

Uzay Lojistiği ve Taşımacılık

Dr. YAVUZ TORAMAN



UZAY LOJİSTİĞİ VE TAŞIMACILIK*

Dr. Yavuz TORAMAN

* Bu kitap yazarın, doktora tezi ve diğer bilimsel çalışmalarından türetilmiştir.



Uzay Lojistiği ve Taşımacılık
Dr. Yavuz TORAMAN

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan BALPETEK
Kapak Tasarımı: Yavuz TORAMAN
Sayfa Tasarımı: Duvar Design
Baskı: Şubat 2026
Yayıncı Sertifika No: 49837
ISBN: 978-625-8572-71-1

© Duvar Yayınları
853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir
Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com
duvarkitabevi@gmail.com

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	vii
-------------	-----

GİRİŞ.....	1
------------	---

BİRİNCİ BÖLÜM

LOJİSTİK TEMEL KAVRAMLAR	4
1.1. Lojistiğin Gelişimi ve Önemi	4
1.1.1. Lojistiğin Gelişimi.....	6
1.1.2. Lojistik Faaliyetler	8
1.1.2.1. Lojistik Faaliyetlerin İlkeleri.....	11
1.1.2.2. Lojistik Faaliyetlerin Faydaları	12
1.2. Uzak Lojistiği	13
1.3. Dış Kaynak Kullanımı (Outsourcing).....	17

İKİNCİ BÖLÜM

UZAY, YÖRÜNGELER VE UYDU TÜRLERİ	27
2.1. Uzak ve Yörüngeler.....	27
2.2. Uydu Türleri	30
2.2.1. Haberleşme ve İletişim Uyduları.....	31
2.2.2. Yer Gözlem Uyduları	32
2.2.3. Seyrüsefer (Navigasyon) Uyduları	33
2.2.4. İstihbarat Uyduları.....	34
2.2.5. Hava ve Meteoroloji Uyduları.....	34
2.2.6. Diğer Bilimsel Amaçlı Uydular	35
2.2.7. Küp Uydular	35

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UZAY TEKNOLOJİLERİ VE KULLANIM ALANLARI	42
3.1. Giriş.....	42
3.2. Uzak Teknolojileri Ve İş Modelleri	43
3.2.1. Lojistik.....	44
3.2.2. Tarım	45
3.2.3. Enerji ve Doğal Kaynaklar	46
Şehir Planlama ve Altyapı.....	47
3.2.4. Afet Yönetimi ve Risk Yönetimi.....	48
3.2.5. Çevre İzleme (Gözetleme).....	49
3.2.6. Uzak Turizmi.....	50

3.2.7. Uzak Bankacılığı	51
3.2.8. Uzak Reklamcılığı ve Uzayda Enerji Üretimi	53

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UZAY EKONOMİSİ	57
4.1. Giriş	57
4.2. Uzak Ekonomisi	58
4.2.1. Uzak Ekonomisi (Uzak İçi Ekonomi)	59
4.2.2. İnsanlı Uzak Uçuşu ve İniş Araçları	61
4.2.3. Kargo Taşımacılığı ve İniş Araçları	61
4.2.4. Yüzey Araçları (Ay, Mars, Asteroid vb.)	62
4.2.5. Uzak İstasyonları ve Yaşam Alanları	64
4.2.6. Yüzey Yaşam Alanları ve Yapıları	65
4.2.7. Uzayda Üretim	66
4.2.8. Uzak Kaynakları	66
4.2.9. Uzak Hizmetleri	66
4.2.10. Çeşitli Destekleyici Faaliyetler	67

BEŞİNCİ BÖLÜM

UZAY TURİZMİ	73
5.1. Uzak Turizmi	73
5.2. Uzak Turizmindeki İşletmeler ve Taşımacılığında Kullanılan Araçlar/ Roketler	75
5.2.1.1. SpaceX- Dragon ve Starship	76
5.2.1.2. Axiom Space	78
5.2.1.3. Boeing- Starliner	78
5.2.1.4. Space Adventures-Soyuz	79
5.2.1.5. Virgin Galactic- VSS Unity (Virgin Space Ship Unity)	80
5.2.1.6. Blue Origin-New Shepard	81
5.2.1.7. Space Perspective- Neptun	83
5.2.1.8. Zero2Infinity- Bloon	84

ALTINCI BÖLÜM

UZAY LOJİSTİĞİ VE TAŞIMACILIK	90
6.1. Uzak Lojistiği ve Taşımacılık	90
6.1.1. Yer Taşımacılığı	91
6.1.1.1. Fırlatma Alanına Taşıma Faaliyetleri	93
6.1.1.2. Fırlatma Alanında Hazırlık Süreçleri	96
6.1.1.3. Fırlatma Rampasına Taşıma Faaliyetleri	101

6.1.2. Yörünge Altı Taşımacılık	105
6.1.3. Yörünge Taşımacılığı	105
6.1.4. Yörünge Taşımacılığında Kullanılan Araçlar/ Roketler	109
6.1.4.1. SpaceX: Falcon 9, Falcon Heavy, Starship ve Dragon	109
6.1.4.2. Blue Origin: New Shepard ve New Glenn	114
6.1.4.3. Virgin Galactic: VSS Unity.....	115
6.1.4.4. Uzaya Erişimde Balonların Kullanımı	115
6.1.4.5. Deniz Platformlarından Yapılan Fırlatmalar	116
6.1.4.6. Havadan Uçakların Kullanımıyla Roketlerin Fırlatılması...	118
6.1.5. Yörüngeler Arası Taşımacılık	122
6.1.6. Yörünge Dışı veya Derin Uzay Taşımacılığı (Ay, Mars, Asteroit ve Diğer Uzay Cisimleri)	123
6.1.7. Tersine Taşımacılık (Atmosfere Yeniden Giriş/ Re-Entry)	124
6.1.8. Uzay Yolu Taşımacılığı.....	125

YEDİNCİ BÖLÜM

UZAY LOJİSTİĞİ VE TAŞIMACILIĞINDA

KULLANILAN ARAÇLAR 130

7.1. Giriş	130
7.2. Uzay Lojistiği ve Taşımacılık	130
7.2.1. Taşıma Faaliyetlerinde Kullanılan Roketler ve Araçlar	132
7.2.2. SpaceX	132
7.2.2.1. Falcon 9.....	133
7.2.2.2. Falcon Heavy	135
7.2.2.3. Starship.....	137
7.2.2.4. Dragon.....	138
7.2.3. Blue Origin.....	139
7.2.3.1. New Shepard ve New Glenn	140
7.2.4. Zero2Infinity- Bloostar.....	142
7.2.5. Avrupa Uzay Ajansı (European Space Agency, ESA) ve Arianespace.....	142
7.2.5.1. Vega	143
7.2.5.2. Ariane 5 (ECA) ve Ariane 6.....	144
7.2.5.3. Space Rider	145
7.2.5.4. Soyuz.....	147
7.2.6. United Launch Alliance (ULA).....	149
7.2.6.1. Delta II	149
7.2.6.2. Delta IV ve Delta IV Heavy	150
7.2.6.3. Atlas V	151

7.2.6.4. Vulcan	152
7.2.7. RocketLab	153
7.2.7.1. Electron	153
7.2.8. Space One.....	154
7.2.8.1. Karios.....	154
7.2.9. Anteras Roketi.....	156
7.2.10. Roketsan.....	156
7.3. KAYNAKÇA	160

SEKİZİNCİ BÖLÜM

UZAY LOJİSTİĞİNDE TAŞIMACILIK VE RİSKLER..... 162

8.1. Yörünge Taşımacılığında Riskler.....	162
8.1.1. Süreç Riski	162
8.1.2. Teknik Risk	163
8.1.3. Çevresel Riskler	163

DOKUZUNCU BÖLÜM

UZAY LOJİSTİĞİ, TAŞIMA HUKUKU VE SİGORTACILIK..... 167

9.1. Uzay Hukuku.....	167
9.1.1. Dış Uzay Andlaşması - Outer Space Treaty (10 Ekim 1967)	168
9.1.2. Kurtarma Andlaşması - Rescue Agreement (3 Aralık 1968)	171
9.1.3. Sorumluluk Sözleşmesi- Liability Convention (1 Eylül 1972) ...	173
9.1.4. Kayıt Sözleşmesi- Registration Convention (15 Eylül 1976)	177
9.1.5. Ay Andlaşması - Moon Agreement (11 Temmuz 1984).....	179
9.2. Uzay Taşımacılığı ve Sorumluluklar.....	183
9.2.1. Yer Taşımacılığı, Sorumluluk ve Sigortalama	184
9.2.2. Yörünge Taşımacılığı, Sorumluluk ve Sigortalama	184
9.2.2.1. Uzay Taşımacılığı ve Sorumluluk.....	185

ÖNSÖZ

Geçmişî ateşli oklara dayandırılan roketler, II. Dünya Savaşında saldırı amacıyla geliştirilmiş olup sonrasında uzaya erişimi için kullanılmıştır. Özellikle tekrarlı kullanıma sahip roketlerin icadıyla uzay lojistiğı ve taşımacılığında (yörünge taşımacılığında) maliyet etkin çözümler sunmuştur. Maliyetlerin azalması kamu ve ticari firmaların bu alana olan ilgisini artırmış olup, uzay endüstrisinde üretimi çeşitlendirilmiş ve uzay ekonomisinin hacmi artırmıştır.

Uzayda bilimsel araştırma, evrenin keşfi, uzay madenciliğı, yörünge altından başlayarak seyahatler ve uzay turizmiyle, yeryüzünde ise Küresel Konumlama (Navigasyon), haberleşme (TV, radyo), iletişim (internet, telefon), uzaktan algılama, yer gözlem, afetlerde erken ikaz, meteorolojik tahminler vb. hizmetlerde kullanılması için yeni teknolojiler ve uydular geliştirilmiştir. Artan uzay aktivitesi ise özellikle Yakın Dünya Yörüngesini (LEO) bir uydu enkaz yığını haline getirmektedir. Yörüngedeki artan enkazın yanı sıra uzay, birçok riski içerisinde barındırmaktadır. Uzayda gerçekleştirilen lojistik faaliyetlerde Kozmik Radyasyon, Güneş Radyasyonu ve Asteroitler önemli risk unsurlarındandır. Ayrıca, teknik ve süreç içerisinde farklı riskler bulunmaktadır.

Uzay lojistiğı, başta taşımacılık olmak üzere tedarik, depolama, stok, elleçleme, barınma, korunma, bakım, onarım vb. faaliyetleriyle uzaya erişim, keşif, bilimsel araştırma vb. aktivitelerin gerçekleştirilmesinde oldukça önemli bir rolü bulunmaktadır.

Uzay lojistiğı faaliyetleri uzay endüstrisinin önemli bir bileşen olmasına rağmen özellikle sosyal bilimlerde yeteri kadar incelenmemekte ve gerekli önemi görmemektedir. Hem günümüzdeki LEO takım uydu projeleri hem de Ay ve Mars görevleri uzaya olan ilginin gelecekte artacağını göstermektedir. Bu durum ise uzay faaliyetlerinin sürdürülebilirliğı için lojistik faaliyetlerin, özellikle taşımacılık süreçlerinin incelenmesini zorunluluk haline getirmektedir. Bu nedenle kitapta; temel lojistik kavramlar, uydu, yörünge ve uzay kavramları, uzay ekonomisi, uzay turizmi, taşımacılık kapsamında risk ve sigortalama, uzay hukuku konuları uzay lojistiğı ve taşımacılık kapsamında incelenmiştir.

Son olarak, bu kitabın yazımı sırasında kamuoyuna duyurulan ve kurulması planlanan Somali'deki Türk Uzay Üssü projesi, ROKETSAN'ın ŞİMŞEK roketleri, Delta V'nin uzay motoru ve Sonda roketi, TUSAŞ'ın büyük uydu üretim kapasitesi, TÜBİTAK Uzay'ın Ay projesi, Küp ve daha küçük uydu projeleriyle ASELSAN, GUMUSH Aerospace, Hello Space, Plan-S'in çalışmaları, TÜRKSAT GEO uydu operatörlüğü, İstanbul Teknik Üniversitesi laboratuvarında geliştirilen gelişmiş küp uydular, Fergani Uzay'ın Yörünge Transfer Aracı (YTA), Küresel Konumlama uyduları vb. teknolojiler ve

gelişmeler oldukça önemlidir. Türkiye'nin Somali Uzay ss projesiyle gelecekte hem uzaya müstakil erişim imkanına sahip olmak hem de uzay alanında aktif rol almak istediğini göstermektedir. Türkiye'nin uzay aktivitesi, hedefleri, sektörün gelecekteki ihtiyaçları göz önünde bulundurulduğunda bu kitap ile uzay lojistiği ve taşımacılık kapsamında ön lisans, lisans, yüksek lisans ve doktora seviyesinde kullanılabilir bir kaynak oluşturularak literatüre katkı sunabilmek amaçlanmıştır.

Eğitim hayatım boyunca desteğini esirgemeyen anneme, aileme ve emeği geçen hocalarıma teşekkür ederim. Bu kitap yazar Yavuz TORAMAN'ın Doktora tezi ve diğer bilimsel çalışmalarından türetilmiştir.

Dr. Yavuz TORAMAN

GİRİŞ

Lojistik, bir hedefe ulaşmak için gerçekleştirilen operasyonel faaliyetleri ifade etmektedir. Lojistiğin ana operasyonel alanlarından biri taşımacılık faaliyetleridir. Tekerleğin icadından günümüze kadar geliştirilen teknolojilerle farklı taşıma araçları kullanılarak uzun veya yüksek mesafeler taşımacılık faaliyetleriyle ulaşılabilir hale gelmiştir. Taşımacılık faaliyetlerinde amaca uygun olarak farklı araç, teçhizat ve ekipmanlar kullanılarak kara, deniz, hava, nehir, demir yolu ve boru hatlarıyla gerçekleştirilmektedir. Gelişen teknoloji lojistik kabiliyetleri artırmış olup taşımacılığın sınırlarını ve faaliyet alanını genişletmiştir. Bu kapsamda dünyanın var oluşundan itibaren merak uyandıran uzaya erişim mümkün hale gelmiştir. Uzay lojistiği kapsamında değerlendirilen taşımacılık faaliyetleri faydalı yükün üretim alanlarındaki iç nakliye sürecinden itibaren, uzayın başlangıcı olarak kabul edilen yaklaşık 80-100 km'nin üzerinde gerçekleştirilen operasyonel süreci ifade etmektedir. Ayrıca yeryüzünde gerçekleştirilecek teslimatlar için de uzay kullanılabilecektir. Uzay yolu taşımacılığı, önceden yörüngeye gönderilen ve bekletilen kargoların bir saat gibi kısa sürede Dünya'nın istenilen bölgesine teslim edilebilmesini ifade etmektedir.

Uzay lojistiği kapsamındaki taşımacılık faaliyetleri,

- Yer Taşımacılığı,
 - Yörünge Altı Taşımacılık
 - Yörünge Taşımacılığı,
 - Yörüngeler Arası Taşımacılık,
 - Yörünge Dışı Taşımacılık,
 - Ay,
 - Mars,
 - Asteroit
 - Diğer Gezegen, Farklı Uzay Cisimleri, Derin Uzay vb.
 - Tersine Taşımacılık (Re-Entry, Dünya'ya Dönüş)
- Şeklinde sıralanabilir.

Uzay lojistiği ise, uzay görevleri, araştırmaları veya seyahatlerinde kullanılacak teçhizat, malzeme, (giysi, teknik aletler, gıda, ilaç, vb.) ekipman, roket ve uzay araçlarının tasarımından başlayarak görev bitimine müteakip mürettebat, uzay aracı ve görev kapsamında toplanan örneklerin başarıyla yeryüzüne geri getirilmesi sürecinde gerçekleştirilen tedarik, depolama, taşıma (yer taşımacılığı, yörünge taşımacılığı, yörüngeler arası taşımacılık ve yörünge dışı uzay, Ay, Mars ve Asteroide taşımacılığı), elleçleme, barınma, korunma,

bakım onarım vb. lojistik faaliyetlerin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesidir. Uzay lojistiği, yörünge ve ötesinde gerçekleştirilecek görevlerin planlanması uygulanması ve kontrol edilmesidir (Shull et al., 2006b). Uzay lojistiği, uzay görevlerinde kullanılacak malzemelerin akışının sağlanmasıdır. Ayrıca mürettebatlı görevlerde ekipman, teçhizat, malzeme, araç ve gereçlerin ileri doğru, dönüş sürecinde ise geriye doğru akışının planlanması ve uygulanmasının da sağlanmasıdır (Snead, 2004). Uzay lojistiği, lojistiğin özel bir alanı olarak Dünya'dan uzakta belirsizliklerin ve farklı risklerin bulunduğu uzay ortamında özel teknikler ve yöntemler ile teçhizat, malzeme, ekipman ve araçların kullanılmasıyla uzay görevlerinin gerçekleştirilmesinin ardından başarıyla yeryüzüne geri dönülmesini sağlayan tedarik, depolama, stok, elleçleme, taşıma ve koruma faaliyetlerinin tamamıdır (Shull et al., 2006a). Uzayda bulunan ve görevlerin başarısızlığa uğramasına neden olan ve olabilecek birçok risk bulunmaktadır. Bu nedenle uzay lojistiğinde taşımacılık faaliyetleri planlanırken karşılaşılabilecek potansiyel risklerin belirlenerek hazırlıklı olunması gerekmektedir (Galluzi vd., 2006).

Süreç, teknik ve çevresel riskler başta olmak üzere, insani hatalardan kaynaklanan riskler, tedarik ve test riskleri, lisans ve sertifikasyon riskleri oldukça önemlidir. Lojistik kabiliyetlerin artışı fırlatma sayılarının artmasına neden olmuştur. Bu durum ise Dünya'nın yörüngesini adete bir uydu çöplüğüne (enkaz yığınına) çevirmiştir. Gelecekte uzay araştırmaları, seyahatleri veya görevlerinde artan risk unsurları dikkate alınarak uzay lojistiği faaliyetlerinin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi önemli bir gereklilik haline gelecektir.

Uzay lojistiği kabiliyetlerindeki artış uzay endüstrisini, faaliyetlerini ve ekonomisinin hacmini artırmıştır. Özellikle tekrarlı kullanıma sahip olan roket teknolojisinin geliştirilmesi bu noktada oldukça önemlidir. Uzay faaliyetlerinin sürdürülebilirliği için kritik öneme sahip maliyetler tekrarlı kullanıma sahip roketler ile fırlatma başı maliyetlerin düşmesinde önemli bir rol oynamıştır. Tekrar kullanıma sahip roketler ile fırlatma maliyetleri yaklaşık 5 kat azaltılmıştır (Jones, 2018). Bu durum ise uzaya olan hem bireysel hem de ticari ilgiyi artırmıştır. Morgan Stanley'in (2025) raporuna göre gelecekte uzay ekonomisinin büyüklüğünün 1 trilyon ABD dolarını geçmesi öngörülmektedir (Morgan Stanley, 2025).

SpaceX'in tekrarlı kullanıma uygun roketleri bu alanın gelişimine önemli katkılar sunmuştur. Bunlardan biri olan Falcon 9 roketiyle 2025 son çeyreği itibarıyla toplamda 500'ün üzerinde fırlatma gerçekleştirilmiştir. Falcon 9, Uluslararası Uzay İstasyonuna (ISS) kargo ve mürettebat, yörüngeye farklı büyüklükteki uyduları, yörünge transfer araçlarını ve farklı kullanım amaçlarına

uygun faydalı yükleri taşıyabilmektedir. Bu sayede uzaya erişimi daha etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca uzaya artan ilgi nedeniyle farklı fırlatma operatörleri de alanda faaliyetlerine başlamış veya başlama hazırlığını gerçekleştirmektedir. Sadece roketler değil kanatlı uzay araçları ve balonlar da uzay faaliyetlerinde kullanılmaktadır.

Türkiye özelinde ise başta Roketsan olmak üzere ve Delta V fırlatma faaliyetlerine ve test süreçlerini sürdürmektedir. Fergani şirketi ise yörünge fırlatmalarına yönelik hazırlıklarını sürdürmektedir.

Türkiye'den müstakil olarak uzaya erişim imkanı olmadığı için yerleşik uydu üreticileri, fırlatma faaliyetlerinde uluslararası iş birlikleriyle dış kaynak kullanmaktadır. Bu kapsamda yerleşik uydu üreticileri 2025 yılında ve öncesinde gerçekleştirilen fırlatma faaliyetlerinde SpaceX ve Falcon 9 roketi tercih edilmiştir.

Hem yerli uydu üreticilerinin farklı firmalar aracılığıyla yörünge taşımacılığı hizmeti alması hem de yakın gelecekte yerli fırlatma operatörlerinin farklı yörüngelere ticari taşıma hizmeti verecek olması araştırmada yörünge taşımacılığında etkili olan faktörlerin incelenmesini önemli hale getirmektedir. Yörünge taşımacılığında dış kaynak kullanılması ve kullanılan araca yönelik düşünce, tutum, davranış ve diğer faktörlerin tespit edilmesi gelecekteki taşımacılık faaliyetlerine önemli bir alt yapı oluşturacaktır.

