dava uluslararası hukuk açısından oldukça önemlidir.

30 Birleşmiş Milletler, *Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment (Stockholm Declaration)*, 5–16 Haziran 1972, <https://docs.un.org/en/A/CONF.48/14/Rev.1>, erişim 13.04.2025.

31 Birleşmiş Milletler, *Rio Declaration on Environment and Development*, 3–14 Haziran 1992, https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_CONF.151_26_Vol.I_Declaration.pdf, erişim 13.04.2025.

32 Lotta Viikari, *The Environmental Element in Space Law: Assessing the Present and Charting the Future*, Brill Publishing, 2008, s. 128.

33 İnan Şimşek, Aybuke Atvur ve Senem Atvur, “21. Yüzyılda Uluslararası Uzay Rejiminin İnsanlığın Ortak Mirası Temelinde Yeniden İnşası”, *Alternatif Politika*, 13:3, 2021, ss. 593–628.

34 Birleşmiş Milletler, *Declaration of Legal Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space*, BM Genel Kurulu Kararı No. 1662 (XVIII), 13 Aralık 1963, <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/principles/legal-principles.html>, erişim 15.04.2025.; 1. ilkede doğrudan uzayın insanlığın ortak yararına kullanılması gerektiği ifade edilirken 1979 tarihli Devletlerin Ay ve Diğer Gök Cisimleri Üzerindeki Faaliyetlerini Düzenleyen Anlaşması’nın 11. maddesine de ışık tutmuştur. Birleşmiş Milletler, *Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies*, BM Genel Kurulu Kararı No. 34/68, 5 Aralık 1979, https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_34_68E.pdf, erişim 16.04.2025.; Bu çerçevede insanlığın ortak mirası ilkesine uygun olarak yürütülmesi gereken uzay faaliyetlerinde nükleer enerji kullanımının da bu ilkeye uygun bir şekilde yürütülmesi gerektiği kanaatindeyim.

potansiyeli, uluslararası toplum açısından istikrarlı bir güvenlik rejimi kurulmasını zorlaştırmaktadır.³⁵

Bu nedenle uluslararası hukuk, nükleer teknolojinin askerî amaçlarla kullanılmasını sınırlamak için çeşitli araçlar geliştirmiştir. 1968 Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Antlaşması (NPT),³⁶ devletlere barışçıl nükleer teknoloji kullanım hakkını tanımakla birlikte, nükleer silahların yayılmasını önlemeyi temel hedef olarak belirlemiştir.³⁷ Aynı doğrultuda 1972 tarihli Deniz Tabanı Silah Kontrol Antlaşması,³⁸ karasuları dışında kalan deniz yatakları ve okyanus tabanına silahların yerleştirilmesini kesin biçimde yasaklamıştır. Böylece uluslararası toplum, nükleer teknolojinin kullanılabileceği jeostratejik alanlardan birini daha denetim altına almıştır.

Nükleer teknolojinin askerî alanlara kaymasını önlemeye yönelik bu düzenlemeler, uzay faaliyetleri için de önemli bir emsal teşkil etmektedir. Zenginleştirme, yeniden işleme ve reaktör geliştirme gibi teknolojilerin barışçıl görünürken askerî kapasite yaratabilmesi, uzayda nükleer enerji kullanımına ilişkin düzenlemelerin neden sıkı bir güvenlik denetimi gerektirdiğini açıkça göstermektedir. Birleşik Krallık'ın “Civil Nuclear: Roadmap to 2050” isimli belgesinde³⁹ sivil ve askerî nükleer teknolojilerin karşılıklı etkileşimi açıkça vurgulanmış olması da bu ilişkinin günümüzde ne kadar belirgin olduğunu ortaya koymaktadır.

Dolayısıyla çift kullanım riski, yalnızca teknik değil; aynı zamanda hukuki, politik ve güvenlik boyutları olan bir meseledir. NPT, Deniz Tabanı Antlaşması ve IAEA denetim mekanizmaları birlikte değerlendirildiğinde; uluslararası toplumun nükleer enerjiyi hem barışçıl kullanım açısından teşvik etmeye hem de askerî amaçlarla kullanılmasını sınırlandırmaya çalışan bir denge kurmaya çalıştığı görülmektedir. Bu dengeyi korumak, uzayda nükleer enerji kullanımı bakımından da kritik önemdedir.