BİRİNCİ BÖLÜM

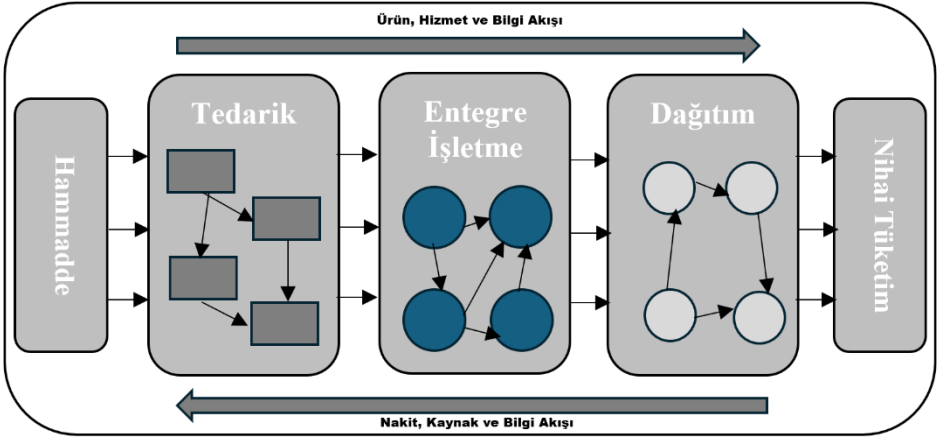
LOJİSTİK TEMEL KAVRAMLAR

1.1. Lojistiğin Gelişimi ve Önemi

Lojistik kelime kökeni itibariyle hesaplama bilimi anlamına gelmektedir. Antik Yunanlılar askeri faaliyetler için gerekli ihtiyaçların hesaplanmasında görevli olan askerlere ise ‘logistikos’ adını vermiştir (Tepic vd. 2011). Lojistik ilk olarak askeri amaçlar doğrultusunda kullanılmaya başlanmış olsa da süreç içerisinde işletmelerin ticari faaliyetlerinde de önemli bir aşamayı oluşturmuştur (Acar, 2016a; Erturgut ve Ustalı 2021). Michael Porter (1985), “Rekabet Avantajı: Üstün Performansın Yaratılması ve Sürdürülmesi” çalışmasıyla değer zinciri modelinde lojistik kabiliyetlerin kullanılmasıyla rekabet avantajı sağlanabileceğini ifade etmiştir (Porter, 2008). Peter Drucker (1962) ise lojistiği ‘Ekonominin Karanlık Anakarası’ olarak ifade ederek göz ardı edilse de birçok fırsatı barındırdığına vurgu yapmıştır (Drucker, 1962).

Lojistik, mal ve hizmet akışının etkin bir şekilde gerçekleştirilmesidir (Speranza, 2018; Erturgut, 2016; Bowersox vd., 2020). Lojistik; genel itibariyle tüketim noktalarına istek ve ihtiyaçların giderilmesi için ürün mal ve hizmet akışının sağlanmasıdır. Doğru müşteriye, doğru ürünü, doğru zamanda ulaştırmak için lojistik önemli bir işletme fonksiyonudur (Tang ve Veelenturf 2019). Lojistik, tedarik, depolama, taşımacılık, servis hizmetleri ve bunlarla ilgili bilgi akışının sağlanması için planlama, uygulama ve kontrol edilme sürecidir (Long, 2003:2012; Erturgut, 2016). Temel olarak depolama ve yük taşımacılığı, sipariş yönetimi, elleçleme, paketleme, stok yönetimi, ve katma değerli hizmetler gibi yardımcı faaliyetler lojistiği ifade etmektedir (Acar, 2016a; Erturgut, 2016).

Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi’nin (The Council of Supply Chain Management Professionals - CSCMP) tanımına göre, potansiyel müşterilerin ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için mal ve hizmetin tedarik zincirinden başlayıp nihai tüketim noktasına ulaşıncaya kadar tedarik zinciri içerisinde hareketini, etkin ve verimli şekilde gerçekleştirebilmek için taşıma ve depolama (akış) faaliyetlerinin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi sürecidir (Bowersox vd., 2020; Acar, 2016a; Erturgut, 2016).



Şekil 0. Lojistik Faaliyetler

Kaynak: (Bowersox vd., 2002; Acar, 2016a).

Lojistik faaliyetler temel olarak üç aşamada incelenebilir. Bunlar tedarik lojistiği, üretim lojistiği ve dağıtım lojistiği olarak sıralanabilir. Tedarik lojistiği, işletmelerin üretim gerçekleştirebilmesi için ön hazırlık faaliyetleri olarak görülebilir (Acar, 2016a; Koban ve Keser 2008). Yarı mamul, ham madde, yedek parça ve parçaların tedariği, satın alınması, üretim ortamına taşınması, depolanması faaliyetlerinin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi sürecini ifade etmektedir. Üretim lojistiği, üretimin gerçekleştirilebilmesi için gerekli faaliyetlerdir. Depo veya üretim alanı içerisindeki bir yerden üretimin yapılabilmesi için üretim bandına veya hattına gerçekleştirilen taşıma faaliyetlerini ifade etmektedir (Keskin, 2008; Erturgut, 2016). Üretim lojistiği faaliyetleri olarak sipariş yönetimi, talep tahmini, depolama, paketleme, envanter yönetimi olarak sıralanabilir. Son olarak dağıtım lojistiği ise üretim noktalarından nihai tüketim noktalarına doğru katma değerli hizmetler, elleçleme ve dağıtım faaliyetlerinin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi sürecini ifade etmektedir. Dağıtım lojistiğinde ülke içi taşımacılıkta önemli olmasa da ülke dışı ihracatların gerçekleştirilmesi sürecinde gümrükleme faaliyetleri de dahil edilmektedir (Bowersox vd., 2020; Erdal ve Çancı 2003)

Lojistik faaliyetler sadece ürün akışıyla ilgili değildir. Aynı zamanda hizmet alanında da maddi ürün akışı olmadan bu faaliyetler gerçekleştirilebilmektedir. Lojistik, temel itibarıyla insanların ihtiyaç duyduğu ürün ve hizmetlerin doğru miktarda, doğru yer ve zamanda bulunabilmesi için gerçekleştirilen faaliyetlerin bütünüdür.

1.1.1. Lojistiğin Gelişimi

Lojistiğin kökenine ve gelişimine önceki bölümlerde de kısaca değinilmişti. Geçmiş çok eskilere dayanan lojistiğin temelini ise tekerleğin icadına dayandıran uzmanlar bulunmaktadır (Acar, 2016a). Lojistik kelime kökeni açısından incelendiğinde anlamı “hesaplama bilimi” olarak çevrilebilir. Lojistik uygulama alanı olarak Antik Yunan döneminde kullanılmıştır. Askeri operasyonlarda ihtiyaçları hesaplayanlara “logistikos” isminin verilmesi Antik Yunanlıların lojistik faaliyetlere özel bir önem verdiği anlaşılmaktadır (Tepic vd. 2011; Erturgut ve Usta, 2021). Fransız Generalin Antoine-Henri Jomini’nin Savaş Sanatı (Art of War) kitabında Napolyon’un savaş sanatını ve tekniklerini anlatmıştır. Kitabın bir bölümünde lojistik faaliyetleri anlatırken lojistiği “orduları hareket ettirme sanatı” olarak tanımlamaktadır (Tepic vd. 2011; Acar, 2016a; Bowersox vd., 2020). Bu kapsamda lojistiğin temeli tekerleğin icadına dayandırılabilse de ilk etapta aktif olarak ordular tarafından kullanılmıştır. Daha sonra I. ve II. Dünya savaşında da lojistik yeteneklerin ve lojistik faaliyetlerin önemli olduğu anlaşılmıştır.

Lojistik sadece ülkelerin orduları açısından önemli olan bir unsur olmamıştır. Doğal kaynakların, iklimin, coğrafyanın, üretimin, teknolojik gelişimin, yetişmiş insan kaynağının, sermayenin vb. üretim için gerekli kaynakların dağılımının eşit olmaması ülkelerin gerekli kaynakları elde etmesi için ticareti zorunluluk haline getirmiştir. Ayrıca belirli bir mal ve hizmetin ülke içindeki kaynaklarla sahip olunabilse dahi insanların isteklerinin, ihtiyaçlarının farklı olması benzer tüketici zevklerine sahip olmamaları gibi nedenlerden farklı ülkelerden temin edilebilir. Lojistik faaliyetler ise tam bu esnada tüketici zevk, istek veya ihtiyaçlarının karşılanması aşamasında tüketicilere uygun mal ve hizmetin tedarikinden başlayarak nihai tüketim noktasına ulaştırılması için gerçekleştirilen faaliyetlerin tamamıdır. Tedarik, sipariş yönetimi, depolama, stok yönetimi, dağıtım, gümrükleme, sigortalama, elleçleme, paketleme, talep yönetimi ve müşteri hizmetleri gibi lojistik faaliyetlerin etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirerek hem müşteri memnuniyetini hem de rekabet avantajı sağlamak amaçlanır (Erturgut, 2016; Bowersox vd., 2020; Acar, 2016a; Keskin, 2008).

Lojistik faaliyetlere karşı bakış açısı süreç içerisinde değişime uğramıştır. Lojistiğin süreç içerisindeki gelişimi Tablo 1.1’de gösterilmiştir. Lojistik ilk etapta sadece taşımacılık ve depolama faaliyetleri olarak görülürken süreç içerisinde bilgi teknolojilerinin kullanımıyla birlikte daha büyük bir organizasyonun parçası haline gelmiştir.

Tablo 0. Lojistik Gelişim Süreci

Lojistiğin tarihsel gelişimi
1950: Bilimsel olarak ele alınmaya başlanmıştır. Lojistik faaliyetler ve süreçler incelenmeye başlanmıştır.
1960: Üretici ve perakende noktaları arasında dağıtım faaliyetlerine yoğunlaşmıştır. Dağıtım faaliyetleri dağınık ve düzensiz olarak gerçekleştirilmiştir.
1970: Modern lojistik anlayışının başlangıcı olarak kabul edilebilir. Tedarik ve dağıtım süreçleri ayrı ayrı değil birlikte ele alınmaya başlamış maliyetleri azaltma, etkinlik ve verimlilik konuları ön plana çıkmıştır.
1980: Bilgisayar teknolojisi lojistik faaliyetlerde kullanılmaya başlanmıştır. Entegre lojistik yönetimi anlayışıyla tedarikçi ve müşterilerle stratejik ilişkiler kurulmaya başlanmıştır.
1990: Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) kavramı ön plana çıkmış ve lojistik faaliyetler bir bütün olarak incelenmeye başlanmıştır.
2000 ve sonrası: TZY'nin yeni yaklaşımları ortaya çıkmıştır. Dış kaynak kullanımı (outsourcing), küçülme (downsizing), çekirdek yetenek (core competence), toplam kalite yönetimi, kıyaslama (benchmarking) uzmanlaşma, tam zamanlı üretim (just in time) ve entegrasyon vb. uygulamalar gelişim göstermiştir.

Kaynak: (Gülenç ve Karagöz 2008; Erturgut, 2016; Acar, 2016a).

Lojistik faaliyetler özellikle 2000'li yıllardan sonra daha büyük bir yapı olan Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) ana unsuru haline gelmiştir. Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyi'nin tanımına göre, TZY kaynak sağlama, tedarik, dönüşüm, vb. tüm lojistik faaliyetlerin planlaması, kontrol edilmesi ve uygulanmasının yönetimini kapsamaktadır. Ayrıca tedarikçiler, araçlar ve üçüncü taraf hizmet sağlayıcıları ve potansiyel müşteri olabilen tedarik zinciri paydaşlarıyla koordinasyon ve iş birliğinin sağlanmasıdır. Kısaca TZY, şirketler içinde ve arasında tedarik ve talep yönetiminin entegrasyonunu sağlar (CSCMP, 2025).

TZY, 2000'li yılların başında gelişen teknolojiyle müşteri istek ve ihtiyaçlarına etkin ve verimli bir şekilde karşılık vermiştir. Gelişen teknoloji insanların sosyalleşeceği alanları artırmıştır. Tüketicilerin bulundukları ortamın farklılaşması ise perakendecilere farklı zaman ve mekanlarda ürün ve hizmetlerini sunma fırsatı vermiştir. Örneğin, internet alt yapısının gelişimiyle e-ticaret faaliyetleri ortaya çıkmıştır (Keskin, 2011; Acar, 2016a). Bu durum ise işletmelerin müşterilerine ulaşacağı kanalları farklılaştırmış olup tedarik zincirlerini ve yönetiminin yeniden düzenlenmesine neden olmuştur. Küreselleşen iş dünyasında TZY'nin yeni yaklaşımları ortaya çıkmıştır. Dış kaynak kullanımı (outsourcing), küçülme (downsizing), çekirdek yetenek (core competence), toplam kalite yönetimi, kıyaslama (benchmarking) uzmanlaşma, tam zamanlı üretim (just in time) ve entegrasyon vb. uygulamalar gelişim göstermiştir (Gülenç ve Karagöz 2008; Tanyaş ve Hazır 2011; Erturgut, 2016).

İşletmelerin farklı kıtalarda bulunan üretim tesisleri, depoları ve çeşitli lojistik operasyonlarının tamamını kendi imkan ve kabiliyetleriyle gerçekleştirilmesi zorlu bir süreçtir. Bu süreçte işletmelerin konusunda uzmanlaşmış firmalar tarafından destek alınması söz konusudur. Dış kaynak kullanımı (outsourcing) veya 3. parti lojistik (3PL) olarak adlandırılan süreç ise tedarik zinciri yönetiminde etkinlik ve verimliliğin artırılması için geliştirilen modern uygulamalardandır. Ayrıca son süreçte geliştirilen farklı uygulamalarda Tablo 1.1’de gösterilmiştir (Marasco, 2008).

Küçülme (downsizing), işletmelerin çeşitli nedenlerden ötürü planlı bir şekilde küçülmesidir. Küçülme etkin ve verimli kaynak tahsisinde oldukça önemlidir. İşletmelerin sürdürülebilirliği için personel sayılarında, iş akışında ve maliyetlerindeki azaltma stratejisidir. Özellikle işletmelerin kriz dönemlerinden çok fazla etkilenmemesi ve daha az hasar ile süreci atlatması için önemlidir (Erturgut, 2016).

Çekirdek yetenek (core competence), işletmeleri rakiplerinden ayıran özgün yeteneklerini ve kabiliyetlerini ifade etmektedir. Çekirdek yetenekler kısa sürede adapte olunamayan, taklit edilemeyen yetenek, kabiliyet, bilgi, beceri vb. özgün nitelikteki özelliklerin toplamıdır (Erturgut, 2016; Bowersox vd., 2020).

Kıyaslama (benchmarking), işletmelerin kendilerini geliştirebilmeleri ve performanslarını artırabilmeleri için pazarda lider olan işletmeler ile kıyaslanmasıdır. Kıyaslama sürecinde liderin neyi, neden ve nasıl yaptığı analiz edilerek benzer başarıları elde edebilmek için işletmelerin kendi iş süreçlerine uyarlanmasıdır (Erturgut, 2016; Bowersox vd., 2020).

Tam zamanlı üretim (just in time), üretim yerinde, istenilen zamanda ve üretim için gerekli miktarda stok bulundurarak maliyetlerin azaltılmasını hedefleyen bir üretim yöntemidir. Az stok ile maliyetlerin azaltılması hedeflenirken zamanında teslimat ile müşteri memnuniyetinin sağlanması hedeflenmektedir (Erturgut, 2016).

1.1.2. Lojistik Faaliyetler

Lojistik; satın alma, tedarik, talep tahmini, sipariş yönetimi, ağ tasarımı, taşımacılık, elleçleme, depolama, envanter/stok yönetimi, paketleme/ambalajlama, müşteri hizmetleri, katma değerli hizmetler, gümrükleme ve dağıtım faaliyetlerinden oluşmaktadır (Bowersox vd., 2002; Erturgut, 2016).

Taşıma, genel itibarıyla hammadde, mamul veya yarı mamullerin tedarikiyle üretim alanlarına doğru akışının sağlanmasıdır. Dağıtım ise üretim alanlarından veya belirli alanlardaki depolardan ürünlere ihtiyaç duyulan tüketim alanlarına doğru mal akışının sağlanmasıdır. Taşımacılık faaliyetleri tedarik, üretim ve dağıtım olarak farklı amaçlar ile gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca hata, hurda, atık ve geri dönüşüm yönetiminde tersine taşımacılık faaliyetleri de gerçekleştirilmektedir. Lojistik faaliyetler içerisinde en yüksek maliyeti taşımacılık ve dağıtım oluşturmaktadır.

İşletmenin bütünü içerisinde ise lojistik maliyetler ortalama %25 civarındadır (Acar, 2016a; Long, 2003:2012; Erturgut, 2016).

Satın alma: Yarı mamul, ham madde, yedek parça ve parçaların satın alınması faaliyetlerini içermektedir. Satın alma faaliyetleri ise ürünün araştırılması, bulunmasıyla satın alma şartları üzerinde anlaşılması, sözleşmenin hazırlanması ve ürün teslimatına gelinceye kadar ki süreçte satıcı ile olan ilişkilerin yönetilmesini ifade etmektedir (Bowersox vd., 2002; Acar, 2016b; Long, 2003:2012).

Tedarik: Tedarik süreci üretime geçilmeden önce ürün için gerekli malzeme yarı mamul, mamul, ham madde ve gerekli diğer malzemelerin araştırılması, ihtiyaçlara uygunluğunun incelenmesi, tedarikçilerin seçim ve süreçlerinin yönetilerek satın alma faaliyetleriyle sonlandırılmasıdır (Bowersox vd., 2020).

Talep tahmini: Üretim, taşıma, depolama ve dağıtım faaliyetlerinin koordinasyonu açısından önemli bir gerekliliktir (Bowersox vd., 2020). Talep tahmini belirli bir süre içerisinde perakende noktalarına gönderilmek üzere üretilecek ürünlerin potansiyel satışı miktarı için tahminde bulunarak üretim hacminin belirlenmesidir (Acar, 2016a).

Şebeke/Ağ tasarımı: İşletmelerin dağıtım kanalını optimize etmesi ve gerekli görülmesi halinde çeşitlendirmesi oldukça önemlidir. Etkin ve verimli dağıtım kanalı tasarlamak ve iyi yönetilmesini sağlamak, ürünlerin tam zamanında, güvenli ve hızlı bir şekilde müşterilere ulaştırmak memnuniyeti artıracaktır. Üretim yerleri ve depolar arasındaki ilişki, ürün üretimini, depolanmasını, bayi, distribütör ve perakende noktalarına dağıtım sürecini pozitif yönde etkileyecektir (Bowersox vd., 2020; Erturgut, 2016; Acar, 2016a).

Sipariş yönetimi: Sipariş, ürünlerin belirli miktarda, belirli zaman ve yerde teslimatının talep edilmesidir. Ardından alınan siparişlerin üretilen ürünler ile karşılanması için işletme tarafından gerekli işlemler yapılmaktadır. Sipariş alınır, ürünler bulunur, gerekli görülmesi halinde çeşitli temizleme, düzenleme ve paketlenme işlemlerinin ardından dağıtıma çıkarılır. Sipariş yönetimi son süreçte elektronik bilgi sistemleriyle entegre edilmiş olup, işletmenin iç paydaşlarının sürece olan hakimiyetini artmıştır (Bowersox vd., 1996).

Elleçleme: Üretim öncesi, sonrası ve dağıtım operasyonlarında boşaltma, istifleme, yerleştirme gerekli durumlarda yer değiştirme, ayırıştırma ve birleştirme vb. işlemlerinin tamamıdır (Bowersox vd., 1996).

Depolama: Depolama faaliyetleri kısaca yarı mamul, ham madde, parça ve yedek parça satın alınmasının ardından ürünün üretilmesine kadar saklanması, ürünlerin üretildikten sonra nihai tüketim noktalarına gönderileceği zamana kadar istiflenerek muhafaza edilmesi ve dağıtım öncesi ürünlerin gerekli görülmesi halinde hazırlama faaliyetleridir. Depolar, üretim için gerekli hammadde, mamul, yarı mamulün ve

çeşitli malzemelerin bulundurulduğu alanlardır (Bowersox vd., 1996; Long, 2003:2012).

Dağıtım merkezleri ise ham madde veya yarı mamulden ziyade nihai ürünlerin dağıtım öncesi bulundurulduğu alanlardır. Dağıtım merkezleri siparişlere zamanında, hızlı, etkin ve sürekli cevap verilebilmesini sağlamaktadır. Dağıtım merkezleri tedarik zincirlerinde dağıtım süreçlerinin etkin ve verimli çalışabilmesi için önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca depolar ve dağıtım merkezleri dağıtım öncesi ayırıştırma, paketlenme, etiketlenme vb. işlemlerin gerçekleştirildiği alan olmuştur (Bowersox vd., 2002; Ertugut, 2016).

Paketleme/Ambalajlama: Tüketim noktalarına dağıtılacak farklı boyut, tip ve içerikteki ürünlerin elleçleme, depolama ve taşıma süreçlerinin güvenli ve hasarsız bir şekilde tamamlanabilmesi için gerçekleştirilen koruma amaçlı işlemlerdir. Paketleme işlemi ürünleri dış etkenlerden korumayı amaçlamaktadır. Çarpma nedeniyle ezilme, ısı farklılıklarıyla bozulma vb. gibi ürünlerin formunu bozacak ve müşteri memnuniyetsizliğine neden olacak durumların önlenmesi hedeflenmektedir (Bowersox vd., 2020; Acar, 2016b).

Envanter/stok yönetimi: Üretimin sürdürülebilirliği için işletmelerin depolarında veya bünyesinde bulundurduğu malzemelerdir. Söz konusu malzemeler nihai ürün üretimi için gerekli hammadde, madde veya yarı mamullerden oluşmaktadır. Üretim sürecinde hammadde madde veya yarı mamullerin stok seviyesi önemliyen perakende noktalarında talep edilen ürünün stok miktarı önemlidir. Tedarik zincirindeki farklı paydaşlar görevlerini ifa ederken gerekli malzemelerin stoğunu belirli bir seviyede tutması ürün akışının aksamaması açısından önemli bir gerekliliktir (Ertugut, 2016; Acar, 2016a; Bowersox vd., 2020). Talep tahminlerinde verimsizliğin azaltılması, itme ve çekme stratejilerinin başarıyla gerçekleştirilip tedarik zinciri yönetiminde başarılı sonuçlar alınabilmesi için etkin stok yönetimi gerçekleştirilmelidir.