2.5. Birleşmiş Milletler Genel Kurulu Kararları Açısından Uzayda Nükleer Enerji Kullanımı

1967 Dış Uzay Antlaşması ve 1992 Temel İlkeler'in yanı sıra, BMGK tarafından kabul edilen çeşitli kararlar da nükleer güç kaynaklarının kullanımına ilişkin önemli hükümler içermektedir. Bu kararların ortak noktası, nükleer güç kaynaklarının kullanımında çevresel

35 James M. Acton, “Chapter 1: On the Regulation of Dual-Use Nuclear Technology”, Elisa D. Harris (ed.), *Governance of Dual-Use Technologies: Theory and Practice*, Cambridge, Mass.: American Academy of Arts & Sciences, 2016, <https://www.amacad.org/publication/governance-dual-use-technologies-theory-and-practice/section/4>, erişim 19.08.2025.

36 Birleşmiş Milletler Silahsızlanma İşleri Ofisi, *Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT)*, UNODA, 1968, <https://disarmament.unoda.org/wmd/nuclear/npt/>, erişim 19.08.2025.; 1968 tarihli Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesi Antlaşması için bkz.: <https://disarmament.unoda.org/wmd/nuclear/npt/>, erişim 19.08.2025.

37 Ministry of Foreign Affairs of Japan, “Diplomatic Bluebook 2019”, Tokyo: MOFA, 2019, <https://www.mofa.go.jp/policy/other/bluebook/2019/html/chapter3/c030104.html>, erişim 19.08.2025.

38 Birleşmiş Milletler, *Treaty on the Prohibition of the Emplacement of Nuclear Weapons and Other Weapons of Mass Destruction on the Seabed and the Ocean Floor and in the Subsoil Thereof*, 11 Şubat 1971, 18 Mayıs 1972, https://treaties.unoda.org/t/sea_bed, erişim 19.08.2025.; İlgili antlaşma 18 Mayıs 1972 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

39 Department for Energy Security and Net Zero (DESNZ), *Civil Nuclear: Roadmap to 2050*, Birleşik Krallık Hükümeti, 11 Ocak 2024, https://assets.publishing.service.gov.uk/media/65c0e7cac43191000d1a457d/6.8610_DESNZ_Civil_Nuclear_Roadmap_report_Final_Web.pdf, erişim 19.08.2025.; Birleşik Krallık hükümeti tarafından yayımlanan “Civil Nuclear: Roadmap to 2050” belgesi, ülkenin uzun vadeli nükleer enerji stratejisini ortaya koyarken aynı zamanda nükleer teknolojinin dual-use niteliğine de dolaylı biçimde işaret etmektedir. Belgede, sivil nükleer altyapının geliştirilmesi ile ulusal güvenlik arasındaki yakın bağ vurgulanmakta; nükleer teknolojinin yalnızca enerji üretimi değil, aynı zamanda askerî denizaltı programları ve stratejik güvenlik kapasiteleri için de kritik rol oynadığı belirtilmektedir. Bu durum, sivil ve askerî nükleer programların birbirini destekleyen bir yapı içinde yürütüldüğünü ve teknolojik yetkinliklerin iki alanda da ortak bir temele dayandığını göstermektedir.

risklerin azaltılması, güvenlik önlemlerinin geliştirilmesi ve uluslararası iş birliğinin güçlendirilmesi gerekliliğinin sürekli vurgulanmasıdır.

1997 tarihli UNGA/A/AC.105/C.1/L.208 sayılı belge,⁴⁰ nükleer enerji kaynaklarının uzay görevlerinde kullanımına ilişkin tarihsel olayları ve karşılaşılan riskleri değerlendirmiş; özellikle Cosmos uydularının neden olduğu kazalar üzerinden güvenlik önlemlerinin geliştirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Cosmos 954'ün Kanada topraklarına düşerek radyoaktif madde yayması ve Sovyetler Birliği'nin tazminat ödemek zorunda kalması, uluslararası sorumluluk hukukunun bu alandaki önemini net biçimde ortaya koymuştur.⁴¹ Bu olaydan sonra nükleer güç kaynaklarının kontrolsüz şekilde atmosfere yeniden girişinin yaratabileceği küresel sonuçlar, BM tarafından özel olarak ele alınmıştır.