Müşteri hizmetleri: Modern işletmecilik anlayışında müşteri memnuiyeti, rekabet avantajı sağlamak, karlılığı artırmak ve işletme faaliyetlerinin sürdürülebilirliği için önemli bir gereklilik haline gelmiştir. Porter'in değer zinciri modelinden sonra lojistik faaliyetler rekabet avantajı için önem arz etmeye başlamıştır. Süreç içerisinde gelişen lojistik faaliyetlerden biri de müşteri hizmetleridir. Müşteri hizmet düzeyi yani müşterilerin lojistik operasyonlara karşı tutumu ve algısıdır. Teslimatların zamanında, güvenli ve ekonomik biçimde gerçekleştirilebilmesi için talep tahmini, sipariş ve stok yönetimiyle koordineli olmasını gerektirmektedir. Bu sayede müşteri hizmet düzeyi artacak ve müşteri memnuniyeti sağlanacaktır (Acar, 2016a).

Gümrükleme: Üretim, depo, distribütör veya perakende noktalarının farklı ülkelerde bulunmasıyla gümrük işlemlerinin gerçekleştirilmesini gerekli kılmaktadır. Nihai tüketim noktalarının üretimin yapıldığı ülkeden farklı olduğunda işletmeler

için gerekli bir lojistik faaliyettir. Gümrükleme, gümrük sahalarından çıkış ve diğer ülkede serbest dolaşım hakkı kazanabilmek için yapılması gereken bir dizi işlemlerdir. Gümrük idarelerine resmi belgelerin ibrazı, antrepo kullanımı, onay alınmasının ardından ülkeden çıkarılması ve karşı ülkeye varıldığında gümrük işlemlerinin tamamlanmasıdır (Long, 2003:2012; Acar, 2016a).

Katma değerli hizmetler: Lojistik faaliyetlerin neredeyse tamamı gerçekleştirilirken katma değerli hizmetler sunulmaktadır. Müşterilerin istek ve ihtiyaçlarının karşılanması sürecinde lojistik faaliyetler bütüncül olarak katma değer yaratan bir süreçtir (Alkan ve Erdal, 2007; Keskin, 2011).

Atık ve Geri Dönüşüm: Üretim sonucunda kullanılmayan ürünlerin tekrardan üretime kazandırılarak değerlendirilmesi, atık ürünlerin taşınmasında veya paketlenmesinde kullanılan fakat üretim sürecine dahil edilemeyen malzemelerin de geri dönüşümü ve toplanması faaliyetleridir (Koban ve Keser, 2008; Keskin, 2008)

1.1.2.1. Lojistik Faaliyetlerin İlkeleri

Tedarik, satın alma, stok yönetimi, elleçleme, depolama, sipariş yönetimi, paketleme, dağıtım, müşteri hizmetleri vb. lojistik faaliyetlerden etkin ve verimli sonuçlar elde edilebilmesi için süreç içinde gerçekleştirilen faaliyetlerin bazı prensip ve ilkelere göre gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Lojistik ilkeler sürecin optimizasyonunda önemli bir rol oynamaktadır (Keskin, 2011).

Lojistik ilkeler çeşitli kaynaklarda farklı tanımları bulunsa da genel itibarıyla izlenebilirlik, ekonomiklik, esneklik, yeterlilik, yalın/sadelik, standartlık ve koordinasyon olarak sıralanabilir (Ertugut, 2016; Acar, 2016a).

İzlenebilirlik: Lojistik faaliyetlerin gerçekleştirildiği sürecin bilgi teknolojileri yardımıyla takip edilmesidir. Depolar, sipariş sistemi, Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP), stok yönetimi, taşıma operasyonları vb. lojistik faaliyetlerde görevli kişileri, kullanılan araçları ve programların bilgi teknolojileri yardımıyla yakından takip edilerek gerekli aksiyonların alınması ve sürecin optimizasyonunun sağlanmasıdır (Ertugut, 2016; Taşkın ve Durman, 2012). Örneğin, son süreçte geliştirilen blokzincir teknolojisi lojistik faaliyetlerin tam zamanlı takibinde kullanılmasını mümkün hale getirmiştir. Bu durum dağıtım sürecinde müşterilerin hakimiyetini artırdığı için memnuniyet sağlamaktadır (Toraman vd., 2023).

Ekonomiklik: Lojistik faaliyetlerde maliyet etkin çözümlerin üretilmesi olarak tanımlanabilir. Özellikle bilgi teknolojilerinin kullanımıyla birçok faaliyet dijital ortamlara aktarılmış olup gereksiz masraflar azaltılmıştır. Minimum kaynak ile maksimum lojistik faaliyet ve destek hedeflenmektedir (Koban ve Keser, 2008; Keskin, 2011; Acar, 2016a).

Esneklik: Lojistik operasyonlarda farklı hal ve şartlara hazırlık yapılarak müşteri gereksinimlerinin tam anlamıyla karşılanabilmesi için lojistik yeteneklerin taleplere çevik ve hızlı yanıt verebilmesidir (Erturgut, 2016; Taşkın ve Durman, 2017).

Yeterlilik: Lojistik yetenekler ile yeterli lojistik desteğin sağlanabilmesidir. Lojistik faaliyetlerin sürdürülebilirliği, rekabet avantajını kaybetmemek ve müşteri gereksinimlerinin karşılanabilmesi için lojistik yetenekler ve yeterlilik önemli bir gerekliliktir (Acar, 2016a; Erturgut, 2016).

Yalın/Sadelik: Lojistik faaliyetlerin gerçekleştirilmesi sürecinde yalınlığın esas alınmasıdır. Karmaşık süreçlerden ziyade sade ve anlaşılır iş akışına sahip olmak etkinliği ve verimliliği artıracaktır. Planlama, uygulama ve kontrol etme süreçlerinin basit ve anlaşılır bir yapıda kurulması etkinliği ve verimliliği artıracaktır. Etkin ve verimli lojistik faaliyetler başarıyı artıracaktır (Acar, 2016a; Erturgut, 2016).

Standartlık: Lojistik faaliyetlerin sürdürülebilir olması için standart şartların olması gerekmektedir. Elleçleme, taşıma, depolama, dağıtım, gümrükleme vb. lojistik faaliyetlerin hem ülke içinde hem de ülke dışında belirli standartlara uygun olmasıyla gerçekleştirilebilecektir (Koban ve Keser, 2008; Acar, 2016a; Erturgut, 2016). Küreselleşen dünyada ülkeler birer köy haline gelirken belirli standartlar dahilinde sürdürülebilir ticari faaliyetler gerçekleştirilebilecektir. Geliştirilen teknolojiler ise bu durumu destekler nitelikte olup entegrasyonu sağlamaktadır.

Koordinasyon: Lojistik faaliyetleri planlayanlar, dağıtım kanalı içerisinde olanlar ve elleçleme, depo, paketleme, dağıtım vb. süreçlerinin icracılarıyla nihai tüketim noktasında olanlar arasında kurulan ilişkilerin bütünüdür. Bu ilişki zincirinde koordinasyon süreci etkinliği ve lojistik faaliyetlerinden elde edilecek verimliliği artıracaktır (Koban ve Keser, 2008; Keskin, 2011; Acar, 2016a; Erturgut, 2016; Taşkın ve Durman, 2012).

Lojistik faaliyetler ile hem rekabet avantajı hem de müşteri memnuniyeti sağlanırken planlama, uygulama ve kontrol etme süreçlerinin tamamında lojistik ilkeleri benimsemek etkinliği ve verimliliği artırarak işletmelerin sürdürülebilirliğine pozitif katkı sağlayacaktır.

1.1.2.2. Lojistik Faaliyetlerin Faydaları

Lojistik faaliyetlerin amacı, doğru ürün veya hizmetin, doğru miktarda, doğru zamanda, doğru yerde, doğru fiyatlar ile doğru müşteriye sunulma sürecinin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi olarak açıklanabilir. Lojistik faaliyetler ile işletmeler müşterilerine ürün ve hizmetleri sağlarken fayda sunmaktadır. Lojistik faaliyetler incelendiğinde faydalarının müşteri memnuniyetinin sağlanmasında önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bununla birlikte Porter'in değer zincirinde değindiği gibi lojistik faaliyetler ile rekabet avantajı sağlamak mümkün olacaktır. Ayrıca lojistik faaliyetlerin etkin ve verimli bir şekilde

gerçekleştirilmemesi müşteri memnuniyetsizliğine, rekabet avantajının kaybolmasına dolayısıyla pazar kaybına ve satışların azalmasıyla işletmeleri iflas noktasına kadar götürebilecektir (Keskin, 2011, Acar, 2016a).

Lojistik faaliyetlerle işletmeler; şekil, mülkiyet, yer ve zaman olmak üzere 4 farklı fayda sunmaktadır (Acar, 2016a; Keskin, 2008; Keskin, 2011; Bowersox vd., 2020).

Şekil faydası: İşletmeler, hammadde ve mamulleri üretim süreçlerinden geçirerek nihai kullanıma uygun hale getirip son olarak paketleme işlemleriyle müşterilerine sağladığı faydadır.

Mülkiyet faydası: Tedarik sürecinden başlayarak elleçleme, üretim, depolama ve dağıtım faaliyetleriyle malların ve hizmetlerin mülkiyetinin müşterilere geçebilmesinin sağladığı faydadır.

Yer faydası: Ürün ve hizmetlerin üretim, depolama ve dağıtım süreçlerinin neredeyse tamamında farklı bir bölgeye transferiyle gerçekleştirilmektedir. Bu durumun nedeni ise üretim ve tüketim noktalarının arasındaki mesafe farkı olarak gösterilebilir. Üretim noktaları, üretim olanakları, alt yapı gereklilikleri ve maliyet gibi nedenlerden müşterilere uzak mesafelerde olabilmektedir. Ürün ve hizmetlerin müşterilere doğru yer ve uygun şekilde ulaşmasını sağlamaktır.

Zaman faydası: Ürün ve hizmetlerin farklı alanlarda üretilip müşterilere ulaştırılmasında olduğu gibi farklı zamanlarda üretilip müşterinin ihtiyaç ve isteklerine göre doğru zamanda alabilmesini sağlamaktır. Üretimin yapılması ve saklanmasıyla ardından istenilen zamanda müşterinin satın alabilmesini sağlamaktır.

Kısaca lojistik faaliyetler hem sağladığı faydalar ile müşteri memnuniyetini artırmaktadır hem de işletmelere rekabet avantajı sağlayarak pazardaki paylarını artırmaktadır. Bu kapsamda değerlendirildiğinde lojistik faaliyetler işletmelerin sürdürülebilirliği ve gelecek projeksiyonlarında önemli rol oynadığı söylenebilir.

1.2. Uzak Lojistiği

Taşıma operasyonları, uzak lojistiğinin ana faaliyet alanı oluşturmaktadır. Taşımacılık faaliyetinin ise en önemli unsuru roketler ve uzay araçlarıdır. Bu kapsamda uzaya erişimin temeli 1989'da Konstantin Tsiolkovsky sıvı yakıtlı roket çalışmalarıyla atıldığı söylenebilir. Başarılı sonuçlar elde edilmemiş olsa da gelecekteki başarının temelini oluşturmaktadır. Asıl kırılma noktası ise, II. Dünya savaşıdan sonra Almanya'nın başarılı roket ve füze çalışmalarının Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) devam ettirilmesidir. ABD'de 1946 yılında New Mexico'daki White Sands Proving Ground'da (WSPG), WAC Onbaşı roketiyle fırlatma denemelerine başlanmıştır. İlerleyen süreçte 1948'de Alman ve Amerikan roket teknolojilerinin birleştirilmesiyle V-2 roketi üretilmiş olup fırlatma gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte Wernher von Braun'un ve Alman roket teknolojisinin etkisi oldukça önemlidir (Soylu, 2025; NASA, 2025a).

ABD alanda önemli atılımlar yapmış olsa da 1957’de ilk yapay uyduyu Sovyetler Birliği yörüngeye fırlatmıştır. Sputnik 1’in 1957’de fırlatılmasından sonra faaliyetlerini yörüngede başarılı bir şekilde gerçekleştirmiştir. (Cracknell ve Varotsos, 2007). Ardından aynı sene içerisinde Sputnik 2 ve Laika isimli köpek fırlatılmıştır. ABD ise 1958’de ilk uydusu Explorer 1 ve Vanguard 1’i fırlatarak uzay yarışına katılmıştır (Hagen, 1963; LePage, 1997). Sovyetler Birliği’nin uzay çalışmalarından geri kalmamak için Başkan Dwight D. Eisenhower’ın imzasıyla 29 Temmuz 1958’de Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi’nin (NASA) kurulması uzay faaliyetleriyle ilgili diğer bir dönüm noktasını oluşturmaktadır (NASA, 2024c). Bu kapsamda değerlendirildiğinde uzaya erişimde veya görevlerin ifasında uzay lojistiğinin önemli bir rolü olmuştur.

Lojistik literatüründe süreç içerisinde birden çok uzay lojistiği tanımı yapılmıştır. Uzay lojistiği, lojistiğin özel bir alanı olarak Dünya’dan uzakta belirsizliklerin ve farklı risklerin bulunduğu uzay ortamında özel teknikler ve yöntemler ile teçhizat, malzeme, ekipman ve araçların kullanılmasıyla uzay görevlerinin gerçekleştirilmesinin ardından başarıyla yeryüzüne geri dönülmesini sağlayan tedarik, depolama, stok, elleçleme, taşıma ve koruma faaliyetlerinin tamamıdır (Shull et al., 2006a; Ishimatsu et al., 2016).

Uzay lojistiği, yörünge ve ötesinde gerçekleştirilecek görevlerin planlanması uygulanması ve kontrol edilmesidir (Shull et al., 2006b). Uzay görevlerinde kullanılacak roket, uzay aracı, teknik ekipman ve teçhizatın tasarım sürecinden başlayarak test, üretim, depolama, stok ve katma değerli faaliyetler ile yörünge altı, yörünge, Ay, Mars ve Derin Uzay’a gerçekleştirilen taşıma ve geri dönüş sürecinde ileri ve geriye doğru akışın planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesidir (Lee vd., 2008).

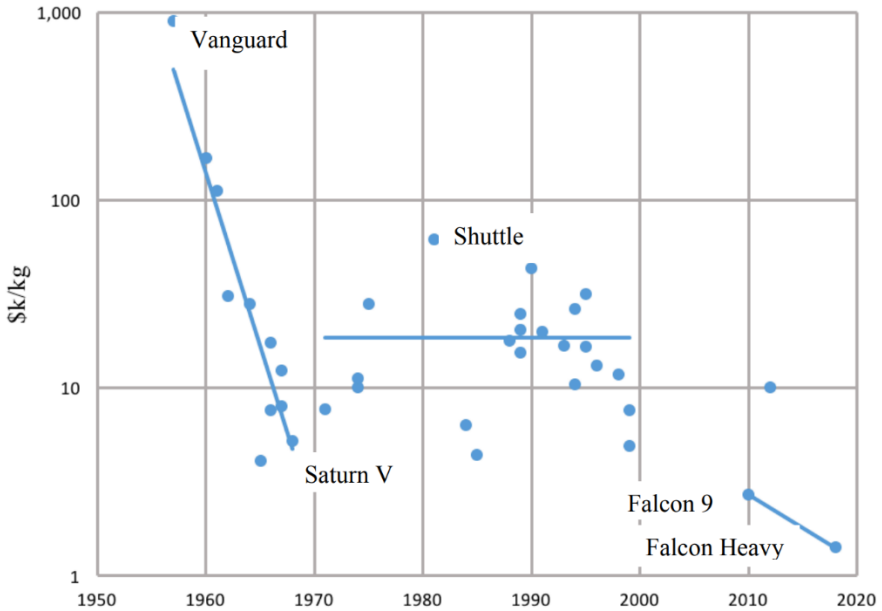
Uzay lojistiği, insanlı görevlerde astronot giysisi ve astronotların kişisel ihtiyaçlarının karşılandığı malzemelerinin tedarikinden başlayarak üretim, depolama, taşıma, atık ve geri dönüşüm faaliyetlerinin gerçekleştirilmesidir. Uzay lojistiği dünyadan başlayarak yörünge, uzay, Ay, Mars, derin uzay görevlerinin tamamlanmasına yönelik lojistik faaliyetleri ifade etmektedir (Baraniecka, 2019; NASA, 2025b).

Uzay lojistiği, uzay görevleri, araştırmaları veya seyahatlerinde kullanılacak teçhizat, malzeme, (giysi, teknik aletler, gıda, ilaç, vb.) ekipman, roket ve uzay araçlarının tasarımından başlayarak görev bitimine müteakip mürettebat, uzay aracı ve görev kapsamında toplanan örneklerin başarıyla yeryüzüne geri getirilmesi sürecinde gerçekleştirilen tedarik, depolama, taşıma (yer taşımacılığı, yörünge taşımacılığı, yörüngeler arası taşımacılık ve yörünge dışı uzay, Ay, Mars ve Asteroide taşımacılığı), elleçleme, barınma, korunma, bakım ve onarım vb. lojistik faaliyetlerin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesidir.

Uzay lojistiği, uzay görevlerinde kullanılacak malzemelerin akışının sağlanmasıdır. Mürettebatlı görevlerde ileriye doğru ekipman, teçhizat, malzeme, araç ve gereçlerin taşınmasıdır. Dönüş sürecinde ise gerçekleştirilen bilimsel deney malzemeleri, sonuçları ve mürettebatın başarıyla yer yüzüne inmesinin sağlanmasıdır (Snead, 2004).

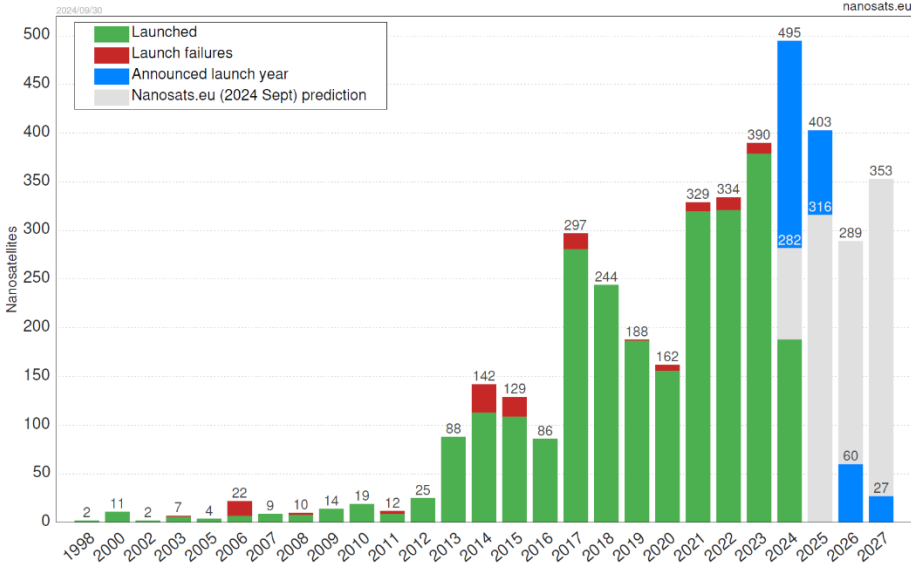
Uzay görevlerinin başarısızlığında etkili belirsizlikler ve birçok risk bulunmaktadır (Waters, 2011). Bu kapsamda risklerin belirlenmesi ve uzay görevlerinin başarıyla tamamlanabilmesi için lojistik faaliyetlerin optimizasyonu oldukça önemlidir Galluzi vd., 2006)

Uzay faaliyetleri özellikle II. Dünya savaşı sonrasında devletlerin bünyesinde ve kontrolünde hızla gelişim göstermiştir. Fakat aradan geçen süreçte özel sektördeki işletmeler bu konuya ilgi duymuş olup uydu üretimi, yörünge transfer ve keşif araçlarının geliştirilmesini sağlayarak uzayın ticarileştirilmesine katkı sunmuştur (Kulu, 2024a). Özellikle devletlerden bağımsız olarak kurulan ticari uzay şirketlerinin geliştirdiği teknolojiler uzaya erişim maliyetlerini azaltmış olup uzay faaliyetlerinin de artışı desteklemiştir (Jones, 2018).



Şekil 1. Yıllar İtibariyle (Uydu, Faydalı Yük vb.) Fırlatma Başlı Maliyetleri
Kaynak: (Jones, 2018).

Şekil 2’de de yıllar itibariyle fırlatma başı maliyetlerdeki değişim gösterilmiştir. Ticari bir şirket olan SpaceX’in ABD’de 2002’de kurulması ve faaliyetlerine başlamasıyla uzaya erişimde yeni bir dönemi başlamıştır. Bunun nedeni ise SpaceX’in filosunda bulunan Falcon 9’un tekrarlı kullanıma sahip teknolojisiyle fırlatma başı maliyetleri düşürmüş olmasıdır. Güncel fırlatma maliyetleri geçmişteki fırlatmalara göre yaklaşık 5 kat daha ucuzlamıştır. Geçmişte Kilogram (Kg) başı fırlatma yaklaşık 54.400 ABD dolarıyken güncel olarak 2720 ABD doları civarındadır (Jones, 2018).



Şekil 2. Küçük Uydu Fırlatma Sayıları

Kaynak: (Kulu 2024b).

Uzaya erişimde, uzay faaliyetlerinde ve uzayın ticarileşmesinde önemli bir etken ticari uzay işletmeleridir. Uzay lojistiği ve taşımacılığındaki birim başı fırlatma maliyetlerinin dramatik düşüşüyle uzay aktiviteleri artırmaya başlamıştır. 3’te görüleceği üzere 2010 sonrasındaki fırlatma sayıları geçmişe oranlara daha yüksek seviyede gerçekleştirilmiştir (Kulu 2024b). Maliyetler önemli bir katalizör olsa da uzay lojistiği için alt yapı ve taşımacılık faaliyetleri yürütebilen firma sayısı sınırlıdır. Bu durum ise uzay endüstrisinde faaliyetlerini sürdürmek isteyen işletmelerin dış kaynak kullanmasını zorunluluk haline getirmiştir.