2019 tarihli A/AC.105/C.1/2019/CRP.10 sayılı belge,⁴² Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) nükleer güç kaynaklarının kullanımına ilişkin iç güvenlik politikasını tanıtarak, hukuki ve kurumsal sorumlulukların örgütsel düzeyde nasıl uygulandığını göstermektedir. ESA, BM'nin Güvenlik Çerçevesi ile paralel bir iç politika benimseyerek;⁴³ görev onay süreçlerini, risk değerlendirmelerini ve acil durum mekanizmalarını kurumsal yapısına entegre etmiştir. Bu politika, ESA'nın yasal ve kurumsal sorumluluk alanı içinde yürütülen program ve faaliyetlerde geçerli olup, sadece ESA personeli bağlayan bir hüküm ifade etmektedir. ESA her ne kadar bir devlet kurumu değil, uluslararası bir örgüt olsa da BM tarafından kabul edilen "Uzayda Nükleer Güç Kaynaklarının Kullanımına İlişkin Güvenlik Çerçevesi" ile Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'nın 2007 tarihli Terimler Sözlüğünde⁴⁴ yer alan esaslara atfı yaparak, devletlere yöneltilmiş yükümlülükleri kurumsal işleyişine uyarlama çabasıdır. Bu kapsamda ESA, özellikle devletlere yönelik olarak belirtilen uzay görevlerinde nükleer güvenlik politikasının oluşturulması, uygulama gerekçesinin doğrulanması, görev onay süreçlerinin oluşturulması ve olası acil durumlara hazırlık yapılması gibi hususları, kurum içi işleyişe adapte etmeye çalışmaktadır.

ESA'nın iç güvenlik politikasına göre, nükleer güç kaynağı kullanılacak uzay görevlerinin gerçekleştirilmesi üç aşamalı bir iç yetkilendirme sürecine tabidir. İlk aşamada ESA Üye Devletlerinin uygun görüşünün alınması, ikinci aşamada Genel Direktör tarafından misyonun uygulanmasına izin verilmesi ve son aşamada ESA'nın fırlatma ve operasyon iznini vermesi gerekmektedir. Ancak dikkat çekici biçimde, uzay aracının fırlatılacağı ülkenin hükümeti tarafından yapılacak nükleer güvenlik değerlendirmeleri ve izin süreçleri bu politikanın kapsamı dışında bırakılmıştır. Diğer bir deyişle, ESA yalnızca kendi iç yapısı içerisinde bir onay mekanizması işletmekte, ancak fırlatma devleti tarafından yürütülecek yasal ve idari işlemleri düzenlememektedir.

40 Birleşmiş Milletler Genel Kurulu (UNGA), *Use of Nuclear Power Sources in Outer Space*, Belge No. A/AC.105/C.1/L.208, 13 Şubat 1997, https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/1997/aac_105c_11/aac_105c_11_208_0_html/AC105_C1_L208E.pdf, erişim 10.04.2025.; Birleşmiş Milletler, *Working Group on the Use of Nuclear Power Sources in Outer Space*, COPUOS Bilimsel ve Teknik Alt Komitesi, <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/stsc/index.html>, erişim 19.08.2025.

41 Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), "Space Law and Debris", https://www.jaxa.jp/library/space_law/chapter_3/3-2-2-1_e.htm, erişim 10.04.2025.

42 Birleşmiş Milletler Genel Kurulu (UNGA), *Use of Nuclear Power Sources in Outer Space*, Belge No. A/AC.105/C.1/2019/CRP.10, 08 Şubat 2019, https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2019/aac_105c_12019crp/aac_105c_12019crp_10_0_html/AC105_C1_2019_CRP10E.pdf, erişim 16.04.2025.

43 K. M. Wright, "Safety for European Space Agency Space Programmes", F. Redmill ve T. Anderson (ed.), *Directions in Safety-Critical Systems*, Springer, London, 1993, ss. 17-35.; Patricia Birnie, Alan Boyle ve Catherine Redgwell, *International Law and the Environment*, 3. Baskı, Oxford University Press, Oxford, 2009, ss. 128-137.

44 Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA), "IAEA Glossary: Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection", 2007 Basımı, 2018 Yayımı, https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1830_web.pdf, erişim 15.04.2025.

Politika, yalnızca izin süreçlerine değil, aynı zamanda görev boyunca nükleer güvenliğin sağlanmasına yönelik teknik gerekçelere de yer vermektedir. Bu bağlamda, radyasyon risklerinin mümkün olan en düşük seviyeye indirilmesi, görev döngüsünün tüm safhalarına nükleer güvenliğin entegre edilmesi, olası kazalara karşı zararın sınırlandırılması ve ulusal ve uluslararası düzenlemelere uyum politikada detaylandırılmıştır. Söz konusu uygulama gerekleri, politikanın eklerinde ayrıntılı biçimde yer almaktadır.