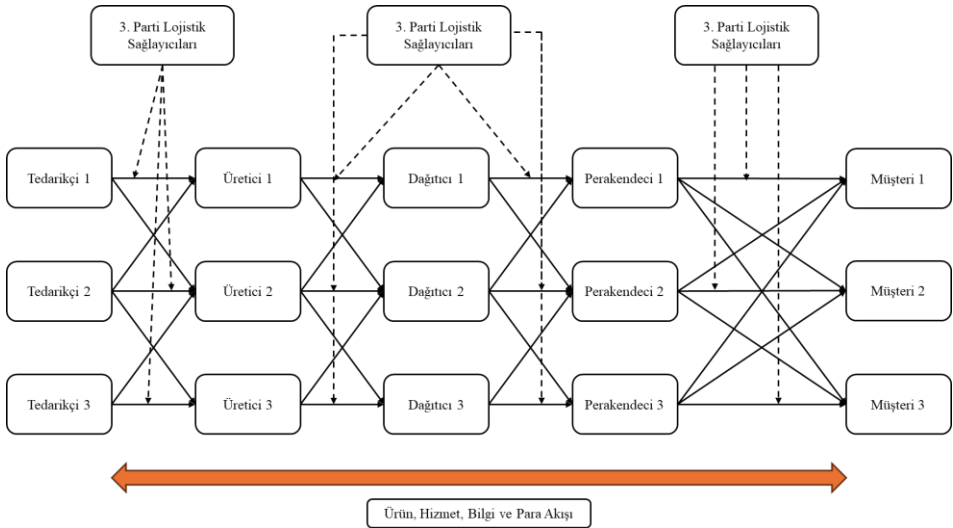
Uzay endüstrisinde özellikle fırlatma alanında SpaceX ’in kurulmasıyla ticari fırlatmalar ve ticari aktivitede artış görülmüştür. Şekil 1.2 ve 1.3’te bu durumun en net göstergesidir. Uzay faaliyetlerinde 3 PL sağlayıcısı olarak fırlatma ve

taşımacılık süreçlerinde uzmanlaşan SpaceX, gerçekleştirdiği lojistik faaliyetler ile uzay endüstrisinin gelişimine önemli katkılar sunmuştur.

1.3. Dış Kaynak Kullanımı (Outsourcing)

TZY, küresel entegrasyonu artırmış olup artan entegrasyon ise daha büyük organizasyonların oluşmasına ve tedarik zincirlerinin daha karmaşık hale gelmesine neden olmuştur. Ayrıca teknolojinin gelişmesi ve kullanımının tabana yayılmasıyla e-ticaret hacminin artmıştır. İşletmelerin gelen talepleri karşılanmasında kaynaklarının yetersiz kalmasıyla lojistik faaliyetler için dış kaynak kullanımı gereklilik haline gelmiştir. Bu kapsamda 3. parti lojistik (3 PL) sağlayıcıları ürün ve hizmet akışının, etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Kmiecik, 2025).

3 PL sağlayıcıları, işletmelere taşımacılık, depolama, geri dönüşüm, müşteri hizmetleri, stok yönetimi vb. lojistik faaliyetlerde dış kaynak kullanarak gerçekleştirmelerini sağlar (Gkanatsas ve Krikke, 2020). İşletmelerin yetersiz kaynaklara sahip olması veya sahip olduğu kaynakların etkin ve verimli kullanılması için 3PL sağlayıcılarıyla iş birliği sağlayarak rekabet avantajı elde ederek pazar payını artıracaktır (Alsmairart, 2025).



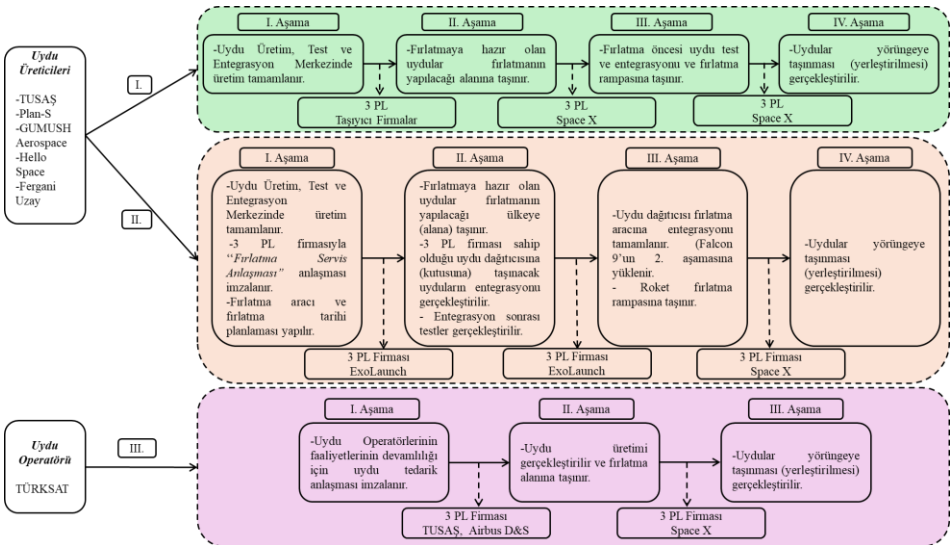
Şekil 3. Dış Kaynak Kullanımı (3 PL) Sağlayıcıları

Kaynak: (Acar, 2016a; Marasco, 2008; Gülenç ve Karagöz 2008; Tanyaş ve Hazır 2011; Erturgut, 2016).

3 PL iş birlikleri işletmelerin performanslarını artırmak için gerçekleştirilen stratejik ve uzun dönemli ittifaklardır. İşletmelerin dış kaynak kullanmasındaki ana motivasyonu lojistik faaliyetlerdeki maliyetlerin azaltılmasıdır (Nila ve Roy, 2023). İşletmeler 3 PL iş birlikleriyle tedarik zincirinde mal ve hizmet akışının etkili bir şekilde gerçekleştirirken efor, zaman ve maliyet açısından da avantaj sağlamaktadır. Literatürde 3 PL sağlayıcılarının seçimi üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Literatürdeki bu durumun da lojistik faaliyetlerde dış kaynak kullanımının önemine vurgu yapmaktadır (Marasco, 2008).

3 PL sağlayıcıları temel lojistik faaliyetlerin gerçekleştirilmesine odaklanarak işletmelerin alanlarında uzmanlaşmasına, hizmet kalitelerini artırmalarına ve müşteri memnuniyetini sağlayabilmelerine zemin hazırlamaktadır. Diğer yandan 3 PL hizmeti alan işletmeler ise temel yeteneklerine daha fazla odaklanma imkanı bularak alanlarında diğer firmalardan ayrılarak pazardaki yerini güçlendirebilecektir (Maisarah vd., 2025). Dış kaynak kullanımını tercih etmeyen işletmeler ise lojistik operasyonların tamamını kendi iç dinamikleriyle gerçekleştirerek daha fazla personel, zaman ve mali kaynak harcamaktadır. Aynı zamanda artan iş yükü nedeniyle yönetim sürecinde baskı oluşmaktadır. Bu durum ise işletmenin iş akışında aksamalara ve sorunlara yol açacaktır.

3 PL sağlayıcıları, üretim, tekstil, perakendecilik, turizm, tarım, eğitim, sağlık, e-ticaret, savunma sanayi, havacılık, uzaya endüstrisi vb. farklı sektörlerde işletmemelerin nihai müşterilerine ulaşarak ürün ve hizmetlerini sunabilmeleri için dağıtım, depolama, stok yönetimi, geri dönüşüm, elleçleme, taşımacılık vb. lojistik faaliyetleri etkin ve verimli bir şekilde gerçekleştirmektedir (Premkumar vd.,2021).



Şekil 4. Uydu Teknolojileri ve Dış Kaynak Kullanımı

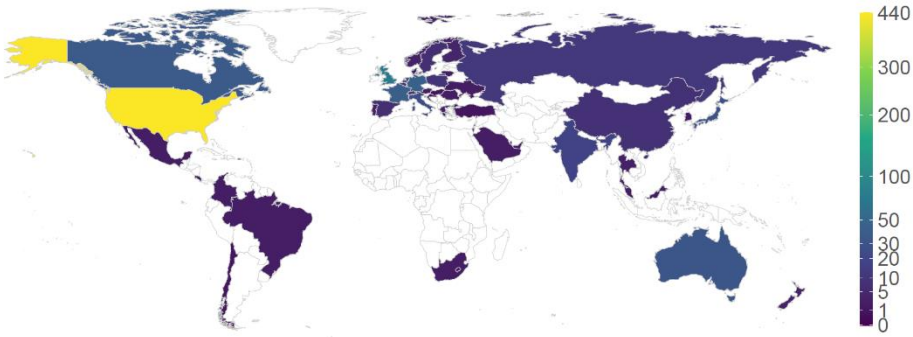
Günümüzde Türkiye’de yerli özel ve yarı özel işletmeler tarafından savunma sanayi, havacılık ve uzay faaliyetleri sürdürülmektedir. Havacılık alanında yerli kaynaklar kullanılarak gelişim sağlanabilmektedir. Uzay faaliyetlerinde ise teknik donanım, beceri ve kabiliyetler yeterli düzeyde değildir. Bu durum ise özellikle günümüzde uzaya erişebilmek için dış kaynak kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Yerli uzay teknolojisi üreten firmalar fırlatma ve taşımacılık alanında 3 PL sağlayıcılarıyla iş birlikleri yaparak operasyonlarını tamamlayabilmektedir. Uydular özelinde dış kaynak kullanımı ve 3 PL faaliyetleri Şekil 1.5’te 3 farklı örnekte gösterilmiştir. Dış kaynak kullanım süreçlerinde birden fazla şirket olsa da farklı 3 PL şirketleri, özellikle yörünge taşımacılığında SpaceX ve Falcon 9 roketini tercih etmektedir. Şekil 5’te gösterildiği gibi I, II ve III’te farklı anlaşmalar ile gerçekleştirilen dış kaynak kullanımında yörünge taşımacılığı faaliyeti SpaceX tarafından gerçekleştirilebilmektedir.

Tez çalışmasında uzay lojistiği kapsamındaki fırlatma ve taşımacılık faaliyetleri incelenmektedir. Türkiye’de uzay teknolojisi üreten işletmeler, uydu üretme kapasitesine sahip olmasına rağmen yörünge taşımacılığında altyapı eksikliği nedeniyle bu konu üzerinde durulmuştur. Türkiye’de ‘Küp Uydu’ alanında belirli bir üretim kapasitesine sahip işletmeler bulunmaktadır. Son süreçte TÜRK SAT 6A gibi daha gelişmiş uyduları yerli imkanlarla üretilebilmektedir. Tez çalışmasında üretici firma sayısı ve uydu kullanım tercihi nedeniyle Türkiye’nin görece daha yetkin olduğu küp uyduların taşımacılığında kullanılan dış kaynak süreçlerine odaklanılmıştır. Türkiye’de hem küp uydu hem gelişmiş farklı görev yüklerine sahip büyük uydular son süreçte SpaceX’in sahip olduğu Falcon 9 roketiyle fırlatılmaktadır. Bu durumun en büyük nedeni Türkiye’den özel ve kamu hiçbir şirketin müstakil olarak uzaya erişim imkanının olmamasıdır. Tablo 2’de Türkiye’nin sahibi olduğu uyduların fırlatma bilgileri gösterilmiştir.

Uzay endüstrisinde işletmeler belirli alanlara odaklanarak uzmanlaşmaya çalışmaktadır. Uzay endüstrisinde işletmeler, uydu üretimi, sensörler, optikler, görev yükleri, astronot giysisi, uzay araçları, roketler, yazılım, donanım vb. alanlara odaklanmıştır. Uzay turizmi özelinde uzay araçları, uçaklar, kapsüller, uçuş için balonlar, paraşütler vb. alanlara veya günlük yaşamda uydular aracılığıyla Küresel Konumlama Sistemi (GPS), uydu iletişimi, televizyon yayınları, internet vb. kullanım alanlarında hizmet verdiği veya uzmanlaştığı için diğer lojistik faaliyetlerde dış kaynak kullanması ihtiyacı doğmaktadır (Kulu 2024b; Eugeni et al., 2022; Kulu 2023). Bu nedenle uzay lojistiğinde işletmelerin 3 PL hizmet sağlayıcılarıyla iş birliği yaparak lojistik faaliyetleri gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda 3 PL sağlayıcıları bilimsel faaliyetler, farklı

uzay görevleri, uzay seyahatleri veya uzay teknolojilerinin kullanımıyla üretilen ürün ve hizmetin müşterilere ulaştırılması sağlar.

Bu durumun en önemli kanıtı Şekil 1.6'da gösterildiği gibi bilgi, birikim ve dolayısıyla uzay aktivitelerinin görece fazla olduğu ABD, bu alanda farklı ülkelere ve ülkelerdeki işletmelerden ayrıışmaktadır. Bu kapsamda ABD merkezli 3 PL sağlayıcılarla birlikte hareket etmek uzay faaliyetlerin tamamlanabilmesi ve sürdürülebilirliği için gereklidir.



Şekil 5. Uzay Aktivitelerinin Coğrafi Dağılımı

Kaynak: (Kulu 2023).

Uzay lojistiğinde farklı 3 PL sağlayıcıları bulunmaktadır. Aktif olarak faydalı yük taşımacılığında SpaceX, Blue Origin ve Rocket Lab, Turizm amaçlı Virgin Galactic işletmeleri faaliyetlerini sürdürmektedir. Diğer yandan Japonya merkezli Space One, Almanya Merkezli Isar Aerospace, Çin merkezli OneSpace, Hindistan merkezli Skyroot Aerospace, ABD merkezli Relativity Space, Firefly Aerospace ve Astra fırlatma alanında 3 PL sağlayıcısı olmak için hazırlıklarını sürdürmektedir. Ayrıca ABD merkezli Space Perspective, Worl View Enterprises ve Near Space Corporation Fransa merkezli Zephalto ve İspanya merkezli HALO Space, EOS-X Space ve Zero 2 Infinity ise uzaya erişim için balonları kullanması planlanmaktadır.

Ticari faaliyetlerin yanında kamu iş birliği yapan United Launch Alliance (ULA), Avrupa Uzay Ajansına bağlı olarak faaliyetlerini sürdüren Arianespace, Rusya (Roscosmos), Çin (China National Space Administration, CNSA), Hindistan (Indian Space Research Organisation, ISRO), Japonya (Japan Areospace Exploration Agency) vb. kurumlar ve fırlatma platformları bulunmaktadır.

SpaceX, ticari uzay işletmelerin 3 PL sağlayıcısı olarak uzay lojistiği açısından önemli bir oyuncu olmuştur. SpaceX'in 2025 yılının ağustos ayı

itibariyle filosundaki araçlar ile 507 görevi tamamlamış, 462 kez tekrar yeryüzüne iniş gerçekleştirmiş ve araçlarını 431 kez tekrar fırlatmıştır (SpaceX, 2025b). Kurulduğu yıldan günümüze kadar sadece SpaceX'in istatistikleri incelendiğinde bile ABD'nin alandaki etkinliği anlaşılmaktadır

Türkiye açısından süreç incelendiğinde imkan ve kabiliyetlerinin kısıtlı olması nedeniyle uzaya erişim ve faydalı yüklerin yörüngeye taşımacılığında dış kaynak kullanımı gerçekleştirmektedir. Özellikle son süreçte hem uydu hem de insanlı görevlerde SpaceX ve Falcon 9 roketini yörünge taşımacılığında tercih etmektedir. Tablo 1.2'de Türkiye'nin sahip olduğu uyduların yörüngeye taşınmasında iş birliği yapılan işletmeler ve kullanılan araçlara değinilmiştir.

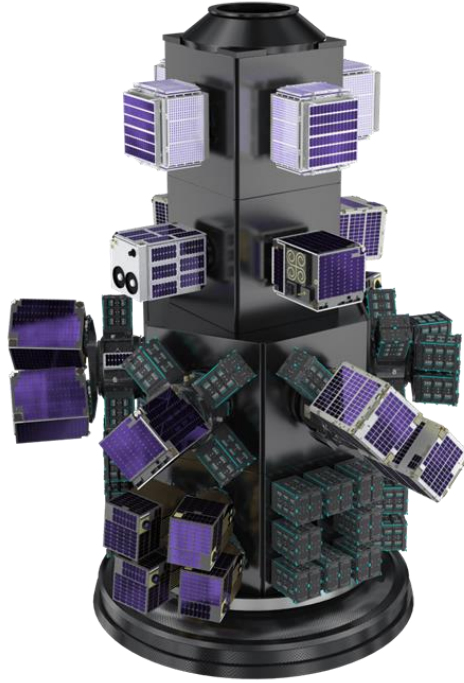
Tablo 1. Türkiye'nin Sahibi Olduğu Uyduların Fırlatma Bilgileri

Uydu	Fırlatma Tarihi	Fırlatma Yeri	Fırlatıcı	Uydu Türü
TÜRKSAT 1A	1994	Fransız Guyanası	Ariane	Haberleşme
TÜRKSAT 1B	1994	Fransız Guyanası	Ariane	Haberleşme
TÜRKSAT 1C	1996	Fransız Guyanası	Ariane	Haberleşme
TÜRKSAT 2A	2021	Fransız Guyanası	Ariane	Haberleşme
TÜRKSAT 3A	2008	Fransız Guyanası	Ariane	Haberleşme
TÜRKSAT 4A	2014	Baykonur	Proton	Haberleşme
TÜRKSAT 4B	2015	Baykonur	Proton	Haberleşme
GÖKTÜRK-1	2016	Fransız Guyanası	Vega	Yer-Gözlem
TÜRKSAT 5A	2021	J.F.Kennedy Merkezi	Uzay Falcon 9	Haberleşme
TÜRKSAT 5B	2021	J.F.Kennedy Merkezi	Uzay Falcon 9	Haberleşme
İMECE	2023	Vandenberg Kuvvetleri Üssü'nden	Uzay Falcon 9	Yer Gözlem
TÜRKSAT 6A	2024	J.F.Kennedy Merkezi	Uzay Falcon 9	Haberleşme

Ayrıca güncel olarak 2025 yılında yerli uydu üreticilerinin yörünge taşımacılığında SpaceX'i tercih etmiştir. SpaceX'in 14 Ocak 2025'te gerçekleştirdiği 500 km irtifaya gerçekleştirilen (Transporter 12) fırlatmada Plan-S'in Connecta IoT Network takım uydusu için tasarladığı Connecta IOT-5, 6, 7 ve 8 uyduları bulunmaktadır (AA, 2025a). Ayrıca İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) ve Pakistan Hava Üniversitesi iş birliğiyle tasarların, geliştirilen ve üretilen PAUSAT-1 16U'luk 1.5m çözünürlüğe sahip yer gözlem uydusu da fırlatılmıştır (İTÜ, 2025). Son olarak ise Fergani Uzay'ın FGN-100-d1 isimli ilk uydusunun da taşınması aynı fırlatmada gerçekleştirilmiştir (Fergani Uzay, 2025a). SpaceX'in gerçekleştirdiği taşımacılık

faaliyetinde mikro uydu, küp uydu ve yüklerin 30'unu taşıyan Yörünge Transfer Araçları (YTA) dahil olmak üzere 131 tane yük taşımıştır (SpaceX, 2025a). Türkiye'nin Mikro Uydu Fırlatma Sistemi (MUFS) programı dahilinde geliştirilen Sonda Roketiyle gelecekte Türkiye kendi fırlatma operasyonlarını gerçekleştirecek alt yapının hazırlığını sürdürmektedir (TUA, 2025). Türkiye'deki kamu ve ticari işletmelerin uzaya erişimde son süreçte SpaceX ve Falcon 9'u tercih etmesi çalışmanın nedenleri destekler niteliktedir. Bu durum tablo 1.2'de net bir şekilde görülmektedir. Ayrıca uydu üretiminin yerli imkanlarla gerçekleştirilmesi gelişim için önemlidir. Ek olarak 23 Haziran 2025'te gerçekleştirilen fırlatmada (Transporter-14) Plan-S'in 4 küp uydusu daha yörüngeye taşınmıştır (Plan-S, 2025a).

Birçok Çinli fırlatma operatörü hali hazırda uluslararası uydu üreticileri için ticari taşıma faaliyetlerini gerçekleştirmiyor olsa da gelecekte yörünge fırlatmalarında önemli bir yere sahip olması muhtemeldir.



Şekil 6. Faydalı Yük (Uydu, Küp Uydu) Taşıma Platformu

Kaynak: (Exolaunch, 2025).

Şekil 7'de küçük, orta ağırlıktaki uydular ve küp uydu taşımacılığında roketlerin faydalı yük taşıdıkları kısım detaylı bir şekilde gösterilmiştir. Bu alan roketin en üst kısmı olup farklı görev yüklerine sahip uydular buraya yerleştirilebilmektedir (Exolaunch, 2025).

KAYNAKÇA

- AA, (2025a). <https://www.aa.com.tr/tr/vg/video-galeri/turk-takim-uydusuna-4-yeni-oyuncu-katildi/207>, Erişim Tarihi: 17.02.2025
- Acar, A.Z. (2016a). Lojistiğe giriş, içinde (Ed. A.Z.Acar ve A.M.Köseoğlu) *Lojistik Yaklaşımıyla Tedarik Zinciri Yönetimi*, (2.b.) Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara., s.1-22.
- Acar, A.Z. (2016b). İşletmelerde lojistik yönetimi, içinde (Ed. A.Z.Acar ve A.M.Köseoğlu) *Lojistik Yaklaşımıyla Tedarik Zinciri Yönetimi*, (2.b.) Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, s.23-44.
- Alkan, M., & Erdal, M. (2007). *Lojistik ve dış ticaret sözlüğü*. Utikad Yayınları, İstanbul.
- Alsmairart, M. A. (2025). Modeling enablers of logistics outsourcing adoption: a case of manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 1-1.
- Baraniecka, A. (2019). Space Logistics-Current Status and Perspectives. *Transport Economics and Logistics*, 82, 67-78.
- Bowersox D. J., B., David, J. C., M Bixby, C., & John, C. B. (2020). *Supply chain logistics management*. McGraw-Hill Education.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J. ve Cooper, M. B. (2002). *Supply Chain Logistics Management* (2. b.). New York, USA: McGraw Hill.
- Bowersox, D. J., Closs, D. J., & Helferich, O. K. (1996). *Logistical management* (Vol. 6). New York: McGraw-Hill.
- Cracknell, A. P., & Varotsos, C. A. (2007). Editorial and cover: Fifty years after the first artificial satellite: from sputnik 1 to envisat. *International Journal of Remote Sensing*, 28(10), 2071-2072
- CSCMP, (2025). https://cscmp.org/CSCMP/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921, Erişim Tarihi: 10.01.20
- Drucker, P. F. (1962). The Economy's Dark Continent. First Publication in: *Fortune*, Vol. LXV, No. 4, April 1962, pp. 265–270.
- Erdal, M., & Çancı, M. (2003). *Lojistik Yönetimi*. İstanbul: UTİKAD Yayınları.
- Erturgut, R. (2016). *Lojistik ve tedarik zinciri yönetimi*. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Erturgut, R., & Ustalı, N. K., (2021). Lojistik Ve Savunma Lojistiği: Etimolojik Bir İnceleme, *1st International Eurasian Conferences on Educational and Social Studies*, (IECES2021).