2021 tarihli A/AC.105/C.1/L.386 sayılı taslak raporda,⁴⁵ 1992 Temel İlkeler ile 2009 IAEA Güvenlik Çerçevesi arasında tutarlı bir uygulamanın sağlanması gerektiği vurgulanmıştır. Buna göre, nükleer güç kaynaklarının yalnızca teknik gereklilik hâlinde kullanılması, güvenlik değerlendirmelerinin güncel bilgiler ışığında yapılması ve uluslararası iş birliğinin güçlendirilmesi gerekmektedir.

2023 tarihli A/AC.105/C.1/L.406/Add.2 sayılı belge,⁴⁶ 1992 tarihli Temel İlkeleri'nin konsensüsle kabul edilmiş olmasının, bunların uluslararası teamül hukuku niteliği taşıdığı yönündeki görüşü güçlendirdiğini belirtmiştir. Aynı şekilde, 2009 tarihli Güvenlik Çerçevesinin düzenli olarak uygulanması ve geliştirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Komite ayrıca, nükleer güç kaynaklarının kullanımında barışçıl amaçların korunması, çevreye zarar verilmemesi ve insan sağlığı açısından meydana getirebileceği risklerin azaltılması gerektiğini vurgulamıştır.

Son olarak, 06 Şubat 2024 tarihli A/AC.105/C.1/L.411/Add.10 sayılı karar,⁴⁷ 2024–2028 dönemine ilişkin beş yıllık çalışma planını kabul etmiştir. Bu plan üç temel hedefe dayanmaktadır:

1. 2009 IAEA Güvenlik Çerçevesinin uygulanmasını teşvik etmek,
2. Teknik analizler ve geçmiş görevlerden elde edilen verilerle nükleer güvenliği geliştirmek,
3. Bu analizler doğrultusunda somut uygulama adımları belirlemek.

Komite ayrıca, geçmiş ve mevcut uzay görevlerine ilişkin bilgi paylaşımının artırılmasını ve nükleer güç kaynaklarının kullanımında güvenlik politikalarının geliştirilmesini gerekli görmüştür.

Tüm bu kararlar, nükleer enerji kaynaklarının uzayda kullanımının yalnızca teknik bir tercih olmadığı; aksine güvenlik, çevre koruma, insan sağlığı ve uluslararası iş birliği boyutları olan çok katmanlı bir sorumluluk alanı olduğunu kanıtlamaktadır. Bu sebeple, uzayda nükleer enerji kullanımının milletlerarası barış ve güvenlik ilkesi ile uyumlu, çevresel açıdan sürdürülebilir ve tüm devletlerin eşit erişimini gözetten bir anlayışla yürütülmesi gerekmektedir.

45 Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, "Draft Report", Belge No. A/AC.105/C.1/L.386, 22 Nisan 2021, https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/aac_105c_11/aac_105c_11_386_0_html/AC105_C1_L386E.pdf, erişim 15.04.2025.

46 Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, "Draft Decision", Belge No. A/AC.105/C.1/L.406/Add.2, 10 Şubat 2023, https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2023/aac_105c_11/aac_105c_11_406add_2_0_html/AC105_C1_L406Add02E.pdf, erişim 15.04.2025.

47 Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, "Draft Decision", Belge No. A/AC.105/C.1/L.411/Add.10, 06 Şubat 2024, https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2024/aac_105c_11/aac_105c_11_411add_10_0_html/AC105_C1_L411Add10E.pdf, erişim 14.04.2025.

Sonuç

Bu çalışma, nükleer enerji kaynaklarının uzay faaliyetlerindeki rolünü yalnızca teknik bir unsur olarak değil, aynı zamanda kapsamlı hukuki ve yönetsel sonuçlar doğuran çok boyutlu bir mesele olarak ele almıştır. Uygulanan doküman analizi yöntemi sayesinde hem tarihsel misyonlar hem de devlet uygulamaları ayrıntılı biçimde incelenmiş; bu inceleme çalışmanın temel hipotezini destekler nitelikte bulgular ortaya çıkarmıştır. Araştırmanın hipotezi, nükleer güç kaynaklarının uzun süreli ve derin uzay görevlerinde teknik bir zorunluluk olduğunu; ancak bu zorunluluğun devlet sorumluluğu, çevresel koruma ve şeffaflık gerekleriyle sıkı şekilde ilişkilendirildiğinde sürdürülebilir bir çerçeve oluşturabileceğini öne sürmekteydi. Elde edilen bulgular, bu varsayımın hem teknik hem hukuki düzeyde doğrulandığını göstermektedir.