- Eugeni, M., Quercia, T., Bernabei, M., Boschetto, A., Costantino, F., Lampani, L., ... & Gaudenzi, P. (2022). An industry 4.0 approach to large scale production of satellite constellations. The case study of composite sandwich panel manufacturing. *Acta Astronautica*, 192, 276-290.
- Exolaunch, (2025). <https://www.exolaunch.com/>, Erişim Tarihi: 07.01.2025
- Fergani Uzay, (2025a). <https://www.ferganispace.com/tr/news/milli-uydu-fergani-fgn-100-d1-uzayda/>, Erişim Tarihi: 17.02.2025
- Galluzzi, M., Zapata, E., De Weck, O., & Steele, M. (2006). Foundations of supply chain management for space application. *In Space 2006* (p. 7234).
- Gkanatsas, E., & Krikke, H. (2020). Towards a pro-silience framework: a literature review on quantitative modelling of resilient 3PL supply chain network designs. *Sustainability*, 12(10), 4323.
- Gülenç, İ.F. ve Karagöz, B. (2008). E-lojistik ve Türkiye’de lojistik uygulamaları. *Kocaeli Ünversites Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergs*, 15(1), 73-91.
- Hagen, J. P. (1963). The Viking and the Vanguard. *Technology and Culture*, 4(4), 435-451.
- Ishimatsu, T., de Weck, O. L., Hoffman, J. A., Ohkami, Y., & Shishko, R. (2016). Generalized multicommodity network flow model for the earth–moon–mars logistics system. *Journal of Spacecraft and Rockets*, 53(1), 25-38.
- İTU, (2025). <https://haberler.itu.edu.tr/haberdetay/2025/01/27/itu-ve-pakistan-hava-universitesi-is-birliginde-gelistirilen-pausat-1-yorungede>, Erişim Tarihi: 17.02.2025
- Jones, H. W. (2018). NASA’s Understanding of Risk in Apollo and Shuttle. *In 2018 AIAA SPACE and Astronautics Forum and Exposition* (p. 5235).
- Jones, H. W. (2018). NASA’s Understanding of Risk in Apollo and Shuttle. *In 2018 AIAA SPACE and Astronautics Forum and Exposition* (p. 5235).
- Keskin, M. H. (2008). Lojistik: Tedarik Zinciri Yönetimi (geçmiş, değişimi, bugünü, geleceği). Nobel Yayın.
- Keskin, M. K. (2011). *Lojistik Tedarik Zinciri Yönetimi: Geçmiş, Değişimi, Bugünü, Geleceği*: Güncellenmiş 4. Basım. Ankara: Nobel Yayıncılık, 26.
- Kmiecik, M. (2025). Creating a genetic algorithm for third-party logistics’ warehouse delivery scheduling via a large language model. *Journal of Modelling in Management*, 20(4), 1138-1162.
- Koban, E., & Keser, H. Y. (2008). *Dış ticarette lojistik*. Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Kulu, E. (2023). In-space economy in 2023-Statistical overview and trends. *In 74th International Astronautical Congress* (IAC 2023).
- Kulu, E. (2024a). Satellite Constellations—2024 Survey, Trends and Economic Sustainability. *In Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC*, Milan, Italy (pp. 14-18).

- Kulu, E. (2024b). CubeSats & Nanosatellites—2024 Statistics, Forecast and Reliability. *In Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC* (Vol. 2024).
- Lee, G., Jordan, E., Shishko, R., de Weck, O., Armar, N., & Siddiqi, A. (2008, September). SpaceNet: modeling and simulating space logistics. *In AIAA SPACE 2008 conference & exposition* (p. 7747).
- LePage, A. J. (1997). Sputnik 2: The First Animal in Orbit. *Spaceviews*, 20, 1-3.
- Long, D. (2012). *Uluslararası lojistik küresel tedarik zinciri yönetimi*. Tanyaş M. ve Düzgün M. çev.) Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim, Ankara, Türkiye.
- Maisarah, F., Abduh, M., Wirahadikusumah, R., & Cakravastia, A. (2025). Development of the conceptual business model of a third-party logistics provider for Indonesian small contractors. *International Journal of Construction Management*, 25(2), 194-203.
- Marasco, A. (2008). Third-party logistics: A literature review. *International Journal of production economics*, 113(1), 127-147.
- Morgan Stanley (2025). <https://www.morganstanley.com/Themes/global-space-economy>, Erişim Tarihi: 30.07.2025
- NASA, (2024c). <https://www.nasa.gov/history/65-years-ago-the-national-aeronautics-and-space-act-of-1958>, Erişim Tarihi: 06.02.2025
- NASA, (2025a). <https://www.nasa.gov/history/75-years-ago-first-launch-of-a-two-stage-rocket/>, Erişim Tarihi: 05.02.2025
- NASA, (2025b). Bryce and Space Technology. “SmallSat by the Numbers, 2023.” [Online] Accessed: September 28, 2023, Erişim Tarihi: 06.02.2025
- Nila, B., & Roy, J. (2023). A new hybrid MCDM framework for third-party logistics provider selection under sustainability perspectives. *Expert Systems with Applications*, 234, 121009.
- Plan-S, (2025a). <https://www.plan.space>, Erişim Tarihi: 20.07.2025
- Porter, M. E. (2008). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. simon and schuster.
- Premkumar, P., Gopinath, S., & Mateen, A. (2021). Trends in third party logistics—the past, the present & the future. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 24(6), 551-580.
- Shull, M. S. A., Gralla, M. E. L., Armar, M. N., & de Weck, P. O. (2006b). An integrated modeling tool for sustainable space exploration. *In 57th International Astronautical Congress* (pp. D3-3).”
- Shull, S., Gralla, E., Siddiqi, A., de Weck, O., & Shishko, R. (2006a). The future of asset management for human space exploration: Supply classification and an integrated database. *In Space 2006* (p. 7232).

- Snead, J. (2004). Architecting rapid growth in space logistics capabilities. *In 40th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit* (p. 4068).
- Soylu, C. (2025). Uzay Keşif Lojistiği. *Uzay Teknolojileri, Uygulamaları ve Lojistiği*, (I). içinde, 1-42, Nobel Bilimsel Eserler, Anakra
- SpaceX, (2025a). <https://www.spacex.com/launches/mission/?missionId=transporter12> Erişim Tarihi: 20.02.2025
- SpaceX, (2025b). <https://www.spacex.com/mission/>, Erişim Tarihi: 25.02.2025
- Speranza, M. G. (2018). Trends in transportation and logistics. *European journal of operational research*, 264(3), 830-836.
- Tang, C. S., & Veulenturf, L. P. (2019). The strategic role of logistics in the industry 4.0 era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129, 1-11.
- Tanyaş, M., & Hazır, K. (2011). *Lojistik temel kavramlar*. Çağ Üniversitesi Yayınları, Mersin.
- Taşkın, E., & Durmaz, Y. (2012). *Lojistik faaliyetler hizmet kalitesi ve müşteri değeri*. Detay Yayıncılık, Ankara.
- Tepić, J., Tanackov, I., & Stojić, G. (2011). ANCIENT LOGISTICS-HISTORICAL TIMELINE AND ETYMOLOGY. *Technical Gazette/Tehnički Vjesnik*, 18(3).
- TUA, (2025). <https://www.tua.gov.tr/tr/proje/mufs>, Erişim Tarihi: 14.01.2025
- Waters, D. (2011). *Supply chain risk management: vulnerability and resilience in logistics*. Kogan Page Publishers.

İKİNCİ BÖLÜM

UZAY, YÖRÜNGELER VE UYDU TÜRLERİ

2.1. Uzay ve Yörüngeler

Uzay Dünya'nın atmosferinden başlayarak uydular, asteroitler gezegenler, yıldızlar, galaksiler ve boşluğun olduğu ayrıca madde ve enerjinin hareket halinde olduğu bir ortamdır. Geçmişten günümüze dek bu insan oğlu bilinmezliğin peşinden giderek anlamak için araştırmayı, araştırmak için ise teknolojiyi kullanmıştır. İlk olarak gözlemlediği uzayı, teknolojinin gelişimiyle giderek yerinde araştırmalar yapmış ve keşifler günümüzde de devam etmektedir.

Yörünge, Dünya veya diğer gezegenlerin çevresinde çekim gücü nedeniyle doğal veya yapay cisimlerin belirli bir hızla hareket ettiği, döndüğü veya izlediği yoldur. Bu cisimlere ise uydu adı verilmektedir. Dünya'nın doğal uydusu olan Ay'ın yanı sıra, Dünya'nın farklı yörüngelerine iletişim, haberleşme, uzaktan algılama, navigasyon ve benzeri amaçlarla fırlatılan yapay uydular da bulunmaktadır (Özyıldırım ve İlarslan 2025; Bayraktar, 2025).

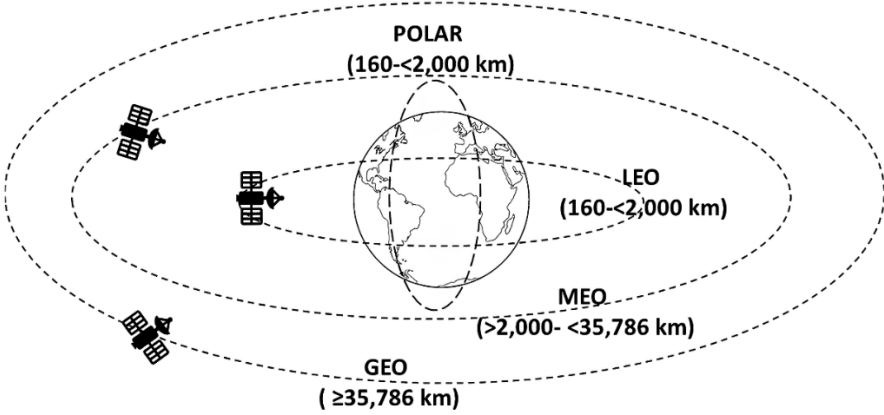
Bu uydular ise;

- İletişim ve Haberleşme; İnternet, Telefon, Radyo ve TV Yayını vb.,
- Konumlandırma ve Navigasyon; Yol tarifi, Gemi ve uçak seyrüseferi, Zaman senkronizasyonu,
- Meteoroloji; Hava durumu, İklim değişikliği, Hava olaylarının takibi,
- Uzaktan Algılama; Hasar analizi, Afet erken ikazı, Afet müdahale koordinasyonu,
- Güvenlik Savunma; Erken uyarı sistemleri, Keşif gözetleme ve Sınır güvenliği,
- Bilimsel Araştırmalar; Uzay teleskoplarıyla evrenin incelenmesi, Yerçekimsiz ortamda araştırmalar,

vb. alanlarda kullanılmakta ve hizmet sunulmaktadır.

Uzaya erişimde maliyet etkin çözümlerin üretilmesinin ardından, ticari uzay şirketleri Yakın Dünya Yörüngesine (LEO) fırlattıkları küçük uydularla küresel internet hizmeti sunmaktadır. Ayrıca gelecekte finans, bankacılık, reklamcılık, enerji vb. alanlarda da uydular ve uzay araçları kullanılarak hizmet sunulabilecektir.

Dünya çevresinde farklı yüksekliklerde yörüngeler bulunmaktadır. Bu yörüngeler Şekil 1 ve 3'te gösterilmiştir. Görsellerde olmayan Ay yörüngesi ise Dünya'dan 384.000 km uzaklıktadır (Science NASA, 2025).

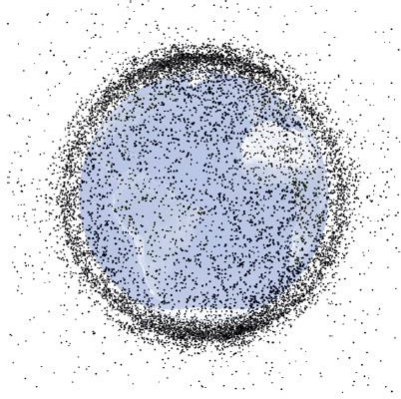


Şekil 1. Uydu Yörüngeleri
Kaynak: (Ledesma vd., 2024).

Dünya'nın yakın çevresinden başlanılarak yörüngeler sıralanacak olursa;

- LEO (Yakın Dünya Yörüngesi/ Low Earth Orbit)
- POLAR (Kutup Yörüngesi/ Polar Orbit)
- MEO (Orta Dünya Yörüngesi/ Medium Earth Orbit)
- GEO (Yer Sabit Dünya Yörüngesi/ Geostationary Orbit)

Yakın Dünya Yörüngesindeki (LEO) Uydular, yaklaşık 160 ve 2000 km yükseklikte bulunmaktadır (Ledesma vd., 2024). Dünya'ya en yakın yörünge olduğundan LEO'da veri iletişimi hızlıdır. Yakınlığı nedeniyle kapsama alanı dar ve gün içerisinde dünya çevresindeki attığı tur sayısı da fazla olduğu için kullanımı birden fazla ve takım uydu şeklinde gerçekleştirilir. LEO uyduları, yer gözlem, afet ikaz, iletişim ve haberleşme alanlarında kullanılabilir.



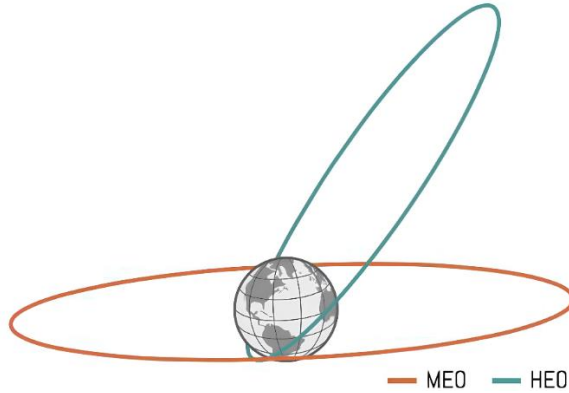
Şekil 2. Yakın Yörüngedeki Yapay Uydu Yoğunluğu
Kaynak: (Bayraktar, 2025).

Starlink uyduları, OneWeb'in uyduları, Amazon'un Kuiper uyduları Guowang, Spacecom Satellite Technology Ltd. (SSST) vb. takım uyduları bulunmaktadır. Türkiye'de Plan-S'in yakın yörüngede görev yapan küp uydularıyla ilk LEO uydu operatörü olmuştur. Bu kapsamda LEO'nun aşırı talep gördüğü anlaşılmaktadır. Artan uydu aktivitesinin LEO'yu bir çöplük haline getireceği ise kaçınılmaz bir gerçekliktir (Gangale, 2007; Crisp vd., 2020). Yakın yörüngedeki yapay uydu yoğunluğu Şekil 2'de gösterilmiş olup yakın yörüngede artan aktivite sonunda uzay enkazı haline gelebilecek uydulara ve LEO uydu operatörlerinin karşılaşabileceği risklere işaret etmektedir.

Kutup Yörüngesi, Uyduların kuzey kutbundan güney kutbuna yönelik hareketini ifade etmektedir. Uzaklık olarak ise LEO sınırları içerisinde yer almaktadır. Uydular, yer gözlem, meteoroloji keşif vb. amaçlar ile kullanılabilir.

Orta Dünya Yörüngesi (MEO), Uydular 2000 ile 35.786 km yükseklikte bulunmaktadır. LEO uydularına göre daha geniş kapsama alanı sağlarken küresel konumlama, navigasyon ve uydu iletişim için kullanılmaktadır. Genel itibarıyla küresel konumlama uyduları bu yörüngede bulunur (Ledesma vd., 2024).

Yer Sabit Dünya Yörüngesi (GEO), Uydular yaklaşık 35.786 km yükseklikte sabit bir irtifada Dünya'nın hızıyla aynı hızda hareket etmektedir. İrtifanın artmasına bağlı olarak kapsama alanı artarken veri iletim hızı azalmaktadır. Bu durum ise iletişimde gecikmelere neden olmaktadır. GEO, iletişim, televizyon yayını ve meteorolojik gözlem hizmetlerinde kullanılır. Örneğin, Türkiye'nin TÜRSAT 6A uydusu 2025 yılında GEO'da görevine başlamıştır (Bayraktar, 2025).



Şekil 3. Uydu Yörüngeleri (MEO, HEO)

Kaynak: (Bayraktar, 2025).

- HEO (Yüksek Eliptik Yörünge/ Highly Elliptical Orbit)
- SSO (Güneş Eşzamanlı Yörünge/ Sun-Synchronous Orbit)
- GTO (Yer Sabit Transfer Yörüngesi/ Geostationary Transfer Orbit)

Yüksek Eliptik Yörünge (HEO), Ekvator yörüngesinden farklı olarak dairesel değil eliptik bir formda hareket etmektedir. Bu tür eliptik yörüngelerde uydular veya cisimler Dünya'ya yaklaştığında hızı artar uzaklaştıkça ise hızı azalır. HEO yörüngelerde takım uyduları oluşturulmaz genelde diğer yörüngelerde de bulunan uydularla birlikte hibrit çalışan takım uyduları oluşturulur (Kenneth, 2002; Bayraktar, 2025).

Güneş Eşzamanlı Yörünge (SSO), SSO kutup yörüngesinin özel bir kısmıdır. SSO'da uydular aynı zaman dilimlerinde aynı alanlardan geçmesi nedeniyle güneşten faydalanabilmektedir. Bu nedenle yer gözlem faaliyetlerinde tercih edilmektedir. Yükseklik olarak LEO kapsamında olduğu için kapsama alanları dardır. İklim değişikliği, kuraklık, küresel ısınma vb. afetlerin takibinde kullanılmaktadır (Bayraktar, 2025).

Yer Sabit Transfer Yörüngesi (GTO), Uyduların geçiş veya transfer yörüngesidir. Uydunun görev yüküne ve faaliyetine uygun yörüngeye geçişi için kullanılan eliptik yörüngedir. Yüksek irtifalarda görev yapacak uyduların direkt GEO'ya fırlatılması kullanılan yakıt açısından daha maliyetli olacağından, GTO ile daha yakın bir yörüngeden kendi itki sistemleriyle GEO'ya taşınabilir. Bu transfer yörüngesi daha uygun maliyetlerle yörüngeler arası taşımacılık yapılmasını sağlamaktadır.

Ayrıca yörünge transfer araçlarıyla gelecekte kendi itki sistemi olmayan uydu, uzay araçları veya teknolojileri de yörüngeler arasında taşınmaktadır.

2.2. Uydu Türleri

Uzayın keşfi, araştırılması ve faydalanılabilmesi için geliştirilen ekipman, teçhizat, roket, uzay aracı, uydu, optik, sensör vb. uzay teknolojileri kullanılmaktadır. Son süreçte ilgili teknolojiler hem uzay içi faaliyetlerinde hem de yeryüzündeki çeşitli hizmetlerde kullanılabilmektedir. Geliştirilen uzay teknolojileriyle kamu kurumları, şirketler, vakıflar ve bireylerin kullanabileceği birçok alanda hizmet sunmaktadır. Uydu teknolojileriyle televizyon yayınları, iletişim, haberleşme, navigasyon (GPS), hava durumunun takibi, doğal afetlerin, orman ve tarım alanları izlenmesiyle çevrenin korunması gibi faaliyetler gerçekleştirilebilir. Lojistik alanında erişimin kısıtlı olduğu açık denizlerdeki gemilerin takibi ve mürettebatla iletişim uydular ile kurulmaktadır. Araç filolarının ve hava yollarındaki uçuşların takibi gerçekleştirilebilmektedir (Ramahatla vd., 2022).

Uyduların faaliyet alanlarını ise sahip oldukları görev yükleri belirlemektedir. Uydular sahip oldukları görev yükleriyle haberleşme, iletişim, yer gözlem, seyrüsefer (navigasyon), istihbarat ve diğer bilimsel amaçlar için kullanılmaktadır. Uydular sahip oldukları görev yüklerine ve görevlerinin

gerekliliklerine uygun olarak farklı boyutlarda üretilmektedir. Uydular büyüklükleri itibariyle sınıflandırılmıştır. İlgili sınıflandırma Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Uyduların Sınırlandırılması

	Sınıflandırma	Kilogram (kg)	Sınıflandırma	Kilogram (kg)
Küçük Uydular	Femto	0.01-0.09	Medium	1.201-2.500
	Pico	0.1-1	Intermediate	2.501-4.200
	Nano	1.1-10	Large	4.201-5.400
	Micro	11-200	Heavy	5.401-7.000
	Mini	201-600	Extra Heavy	>7.000
	Small	601-1200		

Kaynak: Brycotech, (2024).

2.2.1. Haberleşme ve İletişim Uyduları

Haberleşme ve iletişim uyduları, televizyon, radyo, internet ve iletişimin uydu teknolojileriyle gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Uydular haberleşme görev yükleriyle telekomünikasyon alanında kullanılabilir. Televizyon yayınları ve iletişim için GEO’daki (35.786 km) uydular kullanılırken son süreçte uydu tabanlı internet için LEO’daki takım uyduları tercih edilmektedir. Türkiye’de üretilen ve GEO’ya fırlatılan TÜRK SAT 6A bu alanda bilinen önemli örneklerindendir.



Şekil 4. TÜRK SAT 6A Uydusu

Kaynak: TUA, (2025).

Görev yükleri, uyduların üretim aşamasında belirlenen görevlerin gerçekleştirilebilmesi için yerleştirilen fiziksel parçalardır. Haberleşme ve iletişim uydu görev yükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Özyıldırım ve İlarslan 2025; Bayraktar, 2025; Fergani, 2025).

Haberleşme Görev Yükleri;

- Antenler,
- Frekans yükselticiler,
- Transponderler,
- Lazer iletişim sistemleri olarak sıralanabilir.

2.2.2. Yer Gözlem Uyduları

Yer gözlem uyduları, Dünya'nın kara, deniz ve hava sahalarının izlenebilmesini sağlamaktadır. Uzaktan algılama faaliyetleriyle şehir planlaması, doğal çevre, afet, alt ve üst yapı planlaması süreçlerinde kullanılmaktadır. Türkiye'de ilk olarak BİLSAT' sonrasında RASAT ve GÖKTÜRK-2 gözlem uyduları yörüngeye fırlatılmıştır. Fakat ilk metre altı gözlem uydusu ise IMECE'dir (TÜBİTAK Uzay, 2025b).

IMECE uydusu Mayıs 2025'te Hava Kuvvetleri Komutanlığı Ahlatlıbel Keşif Uydu Komutanlığı'nda TSK'nın envanterine GÖKTÜRK-2B ismiyle alınmıştır (TÜBİTAK Uzay, 2025b). IMECE uydusu Şekil 5'te gösterilmektedir.



Şekil 5. IMECE Uydusu

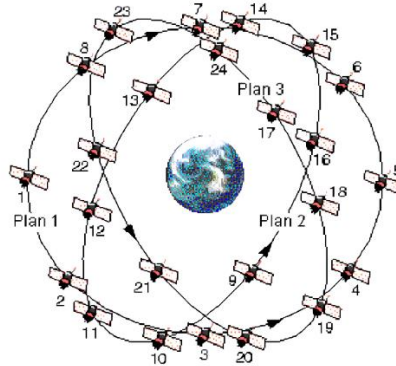
Kaynak: TÜBİTAK Uzay, (2025a).

Uzaktan Algılama (Yer Gözlem) Görev Yükleri;

- Termal sensörler,
- Radar (Sentetik Açıklıklı Radar- SAR),
- Kamera sistemleri olarak sıralanabilir.

2.2.3. Seyrüsefer (Navigasyon) Uyduları

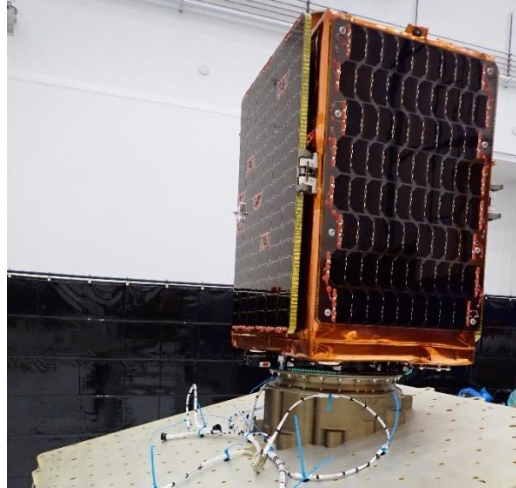
Seyrüsefer (Navigasyon) ve Konumlandırma Görev Yükleri; Kullanıcılarının bulundukları yeri, konumu ve zamanı tespit etmesini sağlamaktadır. Navigasyon takım uyduları aktif olarak ABD'nin GPS, AB'nin Galileo, Rusya'nın GLONASS ve Çin'in Beidou olarak sıralanabilir.



Şekil 6. GLONASS Takım Uyduları

Kaynak: Gangale, (2007).

Türkiye’de ise Fergani Uzay, gelecek beş yılda 100 uydu üretim hedefiyle Uluğ Bey isimli küresel konumlama sistemini inşa etmeyi amaçlamaktadır. Şekil 7’de Fergani’nin geliştirdiği ilk seyrüsefer uydusu FGN-100-d1 deneme amaçlı 2025’te yörüngeye fırlatılmıştır.



Şekil 7. Seyrüsefer Uydusu (FGN-100-d1)

Kaynak: Fergani, (2025).

Seyrüsefer Görev Yükleri;

- Hız ve konum radarı,
- Mesafe ölçüm sensörü,
- Atom saati olarak sıralanabilir.

2.2.4. İstihbarat Uyduları

Askeri ve Güvenlik Görev Yükleri; Ülkeler sahip oldukları uydular aracılığıyla farklı coğrafyalarda gözetleme, keşif ve bilgi toplama faaliyetleriyle askeri alanda kullanılmasını sağlamaktadır.



Şekil 8. KH-11 Casus Gözlem Uydusu

Kaynak: Commons.wikimedia, (2025).

ABD 1960'da SSCB'yi izlemek için geliştirdiği casus uyduların dönemine göre en gelişmiş versiyonu KH-11 1976'da fırlatılmıştır. Casus uydulardaki temel amaç ise bölgede gerçekleştirilen aktivitelerin gözlemlenmesi ve raporlanmasıdır (TÜBİTAK, 2025c).

Optik gözetleme uyduları olumsuz hava durumlarından etkilenebilmekteydi bu nedenle SAR radar uyduları da yeryüzünden bilgi edinmek için kullanılmaya başlandı.

İstihbarat Görev Yükleri;

- SAR,
- Optik kameralar
- Sinyal istihbaratı (SIGINT) olarak sıralanabilir.

2.2.5. Hava ve Meteoroloji Uyduları

Yer yüzündeki havanın sürekli izlenerek gelecek hava olaylarının tahmin edilebilmesi sağlamaktadır. Hava durumunun tahmini ve fırtına, kasırga, sel vb. ani hava olaylarını erken ihbar edilmesini ve tahribatın azalmasını sağlamaktadır (Özyıldırım ve İlarslan 2025).

Hava ve Meteoroloji Görev Yükleri;

- Radyometre,
- Sensörler,
- Spektrometreler olarak sıralanabilir.

2.2.6. Diğer Bilimsel Amaçlı Uydular

Bilimsel araştırmaların gerçekleştirilmesi için kullanılan uydu teknolojileridir. Dünya dışındaki Ay, Mars, Asteroit, diğer gezegen ve cisimlerin incelenmesine imkan sağlayan görev yüklerine sahip uydular ile araştırmalar gerçekleştirilmektedir.



Şekil 9. Hubble Uzay Teleskobu

Kaynak: NASA, (2025).

Aktif görevde olan Hubble uzay teleskobu 1990'dan beri evrene dair temel uzay anlayışını değiştirmiştir (NASA, 2025).

Bilimsel Görev Yükleri;

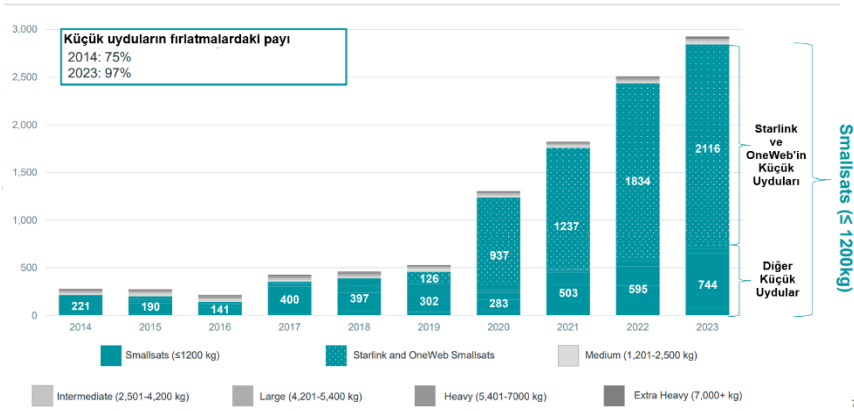
- Optik,
- Kamera,
- Teleskop,
- Sensörler olarak sıralanabilir.

Teknoloji Deneme ve Test Görev Yükleri; Yeni, teknik cihaz ve ekipmanlar, motorlar, itki sistemleri, vb. yeni teknolojilerin test edilmesi işlemidir.

2.2.7. Küp Uydular

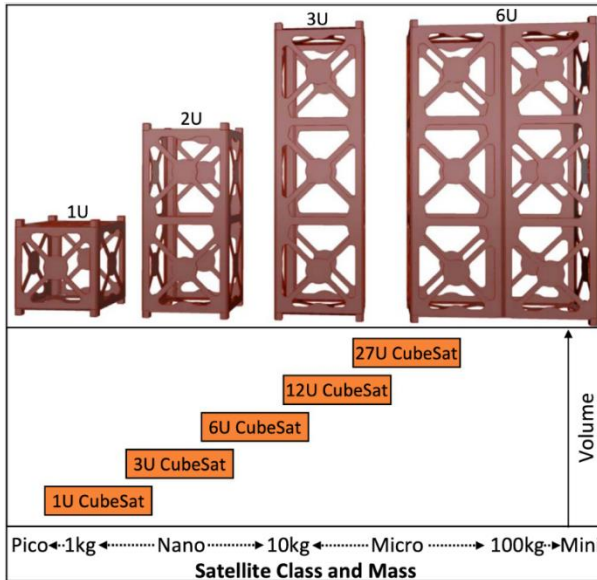
Çeşitli amaçlarda kullanılmak üzere farklı görev yükleriyle donatılan uydular bulunmaktadır. Bu tercih devletlerin ve ticari işletmelerin uydu kullanım

amacıyla yakından ilgilidir. Fakat son süreçte uzay teknolojilerindeki gelişim küçük uyduların yeteneklerini artırmıştır.



Şekil 10. Yıllar İtibariyle Küçük Uydu Fırlatma Sayıları
Kaynak: (Brycotech, 2024).

Küçük ebatlı ve yüksek yetenekli olması küçük uyduların daha fazla tercih edilmesini sağlamıştır. Bu durum fırlatma sayıları itibariyle de teyit edilmektedir (Şekil 2.35). Son veriler incelendiğinde 2023'te gerçekleştirilen fırlatmaların %97'si küçük uydu kategorisinde gerçekleştirilmiştir (Brycotech, 2024).



Şekil 11. Küp Uydu
Kaynak: (Poghosyan ve Golkar 2017).

Küp uyduların boyutu itibarıyla tasarım kolaylığı, üretim süreçlerinin daha az değişkene bağlı olmasıyla ise uygun maliyetlerle kısa sürede üretilmesini sağlamaktadır (Süer vd., 2014). Aynı zamanda hazır ekipmanlar (COTS) ile küp uydu entegrasyonu basit, güvenli, düşük maliyetlerle gerçekleştirilebilmektedir (İlaraslan, 2025; Özyıldırım ve İlaraslan 2025; Bayraktar, 2025). Küp uydunun alt sistemleri, Optik, kamera, sensör, yörünge düşürme, uçuş bilgisayarı, kontrol kartları, transponder, anten, güneş paneli, pil vb. olarak sıralanabilir (Ümit vd., 2012).

Ayrıca ağırlığı ve boyutu nedeniyle daha az alan kaplayan küp uyduların fırlatma maliyetleri de oldukça düşüktür. Bu durum ise küçük özellikle küp uyduların gelişimini desteklemektedir. Türkiye’de üretilmiş Küp uydular Şekil 12’de gösterilmektedir.



Şekil 12. Türkiye’de Üretilen Küp Uydular

Kaynak: Erkeç ve Şanlı (2023).

Türkiye’de İTÜ’nün geliştirdiği ITUpSAT1 2009’da 700 km’lik irtifada yörüngeye yerleştirilen deneysel küp uydu hala aktif olarak sinyal göndermektedir. Avrupa Birliği FP7 programı kapsamında İTÜ ve Hava Harp Okulu tarafından geliştirilen HavelSat ve BeEagleSat küp uydular da başarıyla fırlatılmıştır. Ayrıca İTÜ ve paydaşları tarafından geliştirilen Türksat 3USAT, ve UBAKUSAT küp uyduları başarıyla fırlatılmıştır (Erkeç ve Şanlı 2023).

Brycotech’in Küçük Uydu Raporuna göre, (Brycotech, 2024).

- Uydu fırlatmaları özelinde 2019 ile 2023 arasında toplamda 8.703 küçük uydu fırlatılmıştır. Bu uyduların %75’inden fazlasının yörünge taşımacılığını ise Falcon 9 roketi gerçekleştirmiştir.
- Devletlerin sivil ve askeri amaçlı İletişim, ticari, deneysel uydu üretimi gerçekleştirilmiş olup 2023’te toplamda 2.860 adet küçük uydu fırlatılmıştır.
- 2014’ten 2023’e kadar gerçekleştirilen küçük uydu fırlatmaların uyduların % 66’sı SpaceX’in Starlink iştirakine aittir.

- 2020 ile 2023 arasında fırlatılan küçük uyduların ortalama %75'i uydu iletişimi için Starlink ve OneWeb şirketleri tarafından gerçekleştirilmiştir.

Starlink'in LEO'da aktif olarak hizmet veren uydu sayısı yaklaşık 7.000'in üzerindedir. Çin'de Spacecom Satellite Technology Ltd. (SSST), ticari uydu iletişim hizmeti veren bir operatör olmayı hedeflemektedir. SSST, LEO'ya fırlatacağı 1000'den fazla uydu ile dünya çapında kapsama alanına sahip olabilecektir. SSST, takım uydularıyla Starlink gibi uydu tabanlı internet erişimi sağlamayı hedeflemektedir. Dünya'nın her yerinden yüksek hızlı, gerçek zamanlı, güvenli ve güvenilir erişim imkanı sağlamayı amaçlamaktadır (SSST, 2025). SpaceX'in 2020'den sonra sayısı artarak yaptığı fırlatmalara yeni operatörlerin eklenmesiyle LEO'daki uydu yoğunluğu artacaktır (Brycotech, 2024). Ayrıca Amazonun LEO'da takım uydu projesi bulunmaktadır. Bu durum ise hali hazırda yörüngedeki uydu varlığını artıracak olup uzay teknolojileri alanında rekabeti artıracaktır.

Güncel olarak 2025'in ilk yarısında yerli uydu üreticilerinin yörünge taşımacılığında SpaceX'i tercih etmiştir. SpaceX'in 14 Ocak 2025'te gerçekleştirdiği 500 km irtifaya gerçekleştirilen (Transporter 12) fırlatmada Plan-S'in Connecta IoT Network takım uydusu için tasarladığı Connecta IOT-5, 6, 7 ve 8 uyduları yer almıştır (AA, 2025a). Ayrıca İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) ve Pakistan Hava Üniversitesi iş birliğiyle tasarların, geliştirilen ve üretilen PAUSAT-1 16U'luk 1.5m çözünürlüğe sahip yer gözlem uydusu da fırlatılmıştır (İTÜ, 2025). Son olarak ise Fergani Uzay'ın FGN-100-d1 isimli ilk uydusunun da taşınması aynı fırlatmada gerçekleştirilmiştir (Fergani, 2025). SpaceX'in gerçekleştirdiği taşımacılık faaliyetinde mikro uydu, küp uydu ve yüklerin 30'unu taşıyan Yörünge Transfer Araçları (YTA) dahil olmak üzere 131 tane yük taşımıştır (SpaceX, 2025a).

Türkiye özelinde son süreçte şekil 12'de gösterilen küp uyduların yan sıra Plan-S, Hello Space, GUMUSH Aerospace ve Fergani Uzay gibi yerli firmalarda faaliyetlerini sürdürmektedir.

Özellikle Plan-S, lojistik, tarım, enerji, finans, şehir planlaması, afet yönetimi ve çevresel izleme faaliyetlerinde sahip oldukları küp uydular ile hizmet sunmaktadır. Son olarak Haziran 2025'te gönderdiği uydular ile 12'si ticari 5'i test uydusu olmak üzere 17 uydu ile operasyonlarını sürdürmektedir. Plan-S uydu tabanlı sistemleriyle aktif olarak hizmet vermeye başlamıştır. Örneğin, Plan-S ile ADM Elektrik arasında yapılan iş birliğiyle karasal bağlantının zayıf olduğu yerlerde ADM Elektrik sayaç okuma işlemlerinde Connecta uyduları kullanılacaktır (AA, 2025e; Plan-S, 2025a). Ayrıca Plan-S Türkiye'de ilk LEO

uydu operatörü olarak yetkilendirilmiştir. Plan-S 2025'in sonu 2026'nın başında 4 uydu daha fırlatmıştır.

Fergani Uzay ise FGN-100-d1 uydusunu geliştirmiştir. Uydunun yörüngeyede testleri süren sürdürülmektedir. FGN-100-d1 uydusu, Küresel Konumlama Sistemi (KKS) için deneme uydusu olarak göndermiş olup ardından FGN-100-d2 versiyonunu da göndererek gelecekte Uluğ Bey isimli takım uydusunu oluşturulması hedeflenmektedir (Fergani, 2025).

Hello Space, 2si test 2 si ticari hizmet veremeye hazırlanan uydusu bulunmaktadır. (Nanosats, 2025). Hello Space, dünya çapında veri IoT hizmeti sunacak bir şirket olma hedefindedir (Hello Space, 2025).

GUMUSH AeroSpace ise fırlatmayı planladığı Taurus uydularını 2025'in ikinci yarısında yörüngeye başarıyla göndermiştir. Sahip olduğu Taurus ve sayısı artacak uydular ile akıllı tarım uygulamaları alanında hizmet vermeyi planlamaktadır. Ayrıca diğer uydu üreticilerine uzmanlaştığı küp uydu alt sistemlerinde parça ve yedek parça tedariki hizmeti sunmaktadır (GUMUSH, 2025).

Yerli uydu üreticileri fırlatma operasyonlarında erişim kolaylığı, alt yapı, fırlatma sıklığı, entegrasyon desteği, maliyet vb. nedenlerden SpaceX ve Falcon 9 roketini tercih etmektedir. Ek olarak yüksek yerlilik oranına sahip TÜRKSAT 6A da Falcon 9 roketiyle yörüngeye fırlatılmıştır. Gelecekte özellikle Roketsan, Delta V ve Fergani Uzay gibi yerli fırlatma operatörlerinin faaliyet göstermesi muhtemeldir. Uyduların fırlatma sahasına taşınmasında karşılaşılabilecek riskler nedeniyle Türkiye'de yerleşik fırlatma operatörlerinin olması uydu üreticileri için oldukça önemlidir.

Roketsanın Şimşek roketleriyle Türkiye'de yerleşik uydu üreticilerinin gelecekte müstakil olarak uzaya erişimine imkan sağlayacaktır. Somali'de Türk Uzay Üssü projesi ise bunun önemli kanıtıdır. Bu bağlamda yörünge taşımacılığında karşılaşılabilecek potansiyel risklere karşı hazırlıklı olunması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- AA, (2025a). <https://www.aa.com.tr/tr/vg/video-galeri/turk-takim-uydusuna-4-yeni-oyuncu-katildi/207>, Erişim Tarihi: 18.12.2025
- AA, (2025e). <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turk-teknoloji-sirketinin-uzaydaki-varligi-artiyor/3611094>
- Bayraktar, C. (2025). Uydular, Yörüngeler ve Farklı Sınıflandırmalara Göre Uydu Türleri. Y. Toraman (Ed.), (s. 43-60). Nobel Bilimsel Eserler.
- Brycetechn, (2024). https://brycetechn.com/reports/report-documents/Bryce_Smallstats_2024.pdf, Erişim Tarihi: 18.12.2025
- Commons.wikimedia, (2025). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:KH-11_KENNEN_diagram.jpg/, Erişim Tarihi: 13.11.2025
- Crisp, N. H., Roberts, P. C., Livadiotti, S., Oiko, V. T. A., Edmondson, S., Haigh, S. J., ... & Schwalber, A. (2020). The benefits of very low earth orbit for earth observation missions. *Progress in Aerospace Sciences*, 117, 100619.
- Erkeç, T. Y., & Şanlı, A. (2023). Türkiye'nin Uzay Keşfi: Türk Savunma Sanayisine Katkıları. *Atasaren*, 69.
- Fergani, (2025). <https://ferganispace.com/tr/haberler/milli-uydu-fergani-fgn-100-d1-uzayda/>, Erişim Tarihi: 15.11.2025
- Gangale, T. (2007). A Limited International Agreement on Property Rights. In *AIAA SPACE 2007 Conference & Exposition* (p. 6072).
- GUMUSH, (2025a). <https://gumush.com.tr/about/>, Erişim Tarihi: 23.07.2025
- Hello Space, (2025). <https://www.linkedin.com/company/hello-space-systems>, Erişim Tarihi: 03.12.2025
- İlarslan, M. (2025). Uzay Lojistiği ve Taşımacılığı. Y. Toraman (Ed.), (s. 135-152). Nobel Bilimsel Eserler.
- İTU, (2025). <https://haberler.itu.edu.tr/haberdetay/2025/01/27/itu-ve-pakistan-hava-universitesi-is-birliginde-gelistirilen-pausat-1-yorungede>, Erişim Tarihi: 18.12.2025
- Kenneth M. P., (2002). *Encyclopedia of Physical Sciences and Technology Third Edition, 2002 Volume 14 Academic Press/Elsevier, Burlington, MA.*
- Ledesma, O., Lamo, P., & Fraire, J. A. (2024). Trends in LPWAN technologies for LEO satellite constellations in the NewSpace context. *Electronics*, 13(3), 579.
- NASA, (2025). <https://assets.science.nasa.gov/content/dam/science/missions/hubble/videos/hubble-banner-animation-nov-2025-compressed.gif?w=1920&h=1080&fit=clip&crop=faces%2Cfocalpoint/>, Erişim Tarihi: 13.11.2025
- Özyıldırım, A., ve İlarslan, M. (2025). Uydu Görev Yükleri. Toraman (Ed.), (s. 61-89). Nobel Bilimsel Eserler.