Tarihsel misyonların analizinde görüldüğü üzere, nükleer güç sistemlerinin sağladığı yüksek enerji yoğunluğu, uzun ömürlülük ve çevresel koşullara karşı dayanıklılık, özellikle güneş ışığının yetersiz olduğu veya enerji ihtiyacının sürekli yüksek olduğu görevlerde vazgeçilmezdir. Güneş paneli, batarya veya kimyasal enerji sistemleri gibi alternatif teknolojilerin mevcut fiziki sınırları, nükleer gücün belirli operasyonel senaryolarda teknik olarak ikame edilemeyeceğini ortaya koymaktadır. Bu durum, nükleer enerji kullanımına karşı geliştirilen mutlak ret yaklaşımlarını zayıflatmakta; daha gerçekçi ve risk-temelli bir değerlendirmeyi zorunlu kılmaktadır.

Öte yandan, çalışma boyunca incelenen uluslararası ve ulusal uygulamalar, nükleer enerji kullanımının teknik gerekliliklerle sınırlı olmadığını, beraberinde kapsamlı hukuki yükümlülükler getirdiğini açıkça göstermiştir. Bulgular, devletlerin yalnızca nükleer sistemleri güvenli şekilde tasarlama ve işletme sorumluluğuna sahip olmadığını; aynı zamanda diğer devletleri bilgilendirme, riskleri önceden değerlendirme, çevresel etkileri azaltma, yeniden giriş senaryolarını kontrol altına alma ve şeffaflık ilkesine uygun davranma gibi çok yönlü yükümlülükler taşıdığını ortaya koymuştur. Bu yükümlülükler, nükleer enerjinin uzayda kullanımının yalnızca teknik bir konu değil, aynı zamanda uluslararası toplumun ortak güvenliğini ilgilendiren bir alan olduğunu göstermektedir.

Çalışmanın bulguları ayrıca, nükleer bir kazanın etkilerinin sınır aşan nitelik taşıması nedeniyle tek taraflı güvenlik önlemlerinin yetersiz kalacağını, dolayısıyla uluslararası iş birliği mekanizmalarının güçlendirilmesinin zorunlu olduğunu göstermektedir. Bilgi paylaşımı, erken bildirim, ortak güvenlik standartları, bilimsel veri alışverişi ve kararlı diplomatik koordinasyon, gelecekteki görevler için risklerin azaltılmasında temel araçlar olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, nükleer enerji kullanımının yalnızca ulusal kapasiteye bırakılamayacak kadar kritik bir konu olduğunu; sürdürülebilirliğin ancak devletlerin kolektif yaklaşım benimsemeleriyle sağlanabileceğini göstermektedir.

Ayrıca uzayın insanlığın ortak mirası olarak kabul edilmesi, nükleer güç kaynaklarının doğurabileceği her türlü zararın yalnızca bir devleti değil, uluslararası toplumun tamamını ilgilendirdiği anlamına gelmektedir. Uzay çevresinin korunması, yalnızca aktif misyonlardaki güvenlik tedbirleriyle değil, aynı zamanda uzun vadeli çevresel yönetim ve bilimsel temelli yeni enerji alternatiflerinin geliştirilmesiyle mümkündür. Özellikle düşük radyoaktif etki potansiyeline sahip yeni nesil güç sistemleri ve füzyon temelli çözümler, gelecekte nükleer enerji bağımlılığını azaltacak önemli araştırma alanları olarak görülmektedir.

Sonuç olarak bu çalışma, nükleer enerji kullanımının uzay araştırmalarındaki yerinin teknik gereklilikler, hukuki sorumluluklar ve güvenlik standartları bakımından çok boyutlu bir çerçevede değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Araştırmanın

hipotezi doğrulanmış; teknik zorunluluklar ile hukuki yükümlülüklerin kesiştiği bir alan olarak nükleer enerji kullanımının mutlak bir yasak ile değil, rasyonel bir yönetim modeliyle sürdürülebilir kılınabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Nükleer enerjinin uzayda kullanımının geleceği, yalnızca mevcut teknolojinin sağladığı avantajlara değil, aynı zamanda devletlerin risk yönetim kapasitesine, uluslararası iş birliği iradesine ve şeffaflık ilkelerine bağlı olacaktır. Bu nedenle nükleer enerji, ancak bilimsel bilgiye dayalı, hukuki çerçevesi net biçimde tanımlanmış ve uluslararası koordinasyonla desteklenen bir yaklaşım benimsendiğinde hem uzay çevresinin korunması hem de insanlığın uzun vadeli güvenliği bakımından kabul edilebilir bir araç hâline gelebilecektir.