- Plan-S, (2025a). <https://www.plan.space>, Erişim Tarihi: 20.12.2025
- Ramahatla, K., Mosalaosi, M., Yahya, A., & Basutli, B. (2022). Multiband reconfigurable antennas for 5G wireless and CubeSat applications: A review. *IEEE Access*, 10, 40910-40931.
- Science NASA, (2025). <https://science.nasa.gov/earth/earth-observatory/catalog-of-earth-satellite-orbits/>, Erişim Tarihi: 15.12.2025
- SpaceX, (2025a). <https://www.spacex.com/launches/mission/?missionId=transporter12> Erişim Tarihi: 20.02.2025
- SSST, (2025). <http://mwcsanghai.com/exhibitors/29287-shanghai-spacecom-satellite-technology-ltd>, Erişim Tarihi:27.03.2025
- Süer, M., Yakut, E., Oran, C., & Aslan, A. R. (2014). Nart–Nano ve Kúp Uydular için Boyutlandırılabilir Modüler Uydu Yapısı Alt Sistemi, 8. Ulusal Havacılık Ve Uzak Konferansı, Ankara
- TUA, (2025). <https://tua.gov.tr/tr/proje/turksat-6a-2>, Erişim Tarihi: 15.11.2025
- TÜBİTAK Uzak, (2025a). <https://uzay.tubitak.gov.tr/imece/>, Erişim Tarihi: 13.11.2025
- TÜBİTAK Uzak, (2025b). <https://uzay.tubitak.gov.tr/>, Erişim Tarihi: 13.11.2025
- TÜBİTAK, (2025c). <https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf;jsessionid=b47Rl727KzxidB0in5Uw3TbI?dergiKodu=4&cilt=24&sayi=280&sayfa=26&yaziid=5923>
- Ümit, M. E., Bař, M. E., Akyol, İ. E., Uludağ, M. ř., Ecevit, A. B., & Aslan, A. R. (2012). TURKSAT 3USAT Kúp Uydusu için Elektrik Güç Sistemi Tasarlanması, 8. Ulusal Havacılık ve Uzak Konferansı, Ankara

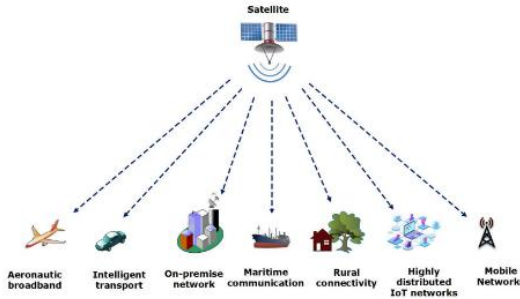
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

UZAY TEKNOLOJİLERİ VE KULLANIM ALANLARI

3.1. Giriş

Sputnik'in 1957'de fırlatılmasıyla uzay çağı başlamıştır. Uzay teknolojilerinin geliştirilmesi de bu dönemde olmuştur. Uzay teknolojisi; roket, uzay aracı, yapay uydular, astronot kıyafetleri vb. ekipman ve teçhizatların geliştirilmesi, kullanılması, bakım, onarım ve idame süreçlerinin bütünüdür. Bu dönemde geliştirilen uzay teknolojileriyle televizyon yayınları, uydu telefonları, hava durumu tahmini, GPS (Global Positioning System) vb. yenilikler insanların kullanımına sunulmuştur. Aynı zamanda Atmosfer, Yörüngeler, Ay ve diğer gezegenlerin araştırılmasını kolaylaştırmıştır. Uzay teknolojilerinin geliştirilmesi Ay görevlerini ve Uluslararası Uzay İstasyonunun (International Space Station, ISS) görevine devam edebilmesini sağlamıştır (Aglietti, 2020). Ek olarak geliştirilen uzay teknolojileri yeryüzünde insan hayatının birçok alanında kullanılmaktadır. Uzay teknolojilerinin geliştirilmesinden elde edilen deneyim mikrodalga fırın, oyun konsolu, şarjlı el süpürgeleri, protezler, modern oksijen maskeleri, işitme cihazları, yapay kalp pompası, kızılötesi termometre vb. teknolojiler insanların kullanımına sunulmuştur.

Geleneksel uzay faaliyetleri daha çok bilimsel araştırma tabanlıyken günümüzdeki uzay teknolojileri birçok ticari faaliyete konu olmuştur. Bunun en önemli örneklerini SpaceX, Virgin Galactic, Rocket Lab, Blue Origin, Axiom Space, Boeing, Space Perspective vb. şirketler uydu, roket ve uzay aracı teknolojilerini devletler, kurum ve kuruluşların yanı sıra bireylerin kullanımına sunmasıdır. Uydu aracılığıyla internete erişim, uzay araçları veya balonlarla uzaya erişim imkanı sunulmaktadır. Türkiye'de ise Roketsan, TUSAŞ, Plan-S, Gumush Aerospace, Hello Space, Fergani vb. uzay teknolojileri üreten şirketler bulunmaktadır. Uzay teknolojilerini üreten firmaların artmasıyla gelecekte uzay tabanlı sistemlerin kullanımı daha uygun maliyetlerle gerçekleştirilebilecektir.



Şekil 1. Uydu Kullanım Alanları

Kaynak: (Ramahatla vd., 2022).

Söz konusu şirketler ürettikleri uzay teknolojileriyle özellikle uydular ile farklı sektörlerde hizmet sunmaktadır (Akyildiz ve Kak, 2019; Jian vd. 2021).

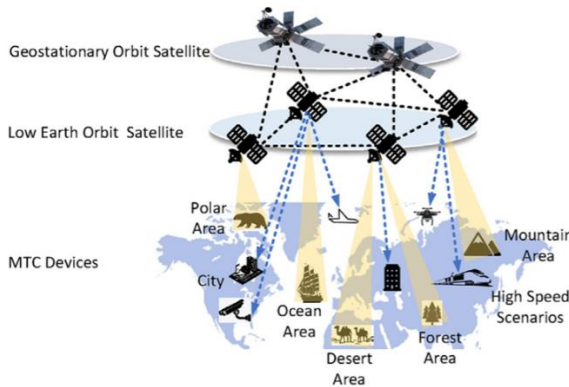
- Lojistik alanında özellikle denizyolu taşımacılığında operasyonların takibinde,
- Tarım ve hayvancılık alanında arazinin ve ürün gelişiminin takibinde,
- Doğal kaynaklar ve enerji üretim potansiyeli olan alanların takibinde,
- Şehir planlama faaliyetlerinde altyapı ihtiyaçlarının belirlenmesi için kentlerin izlenmesinde,
- Afet yönetiminde yıkımın büyüklüğünü anlamak, hasarın değerlendirilmesini ve müdahalesi için alanın izlenmesinde,
- Çevre izleme veya gözetleme faaliyetleriyle yeryüzündeki kara, deniz ve hava değişimlerinin takibinde,

Uydular, iletişimde ve veri aktarımında sıklıkla kullanılmaktadır.

3.2. Uzay Teknolojileri Ve İş Modelleri

İnsanlık yüzyıllar boyunca farklı alternatif yollardan iletişim kurmayı denemiş ve dönemin şartlarına göre başarılı olmuşlardır. Süreç içerisinde ateş, duman, çeşitli işaretler, yazının icadı ile evcilleştirilmiş hayvanlar vb. çeşitli yöntemlerle ile haberleşilmiştir. Graham Bell'in öncülerinden kabul edildiği 1800'lü yıllarda üzerinde çalışılan telgraf ve telefon teknolojisi karasal bağlantı altyapısının da gelişmesiyle telgraf, telefon, elektronik mail, SMS aracılığıyla insanlar iletişim kurabilmiştir. Uzay teknolojilerinin gelişmesiyle ise uydu telefonları, GPS ve uydu haberleşme cihazlarını kullanılmıştır.

Karasal bağlantı yani karasal ağlar dünyanın genelinde kullanılıyor olmasına rağmen hali hazırda dünyanın %80'inde karasal ağlar ile bağlantı altyapısı bulunmamaktadır (Jiao vd. 2021).



Şekil 2. Uydular Aracılığıyla İletişim ve Gözlem

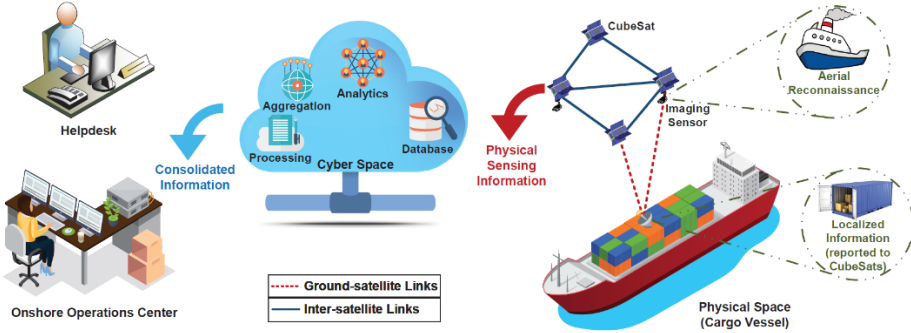
Kaynak: (Ye vd. 2022).

Geliştirilen uzay teknolojileriyle Şekil 2’de görüldüğü gibi Makine Tipi İletişim (MTC) cihazlarıyla iletişim kurulabilmektedir. Ayrıca uyduların sahip olduğu sensörler sayesinde uzaktan algılama faaliyetleriyle istenilen bölgeler gözlemlenebilmektedir. Uyduların kullanımıyla neredeyse %100 coğrafi kapsama alanına sahip bağlantılar kurulması hedeflenmektedir (Ye vd. 2021).

Dünyanın yalnızca %20’sini kapsayan karasal ağlar akıllı tarım, doğal afet erken ikazı, iklim izleme, akıllı ulaşım sistemleri vb. gibi çoklu bağlantılara yanıt vermede eksik kalmaktadır (Jiao vd. 2021). Bu kapsamda geliştirilen uzay teknolojileriyle yeni uzay firmaları devlet, kurum, kuruluş veya bireysel müşterilerine geniş kapsama alanı, kolay kullanım, hızlı erişim, uygun maliyetli iletişim altyapısı çözümlerini sunmaktadır.

3.2.1. Lojistik

Gelişen ekonomiler küreselleşmeyi ve çok uluslu şirketlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu kapsamda üretilen ürünlerin müşterileri buluşması sürecinde tedarik, üretim, taşıma, depolama, paketlenme, depolama, dağıtım vb. lojistik faaliyetleri önemli hale getirmiştir. Küresel tedarik zinciri operasyonlarında lojistik faaliyetlerin başarıyla tamamlanabilmesi için koordinasyon bunun için ise iletişim ve anlık veri takibi oldukça önemlidir (Akyildiz ve Kak, 2019).



Şekil 3. Uydu Bağlantısı ve Lojistik Operasyonlar

Kaynak: (Akyildiz ve Kak, 2019).

İletişim kurmanın zor olduğu kara yolu, demir yolu, deniz yolu, boru hattı taşımacılığında uydu bağlantılarıyla anlık veri takibi küresel taşımacılık faaliyetlerinde sürecin yönetimi uydu iletişimiyle gerçekleştirilebilecektir. Örneğin, Şekil 3’te görüleceği üzere denizyolu taşımacılığında çeşitli sensörlerle yük ve geminin konum takibi yapılabilmektedir. Ayrıca kara yolu taşımacılığında filodaki araçların veya konteynerlerin, demir yolu taşımacılığında konteynerlerin konum ve sıcaklık durumları takip edilebilir. Özellikle kara yolu taşımacılığında teslimat sürecinde, takip ve çıkacak sorunlara karşı yeniden rotalama faaliyetleriyle etkinlik ve

verimlilik artışı sağlanabilir. Elde edilen anlık veriler lojistik operasyonların başarıyla tamamlanabilmesi için kullanılabilir.

3.2.2. Tarım

Teknolojinin gelişimiyle tarım faaliyetlerinden elde edilen verimlilikte de artış sağlanmıştır. Özellikle tarımda makineleşme verim artışında oldukça önemlidir. Son süreçte ise uzay teknolojilerinin kullanımıyla toprağın durumu, ürünün gelişiminin, verim tahmini ve sulama süreçlerini kolaylaştıracaktır.



Şekil 4. Tarımda Uydu Kullanımı

Kaynak: (PlanS, 2024).

Şekil 4’te de görüleceği üzere tarım alanlarının uzaktan algılama veya sensörler ile takibi geleneksel yöntemlere göre tarımsal faaliyetleri kolaylaştırmaktadır.

Karasal ağ bağlantılarının tarımsal alanlarda etkin olmaması bölgedeki iletişim zorluklarından biridir. Uydular aracılığıyla tarım alanları sürekli olarak gözlemlenebilir. Ürünlerin gelişimi yakından takip edilebilir. Tarımsal alanlarda karşılaşılan doğa üstü olaylara kısa sürede müdahale edilebilir ve zaiyat oranı azaltılabilir.

Ek olarak;

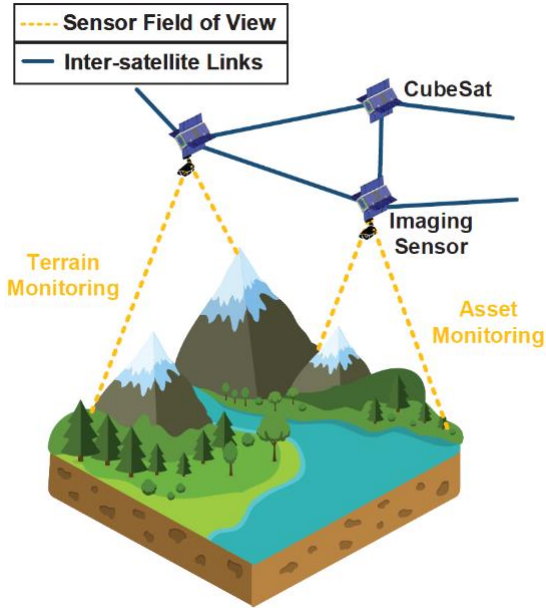
- Toprağı analiz edilerek verimlilik haritası çıkarmak,
- Tarımsal ürün sağlığının takibi (büyüme süreçleri incelenerek),
- Kuralığın tespiti ve müdahale,
- Toprak erzyonu ve çölleşme süreçlerinin takibi,
- Nem seviyelerinin ölçümü ve tarımsal ürünlerin ihtiyaca göre sulanması,
- Bitki sağlığının takibi ve gerekli bölgelerde kimyasal ilaç kullanılması,

- Tarımsal ürünlerin takibiyle hasat ve üretim planlamalarının gerçekleştirilmesi,
- Tarımsal üretim planlamasında arazilerin etkin kullanımı,
- Tarımsal arazilerin dijital haritalarının çıkarılmasıyla planlama sağlamak,

Tarımda makineleşmeden, tarımda uzay teknolojilerin kullanımı safhasına geçilmiştir. Yakın bir gelecekte kullanımı geniş bölgelere yayılması beklenmektedir. Tarımda makineleşmeye benzer şekilde uydu teknolojilerinin kullanımıyla etkinlik ve verimlilik artırılabilecektir.

3.2.3. Enerji ve Doğal Kaynaklar

Enerji kaynakları özellikle yer altındaki fosil yakıtlar ve değerli madenler üretim için önemli girdileri oluşturmaktadır. Üretim faaliyetlerinin devamı için enerji önemli bir unsurdur. Bu kapsamda yeryüzündeki jeolojik kalıntıların, radar ve kızılötesi teknikler kullanılarak uydular ile incelenmesiyle zemin etüdü öncesi daha geniş alanların daha uygun maliyetlerle hızlı bir şekilde taranabilecektir. Bu durum sürdürülebilir enerji temini açısından oldukça önemlidir. Ayrıca yeraltındaki maden ve minerallerin tespitinde de kullanılabilir. Yenilenebilir güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve hidroelektrik enerji kaynak alanlarının tespitinde de kullanılması muhtemeldir. Enerji üretim sahalarındaki değişimin takibi üretim sürecinin optimizasyona katkı sunacak ve verimliliği artıracaktır.



Şekil 5. Uydular ile Doğal Kaynakların Takibi

Kaynak: (Akyildiz ve Kak, 2019).

Uydular göl, nehir, yeraltı su kaynaklarının süreç içerisindeki değişimlerini istatistiki olarak takibi ve sorun görülmesi durumunda önleyici tedbirlerin alınmasında destek olacaktır. Doğal kaynakları haritalandırılarak etkin süreç yönetimine katkı sunulabilir.

Ticari enerji sektörü açısından ise uyduların farklı alanlarda kullanılabilir. Boru hatlarının bütünlüğünü bozucu risklere karşı önceden önlem alınabilmektedir. Basınç sensörlerinin takibi ile sorunun tespitiin ardından hızlı müdahale sağlanabilmektedir. Enerji santrallerinin, elektrik kulelerinin takibi ve elektrik hatlarının denetimiyle olası sorunlara karşı durum tespiti yapılarak teknik ekibin hızlı müdahalede bulunmasını sağlayacaktır. Ayrıca akıllı sayaçlar ile sayaç verileri uydular vasıtasıyla takip edilebilmektedir. Bu durum saha operasyonlarını kolaylaştıracaktır. Türkiye’de enerji alanında uydu kullanım üzerine çalışmalar bulunmaktadır. Muğla, Denizli ve Aydın’da elektrik dağıtım hizmeti sunan Adm elektrik karasal ağ bağlantısının olmadığı yerlerde uydular ile elektrik sayaçlarındaki verilere gerçek zamanlı ulaşmayı hedeflenmiştir. Bu kapsamda Adm elektrik ve Plan-S başarılı bir şekilde pilot çalışmasını tamamlayarak sağlıklı bir veri akışı elde edilmiştir. Bu kapsamda elektrik dağıtım faaliyetleri etkin, verimli ve güvenilir hale getirilirken karbon ayak izinin de azaltılması hedeflenmektedir (Adm elektrik, 2024).

Şehir Planlama ve Altyapı

Tarımda makineleşme nüfusun kentlere göçüne neden olmuştur. Göçler ise şehir merkezlerinin genişlemesine ve altyapı yetersizliğine neden olmuştur. Şehir nüfuslarının sürekli artması nüfusun yoğun olarak kentlerde yaşması şehir planlamasını ve altyapı çalışmalarını oldukça önemli hale getirmiştir. Türkiye özelinde de toplam nüfusun %90’ından fazlası şehirlerde yaşamaktadır (TÜİK, 2024).

Şehir planlama kapsamında uydu teknolojisiyle;

- Yerleşim alanlarını,
- Arazi kullanımı,
- Şehirlerin büyümesinin

takibini kolaylaştıracaktır.



Şekil 6. Şehrin Uydu Görüntüsü (Konsept görüntü)

Kaynak: (PlanS, 2024).

Altyapı kapsamında ise;

- Enerji hatları,
- Su ve kanalizasyon hatları,
- İnşaat alanlarının,

takibinin gerçekleştirilmesiyle altyapı faaliyetleri planlanabilmektedir. Ayrıca şehirlerin uydular ile takibi yeşil alanların, su kaynaklarının ve hava kalitesinin korunmasını sağlayacaktır (PlanS, 2024).

3.2.4. Afet Yönetimi ve Risk Yönetimi

Afetler ani gelişen doğaüstü olaylardır. Afetler insanlar için hayati tehlike oluştururken alt yapıya da zarar vererek bölgedeki insanların hayatını olumsuz etkilemektedir. Afetlere karşı önlem almak, afet anında koordinasyonu sağlamak ve afet sonrası hızlı müdahale edebilmek insanların hayatını kurtarmada etkili olacaktır.

Uydu teknolojisiyle;

- Deprem ve volkanik aktivitelerin takibi
- Sel ve taşkın,
- Kasırga ve tsunami,
- Toprak kaymaları ve erozyon,
- Yangın ve kuraklık,

risklerinin analizi ve olası afetlere hazırlık için kullanılabilir. Örneğin; Yerkabuğundaki hareketlerin sensörler ile iletilmesi ve analizi sonucunda deprem ve volkanik aktivite riskleri tespit edilir ve bölgede yaşayan insanların uyarılması sağlanabilir. Nehirlerin yapısı incelenerek sel ve taşkın riskini önleyici tedbirler

alınabilir. Kasırğa ve tsunamileri oluşturan hava ve yer değişimleri sensörler sayesinde önceden tespit edilerek afet riskini önleyici tedbirler alınabilir.



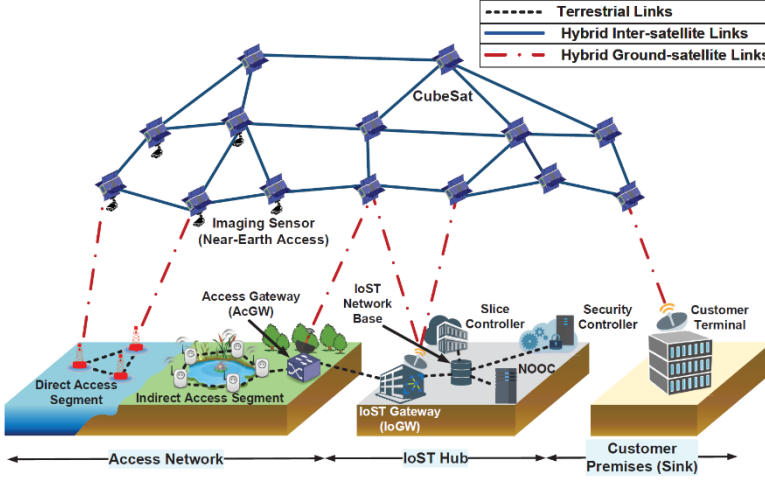
Şekil 7. Şehrin Afet Süreci ve Uydu Görüntüsü

Kaynak: (PlanS, 2024).

Afet bölgelerinde karasal ağ bağlantıları zarar görebileceği için uydu teknolojisi afet sonrası iletişim sürdürülmesini sağlayacaktır. Özellikle bölgede afetin gerçekleşmesinin ardından son durumun tespiti, müdahale ekiplerinin elde edilen verilere göre kurtarma faaliyetlerinin planlanması, yürütülmesi ve afet sonrası bölgenin rehabilitasyonunda uydular ile takibin gerçekleştirilmesi süreç etkinliğine katkı sunacaktır (Akyildiz ve Kak, 2019).