Çıkar Çatışması

Araştırmamızın yazarının herhangi bir çıkar çatışması beyanı bulunmamaktadır.

Yapay Zeka Kullanımı Bildirimi

Çalışmada herhangi bir şekilde yapay zeka uygulamalarından yararlanılmamıştır.

KAYNAKÇA

Basılı Eserler

- ACTON James M. (2016). “Chapter 1: On the Regulation of Dual-Use Nuclear Technology”, Elisa D. Harris (ed.), *Governance of Dual-Use Technologies: Theory and Practice*, Cambridge, Mass.: American Academy of Arts & Sciences, 8-59.
- AFTERGOOD Steven, HAFEMEISTER David W., PRILUTSKY Oleg F., PRIMACK Joel R. ve RODIONOV Stanislav N. (1991). “Nuclear Power in Space”, *Scientific American*, 265:6, 42-49.
- ASAMOAH Obed. Y. (1966). “Declaration of Legal Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space”, *The Legal Significance of the Declarations of the General Assembly of the United Nations*, Springer, Dordrecht, 129-160.
- BAKER Adam M., FREE John H. ve PRIEBE Stephen H. (2002). *Future Power Systems for Space Exploration*, ESA Report 14565/NL/WK, *QinetiQ*, Şubat.
- BIRNIE Patricia, BOYLE Alan ve REDGWELL Catherine (2009). *International Law and the Environment* (3. Baskı), Oxford University Press, Oxford.
- DABROWSKI Richard (2013). “U.S.–Russian Cooperation in Science and Technology: A Case Study of the TOPAZ Space-Based Nuclear Reactor International Program”, *Connections: The Quarterly Journal*, 13:1, 71-87.
- DENK Erdem (2020). “Bir Kitle İmha Silahı Olarak Nükleer Silahların Yasaklanmasına Yönelik Çabalar”, *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 66:3, 93-136.
- DIEDERIKS-VERSCHOOR H. Ph. (2008). *An Introduction to Space Law*, Kluwer Law International, Lahey.
- GALLOWAY Eilene (1979). “Consensus Decision-Making by the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space”, *Journal of Space Law*, 7:1, 3-15.
- GORBIEL Andrzej (1979). “Some Comments on the Proposal Concerning the Elaboration of New Legal Norms Governing Nuclear Power Sources Use in Outer Space”, *Proceedings of the 22nd Colloquium on the Law of Outer Space*, Münih, 131-139.
- HAANAPPEL P.P.C. (1984). “Nuclear Power Sources in Outer Space”, *Proceedings of the 27th Colloquium on the Law of Outer Space*, 215-217.
- KERREST Armel (2003). “The Liability Convention and Liability for Space Activities”, *United Nations / International Institute of Air and Space Law Workshop: Papers on Capacity Building in Space Law*, Birleşmiş Milletler, 25-30.

- MIRMINA Steven A. ve DEN HERDER David J. (2005). “Nuclear Power Sources and Future Space Exploration”, *Chicago Journal of International Law*, 6:1, 149-175.
- PATEL Durgambini ve JAWALE Priyanka M. (2021). “Nuclear On-Board: Prospects and Challenges of Outer Space Exploration with Nuclear Power Sources”, *Indian Journal of Law and Justice*, 12:1, 11-38.
- SUMMERER Leopold, STAPELMANN Armin (2007). “ESA’s Approach to Nuclear Power Sources for Space Applications”, *ICAPP 2007 – International Congress on Advances in Nuclear Power Plants: The Nuclear Renaissance at Work*, Fukui ve Kyoto, Japonya.
- SUMMERER Leopold, WILCOX Trevor, BECHTEL Robert ve HARBISON Stephen (2015). “The International Safety Framework for Nuclear Power Source Applications in Outer Space – Useful and Substantial Guidance”, *Acta Astronautica*, 111, 89-101.
- ŞİMŞEK Aybüke İnan ve ATVUR Senem (2021). “21. Yüzyılda Uluslararası Uzay Rejiminin İnsanlığın Ortak Mirası Temelinde Yeniden İnşası”, *Alternatif Politika*, 13:3, 593-628.
- VIIKARI Lotta (2008). *The Environmental Element in Space Law: Assessing the Present and Charting the Future*, Brill, Leiden.
- WRIGHT K. M. (1993). “Safety for European Space Agency Space Programmes”, F. Redmill ve T. Anderson (eds.), *Directions in Safety-Critical Systems*, Springer, Londra, 17-35.

İnternet Kaynakları

- Birleşmiş Milletler (1963). *Declaration of Legal Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space*, BM Genel Kurulu Kararı 1962 (XVIII), <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/principles/legal-principles.html>, erişim 15.04.2025.
- Birleşmiş Milletler (1967). *Treaty on Principles Governing the Activities of States in the Exploration and Use of Outer Space, Including the Moon and Other Celestial Bodies*, UNGA Res. 2222 (XXI), [https://docs.un.org/en/A/RES/2222\(XI\)](https://docs.un.org/en/A/RES/2222(XI)), erişim 14.04.2025.
- Birleşmiş Milletler (1972). *Convention on International Liability for Damage Caused by Space Objects*, UNGA Res. 2777 (XXVI), [https://docs.un.org/en/A/RES/2777%20\(XXVI\)](https://docs.un.org/en/A/RES/2777%20(XXVI)), erişim 14.04.2025.
- Birleşmiş Milletler (1972). *Declaration of the United Nations Conference on the Human Environment (Stockholm Declaration)*, <https://docs.un.org/en/A/CONF.48/14/Rev.1>, erişim 13.04.2025.
- Birleşmiş Milletler (1976). *Convention on Registration of Objects Launched into Outer Space*, UNGA Res. 3235 (XXIX), [https://docs.un.org/en/A/RES/3235%20\(XXIX\)](https://docs.un.org/en/A/RES/3235%20(XXIX)), erişim 14.04.2025.
- Birleşmiş Milletler (1979). *Agreement Governing the Activities of States on the Moon and Other Celestial Bodies*, BM Genel Kurulu Kararı 34/68, https://www.unoosa.org/pdf/gares/ARES_34_68E.pdf, erişim 16.04.2025.
- Birleşmiş Milletler (1991). *Protocol on Environmental Protection to the Antarctic Treaty (Madrid Protocol)*, <https://ncpor.res.in/antarcticas/display/411-madrid-protocol>, erişim 13.04.2025.
- Birleşmiş Milletler (1992). *Principles Relevant to the Use of Nuclear Power Sources in Outer Space*, UNGA Res. 47/68, <https://docs.un.org/en/A/RES/47/68>, erişim 14.04.2025.
- Birleşmiş Milletler (1992). *Rio Declaration on Environment and Development*, https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_CONF.151_26_Vol.I_Declaration.pdf, erişim 13.04.2025.
- Birleşik Krallık Enerji Güvenliği ve Net Sıfır Departmanı (2024). *Civil Nuclear: Roadmap to 2025*, https://assets.publishing.service.gov.uk/media/65c0e7cac43191000d1a457d/6.8610_DESNZ_Civil_Nuclear_Roadmap_report_Final_Web.pdf, erişim 19.08.2025.
- Birleşmiş Milletler Genel Kurulu (1997). *Working Paper, A/AC.105/C.1/L.208*, UNGA, https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/1997/aac_105c_11/aac_105c_11_208_0_html/AC105_C1_L208E.pdf, erişim 10.04.2025.
- Birleşmiş Milletler Genel Kurulu (2019). *Conference Room Paper, A/AC.105/C.1/2019/CRP.10*, UNGA, https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2019/aac_105c_12019crp/aac_105c_12019crp_10_0_html/AC105_C1_2019_CRP10E.pdf, erişim 16.04.2025.
- Birleşmiş Milletler Genel Kurulu (2021). *Draft Report, A/AC.105/C.1/L.386*, UNGA, https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/aac_105c_11/aac_105c_11_386_0_html/AC105_C1_L386E.pdf, erişim 15.04.2025.
- Birleşmiş Milletler Genel Kurulu (2023). *Decision, A/AC.105/C.1/L.406/Add.2*, UNGA, https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2023/aac_105c_11/aac_105c_11_406add_2_0_html/AC105_C1_L406Add02E.pdf, erişim 15.04.2025.

- Birleşmiş Milletler Genel Kurulu (2024). *Decision, A/AC.105/C.1/L.411/Add.10*, UNGA, https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2024/aac_105c_1l/aac_105c_1l_411add_10_0_html/AC105_C1_L411Add10E.pdf, erişim 14.04.2025.
- Birleşmiş Milletler Silahsızlanma İşleri Ofisi (1968). *Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT)*, UNODA, <https://disarmament.unoda.org/wmd/nuclear/npt/>, erişim 19.08.2025.
- Birleşmiş Milletler Silahsızlanma İşleri Ofisi (1971). *Treaty on the Prohibition of the Emplacement of Nuclear Weapons and Other Weapons of Mass Destruction on the Sea-Bed and the Ocean Floor and in the Subsoil Thereof*, UNODA, https://treaties.unoda.org/t/sea_bed, erişim 19.08.2025.
- Birleşmiş Milletler Uzay İşleri Ofisi (t.y.). “Nuclear Power Sources Working Group”, UNOOSA, <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/stsc/nps/index.html>, erişim 19.08.2025.
- Interesting Engineering. “Startups Partner for Nuclear-Powered Spacecraft”, <https://interestingengineering.com/space/startups-partner-for-nuclear-powered-spacecraft>, erişim 19.08.2025.
- Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) (t.y.). “Space Law and Debris”, https://www.jaxa.jp/library/space_law/chapter_3/3-2-2-1_e.htm, erişim 10.04.2025.
- Ministry of Foreign Affairs of Japan (2019). “Diplomatic Bluebook 2019”, Tokyo, MOFA, <https://www.mofa.go.jp/policy/other/bluebook/2019/html/chapter3/c030104.html>, erişim 19.08.2025.
- NASA (2010). “Iridium–Cosmos Collision: Post-Event Analysis”, <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20100002023/downloads/20100002023.pdf>, erişim 10.04.2025.
- NASA, “Cassini Mission”, *NASA Science*, <https://science.nasa.gov/mission/cassini/>, erişim 14.04.2025.
- NASA, “Galileo Mission”, *NASA Science*, <https://science.nasa.gov/mission/galileo/>, erişim 14.04.2025.
- NASA, “Radioisotope Power Systems – FAQ”, *NASA Science*, <https://science.nasa.gov/planetary-science/programs/radioisotope-power-systems/faq/>, erişim 20.08.2025.
- ScienceDirect, “Thermionic Power Generation”, *ScienceDirect Topics*, <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/thermionic-power-generation>, erişim 20.08.2025.
- Secure World Foundation (2012). “Iridium–Cosmos Collision Fact Sheet”, https://swfound.org/media/6575/swf_iridium_cosmos_collision_fact_sheet_updated_2012.pdf, erişim 10.04.2025.
- Stockholm Uluslararası Barış Araştırmaları Enstitüsü (1983). “Nuclear Power Sources on Satellites in Outer Space”, *SIPRI*, SIPRI Fact Sheet No. 83/1.
- Trail Smelter Arbitration (United States v. Canada) (1938–1941). “ABD–Kanada Uluslararası Hakemliği Kararı”, https://legal.un.org/riaa/cases/vol_iii/1905-1982.pdf, erişim 13.04.2025.
- Türkiye Büyük Millet Meclisi (1967). *Ay ve Diğer Gök Cisimleri Dâhil, Uzayın Keşfi ve Kullanılmasında Devletlerin Faaliyetlerini Yöneten İlkeler Hakkında Andlaşma*, Resmi Gazete No. 12655, https://www5.tbmm.gov.tr/tutanaklar/KANUNLAR_KARARLAR/kanuntbmmc050/kanuntbmmc050/kanuntbmmc05000902.pdf, erişim 13.04.2025.
- U.S. Department Of Energy (2015). “The History of Nuclear Power in Space”, <https://www.energy.gov/articles/history-nuclear-power-space>, erişim 10.06.2025.
- U.S. Department Of Energy. “System for Nuclear Auxiliary Power (SNAP) Overview”, <https://www.energy.gov/etec/system-nuclear-auxiliary-power-snap-overview>, erişim 14.04.2025.
- Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (1986). *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident*, <https://www.iaea.org/sites/default/files/infocirc335.pdf>, erişim 15.04.2025.
- Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (2009). *Safety Framework for Nuclear Power Source Applications in Outer Space*, https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105_934E.pdf, erişim 13.04.2025.
- Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (2018). “IAEA Glossary: Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection”, https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1830_web.pdf, erişim 15.04.2025.
- Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (1986). *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident – Overview*, <https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-conventions/convention-early-notification-nuclear-accident>, erişim 15.04.2025.
- United States National Archives (1963). *Treaty Banning Nuclear Weapon Tests in the Atmosphere, in Outer Space and Under Water*, <https://www.archives.gov/milestone-documents/test-ban-treaty>, erişim 14.04.2025.