3.2.5. Çevre İzleme (Gözetleme)

Herakleitos'un “*Değişmeyen tek şey değişimin kendisidir.*” sözünün çevre izleme faaliyetleriyle değişimlerin takip edilmesini ve gerekli önemlemlerin alınmasının gerekliliğine vurgu yaptığı varsayılabilir. Dünya'nın milyarlarca yıllık değişimi devam etmektedir. Çevre izleme, insan hayatını korumak, değişimin takip edilmesi ve tedbir alınması gereklidir. Çevre izleme faaliyetleri afetler gibi ani gerçekleşen ve insan hayatını etkileyen doğa olaylarına karşı ya da küresel ısınma, hava ve su kalitesinin korunmasına karşı uzun bir süreli tedbirlerin alınmasını gerektirecek olaylara müdahalede rol oynayabilir (Akyildiz ve Kak, 2019).



Şekil 8. Uydu Teknolojisiyle Çevre İzleme
Kaynak: (Akyildiz ve Kak, 2019).

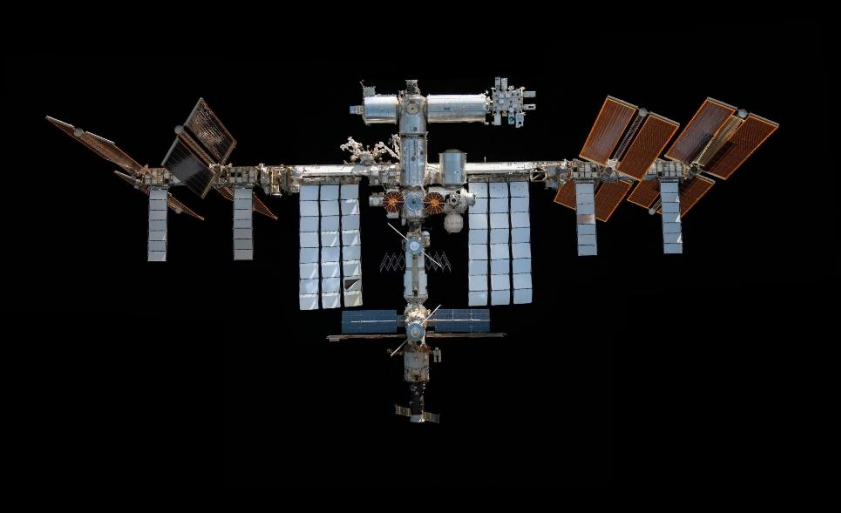
Çevre izleme faaliyetleri;

- Hava ve su kalitesi,
- Çevrenin kirliliği,
- Doğa olayları,
- Şehir planlamasına uygunluk,
- Tarım arazileri,
- Yabani canlı hayatının,

takibinin gerçekleştirilmesi ve gerekli önlemlerin alınmasıyla gelecekte oluşabilecek tehlikenin önüne geçilmiş olunacaktır. Ayrıca uydular yeryüzünde kapsama alanındaki bölgelerin izlenmesinin yanında doğal gaz kaçıkları, petrol sızıntıları, nükleer kaza vb. durumları izlemek içinde oldukça kullanışlıdır.

3.2.6. Uzak Turizmi

Uzak'ta gerçekleştirilen ticari turizm faaliyetleri 2001 yılına dayanmaktadır. Uzak turizmi Space Adventures aracılığıyla Dennis Tito'nun Şekil 9'da gösterilen ISS'te bulunmasıyla başlamıştır. ISS 25 yıldır yörüngede kalmış olup 270'in üzerinde astronotu ağırlamıştır. Türkiye özelinde ise 2024 yılında ilk Türk Astronot (Türkonot) Alper Gezeravcı bilimsel araştırmaların gerçekleştirilmesi kapsamında ISS'te çalışmalarını tamamlamıştır (NASA, 2024; Toivonen, 2022).



Şekil 9. Uluslararası Uzay İstasyonu (ISS)

Kaynak: (NASA, 2024)

Axiom Space'in özel uzay istasyonu girişimiyle, SpaceX, Virgin Galactic, Blue Origin, tekrar kullanılabilen uzay araçlarıyla yörünge altı ve Ay seyahatleriyle, Space Perspective and Zero2Infinity ise uzay balonlarıyla uzay turizmine önemli katkılar sunulacaktır. Uzay turizminde 2030 itibarıyla 5 milyon turiste ulaşacağı öngörülmektedir (Giachino, 2023). Ayrıca 2030 yılı için 1,5 milyar ABD doları toplam ticari uzay hacmine ulaşılması hedeflemektedir (Florom-Smith vd, 2022).

SpaceX'in 2050 için hedeflediği Mars görevleri de uzay turizminin gelecekte daha farklı gezegenlere yayılabileceğini göstermektedir. Uzay seyahati için geliştirilen uzay araçları ve uzun menzilli hareket kabiliyetleri bu hedefleri desteklemektedir (SpaceX, 2024).

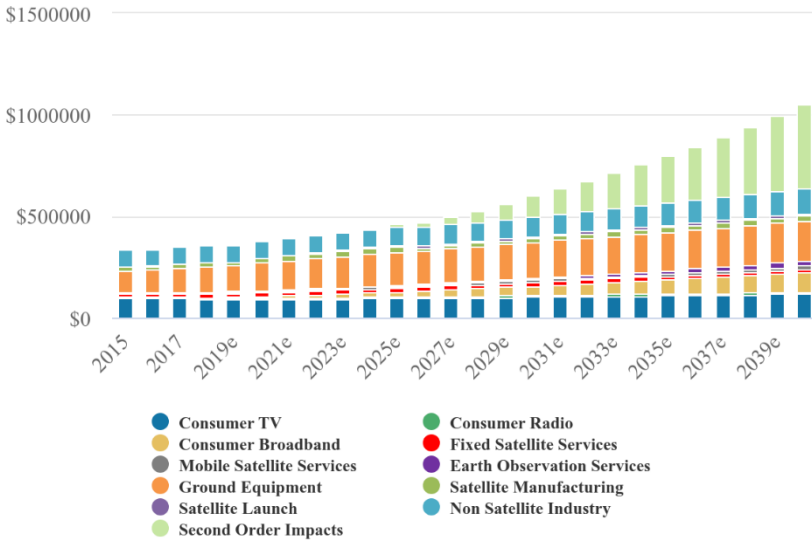
3.2.7. Uzay Bankacılığı

Blokzincir teknolojinin dağıtık ağ prensibiyle merkeziyetiz bir şekilde çalışabilmesi ve eşler arasında herhangi bir aracı olmadan veri (para) alışverişine imkan sunmasıyla öne çıkmıştı. Geçen sürede blokzincir tabanlı kripto para kullanımı ve işlem hacmi artmıştır. Ayrıca blokzincir teknolojisi Kripto Para, Token, Non-Fungible Token (NFT), Metaverse vb. teknolojilerin gelişimine ve kullanımına önemli katkı sunmuştur.

Bu durum bankacılık sektörünün değişimine ve güncellenmesine yol açmıştır. Bankacılık sektörü dijital ödemelerde farklı alternatifler üzerinde sürekli çalışmakta ve yeni projelere yoğunlaşmaktadır. Bu alanda J.P. Morgan'ın

desteklediği Onyx ile blokzincir projeleri üzerinde çalışmaktadır. Diğer blokzincir çalışmalarından ayrılan yönü ise blokzincir ağlarında uydu teknolojisinin kullanımıdır. Blokzincir ağlarında uydu teknolojisini kullanarak uzay ödeme sistemleri üzerine faaliyetlerini sürdürmektedir. Geliştirme aşamasında olan Onyx'in 'Horizon 3' projesinde önemli mesafe kaydedilmiştir. Yakın yörüngede hizmet veren LEO uyduları arasında başarılı işlem gerçekleştirilmiştir. Fakat LEO uydularının belleklerinin yetersiz olması ilerleyen süreçte işlemlerin gerçekleştirilmesinde sorun yaşanacağına işaret etmektedir (Morganstanley, 2024; J.P. Morgan, 2024).

Onyx'in girişimi gelecekte bankacılığın tamamen dijitalleşebileceğini göstermektedir. Özellikle COVID-19 sonrası ticari ve bireysel ödeme işlemlerindeki dijitalleşme hız kazanmıştır. Bu durum orta ve uzun vadede fiziksel banka şubelerinin ortadan kalkacağını ve bankacılığın tamamen dijital ve uzay ortamında gerçekleştirilebileceğini göstermektedir.



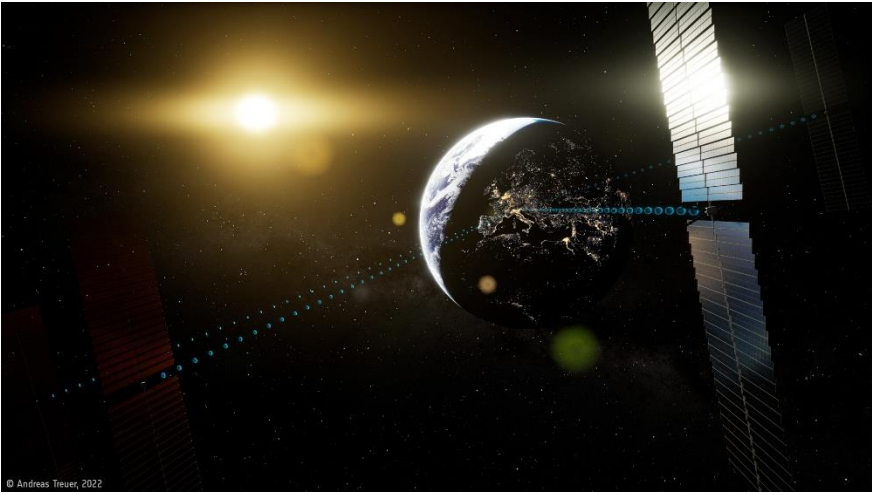
Şekil 10. Küresel Uzay Ekonomisi (\$t)

Kaynak: (Morganstanley, 2024a)

Ticari uzay firmalarının artması uzay faaliyetlerinin daha uygun maliyetlerle gerçekleştirilebileceğini ve uzun vadede kullanım alanlarının artmasını sağlayacaktır. Bu kapsamda Uzay ekonomisinin 20 yıl içinde 1 trilyon ABD dolarını geçmesi beklenmektedir (Morganstanley, 2024; Salykov vd. 2024). Uzay teknolojilerinin kullanımıyla elde edilecek gelirlerde 2040'a kadar önemli oranda artış yaşanması beklenmektedir.

3.2.8. Uzak Reklamcılığı ve Uzayda Enerji Üretimi

Uzay’da bilimsel araştırma, turizm ve asteroid madenciliği gibi faaliyetlerin yürütülmesi hedeflenmektedir. Fakat bu süreçte önemli kısıtlardan birisi enerjidir. Uzay araştırmalarında uzay içerisinde enerji ikmal noktalarının bulunmaması nedeniyle maliyet etkin çözümler üretmiş olup yörünge hareketlerinden faydalanılarak ulaşım sağlanmaktadır. Uzay araştırmalarında Dünya bağlantısı sürdürebilmesi için Ay’da kurulması düşünülen güç ünitesi projesi oldukça önemlidir. Bu kapsamda Rus Uzay Ajansı başkanı Yuriy Borisov’un Rusya ve Çin’in 2033-2035 yılları arasında Ay’a bir güç ünitesi ulaştırmayı ve kurmayı düşündüklerini belirtmesi önemli bir gelişmedir.



Şekil 11. Avrupa Uzay Ajansı’nın Uzay Tabanlı Güneş Enerjisi Projesi “SOLARIS”

Kaynak: (ESA, 2024).

Avrupa Uzay Ajansı (ESA) uzay tabanlı güneş enerjisinin yeryüzünde insanların kullanımına sunmayı hedeflemektedir. ESA ‘SOLARIS’ programıyla insanların enerji ihtiyaçlarında kullanımı için geliştirilmekte olan projedir. SOLARIS’te uzaydaki enerji kablolu olarak toplamayı yeryüzüne aktarmayı ve evlerde kullanılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Bu proje ayrıca temiz enerji olarak nitelendirilebilir. Son süreçte fosil yakıtların kullanımıyla artan küresel ısınmaya karşı önleyici veya yavaşlatıcı tedbir olarak görülebilir (ESA, 2024).

Uzay reklamcılığı alanında ise SpaceX ile işbirliği yapacak olan Kanada merkezli Geometric Energy Corporation’un (GEC) yörüngeye gönderilecek ve yan yüzeyinde reklam alanı olacak küp uyduların fırlatılmasını planlamaktadır. Küp uydular 6 U şeklinde planlanmış olup reklam alanları bu uyduların yan

yüzeyi olarak planlanmaktadır. Fakat yörüngede olan küp uyduların yeryüzünden insanlar tarafından görülemeyeceği için küp uydunun yanındaki kamera sayesinde yan yüzeyde reklam çalışmaları görülebilecektir. Twitch ve Youtube üzerinden yapılan yayınlar ile uydu ekranları canlı olarak takip edilebilecektir. Şirket'in yöneticisi Samuel Reid'e göre uzay teknolojileri gelecekte pazarlama ve reklamcılık alanında önemli bir fark yaratacaktır (Kerry Hebden, 2024). Uzay teknolojilerinin gelişimi gelecekte hem uzayda hem de Dünya'da bireysel ve kurumsal kullanıcılara fayda sağlayacaktır.

Uzay teknolojileri sürekli değişim ve dönüşüm içindedir. Şu an olduğu gibi teknolojinin kullanımı gelecekte de sürecek hatta artacaktır. Dijitale geçmeyen sektörlerde bile işletmelerin iç ve dış çevre faktörlerden etkilenmeleri nedeniyle dijitale maruz kalacaktır. Birçok bilinmezliğin ve riskin olduğu bir alan olmasına rağmen teknoloji, sağladığı faydalardan ötürü özel ve ticari faaliyetlerde sıklıkla kullanılmaktadır.

Uzay teknolojileri dijitalleşme süreçlerini hızlandıracaktır. Karasal bağlantıların %20-30 arasında sağlanırken özellikle uydularla neredeyse %100'e yakın bir kapsama alanına ulaşılabilir. Bu kapsamda dijitalleşmeye dışsal nedenlerden dolayı direnç gösteren bireyler, işletmeler ve toplumlar uyduların kullanımıyla etkileşime geçebilecek ve dijital süreçlere adapte olabilecektir.

Uydu teknolojileri, lojistik alanında özellikle denizyolu taşımacılığında operasyonların takibinde, tarım ve hayvancılık alanında arazinin ve ürün gelişiminin takibinde, doğal kaynaklar ve enerji üretim potansiyeli olan alanların takibinde, şehir planlama faaliyetlerinde altyapı ihtiyaçlarının belirlenmesi için kentlerin izlenmesinde, afet yönetiminde yıkımın büyüklüğünü anlamak, hasarın değerlendirilmesini ve müdahalesi için alanın izlenmesinde, çevre izleme veya gözetleme faaliyetleriyle yeryüzündeki kara, deniz ve hava değişimlerinin vb. takibinde kullanılarak toplumlara, kurum, kuruluş ve devletlere fayda sağlayacaktır.

Ayrıca uzay araştırmaları için geliştirilen teknolojilerin tamamı gelecekte Dünya'da insanların hizmetine sunulabileceği için uzay araştırmalarının desteklenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalar devletlere, kurumlara, toplumlara ve bireylere önemli katkılar sağlayacaktır.

Kaynakça

- Admelektrik, (2024). <https://www.admelektrik.com.tr/medya-merkezi/basin-bultenleri/Adm-Elektrik-ve-Plan-S-%C4%B0%C5%9F-Birli%C4%9Fiyle-T%C3%BCrkiye%27de-Bir-%C4%B0lk:-Elektrik-Saya%C3%A7lar%C4%B1-Uzaydan-Okunacak>, (Erişim Tarihi: 20.12.2024).
- Aglietti, G. S. (2020). Current challenges and opportunities for space technologies. *Frontiers in space technologies*, 1, 1.
- ESA, (2024). https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/SOLARIS/SOLARIS2
- Florom-Smith, A. L., Klingenberg, J. K., & DiBiase, C. P. (2022). Commercial space tourism: An integrative review of spaceflight participant psychological assessment and training. *REACH*, 25, 100043.
- Giachino, C., Pucciarelli, F., Bollani, L., & Bonadonna, A. (2023). Is generation Z ready to fly into the space? The future of tourism is coming. *Futures*, 145, 103064.
- J.P. Morgan, (2024). <https://www.jpmorgan.com/technology/news/blockchain-in-space>, (Erişim Tarihi: 05.11.2024).
- Jiao, J., Wu, S., Lu, R., & Zhang, Q. (2021). Massive access in space-based Internet of Things: Challenges, opportunities, and future directions. *IEEE Wireless Communications*, 28(5), 118-125.
- Kerry Hebden, (2024). <https://room.eu.com/news>, (Erişim Tarihi: 02.10.2024).
- Kulu, E. (2024). CubeSats & Nanosatellites—2024 Statistics, Forecast and Reliability. In *Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC (Vol. 2024)*.
- Morganstanley, (2024). <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space/>, (Erişim Tarihi: 05.11.2024).
- NASA, (2024). <https://www.nasa.gov/international-space-station/> (Erişim Tarihi: 07.11.2024).
- PlanS, (2024). www.plan.space/space-as-a-solution (Erişim Tarihi: 25.09.2024).
- Ramahatla, K., Mosalaosi, M., Yahya, A., & Basutli, B. (2022). Multiband reconfigurable antennas for 5G wireless and CubeSat applications: A review. *IEEE Access*, 10, 40910-40931.
- Salykov, A., Aimbetov, A., Yesmagulova, N., & Jussibaliyeva, A. (2024). Factors and trends in the development of the space industry in the context of the digitalization of the economy of the Republic of Kazakhstan. *Environment, Development and Sustainability*, 26(3), 6703-6718.

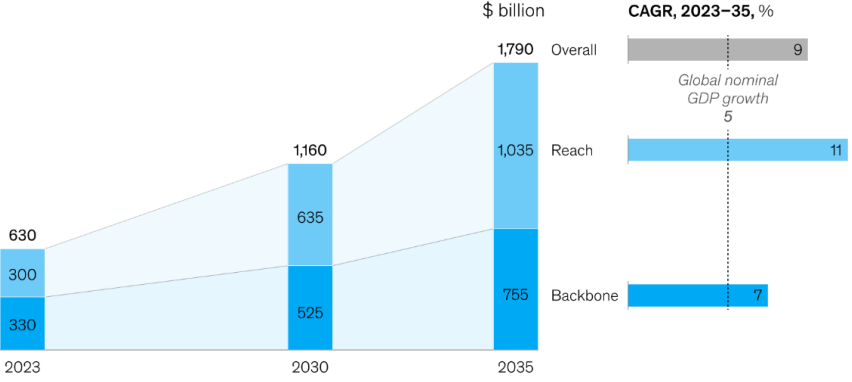
- SpaceX, (2024). <https://www.spacex.com/vehicles/starship/> (Erişim Tarihi: 08.11.2024).
- Toivonen, A. (2022). Sustainability dimensions in space tourism: The case of Finland. *Journal of Sustainable Tourism*, 30(9), 2223-2239.
- TÜİK, (2024). <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=49685>, (Erişim Tarihi: 10.12.2024).
- Ye, N., Yu, J., Wang, A., & Zhang, R. (2022). Help from space: Grant-free massive access for satellite-based IoT in the 6G era. *Digital Communications and Networks*, 8(2), 215-224.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

UZAY EKONOMİSİ

4.1. Giriş

Teknolojinin gelişimi ekonominin dinamiklerini değiştirmiştir. Dijitalleşmeyle farklı sektörlerin ortaya çıkmıştır. Özellikle 2000’li yıllardan sonra teknolojinin hızlı gelişimi birçok alanda olduğu gibi uzay endüstrisini de etkilemiştir. Bu durum literatüre “Uzay Ekonomisi” kavramını kazandırmıştır. İlk etapta bilimsel araştırmaların gerçekleştirilmesi için yürütülen uzay faaliyetleri 2023 yılına gelindiğinde yaklaşık 600 milyar ABD doları hacmine ulaşmıştır. Uzayda yeni bir ekonomik alan ortaya çıkmış ve gelişimini sürdürmektedir. Uzay ekonomisi uzay ve ötesindeki ekonomik değeri olan aktiviteleri içermektedir. Uzay keşif, bilimsel araştırma, insanlara fayda sağlamak için kaynakların kullanılması olarak tanımlanabilir. Uzay endüstrisini oluşturan asteroid madenciliği, uzayda üretim, ticari uzay istasyonu, uzay araçları, uzay turizmi, uydu bakım onarım, ay veya uzayda enerji üretimi vb. faaliyetler uzay ekonomisinin temeli sayılabilir (Kulu ,2023; Odabas vd., 2025).



Şekil 1. Küresel Uzay Ekonomisi
Kaynak: (Mckinsey, 2024)

Günümüzde 600 milyar ABD doları olan uzay ekonomisinin geleceği hakkında yapılan araştırmalarda Şekil 1’de gösterildiği gibi 1,790 milyar ABD doları büyüklüğe ulaşması beklenmektedir. Temel uzay faaliyetleri ortalama Küresel Gayri Safi Yurt İçi Hasıladan (GDP) daha az artacağı düşünülmektedir. Örneğin, uydular, fırlatma faaliyetleri ve uydu teknolojileriyle sunulan hizmetler GPS veya televizyon yayınları vb. uzay ekonomisinin temel işlevlerini oluşturmaktadır. Fakat uyduların geniş bir kapsama alanına ulaşmasıyla akıllı

telefonların uydu bağlantıları gerçekleştirebilmesi veya endüstri 4.0 ve Toplum 5.0 (Super Smart Society) kapsamında nesnelerin internetini uydu bağlantısıyla yapılabilmesini sağlayan uzay faaliyetlerinde ortalama GDP’den daha fazla artış göstermesi beklenebilir (Mckinsey, 2024).

Farklı kurumların yaptığı hesaplamalara göre en kötü tahmin 2035 itibariyle 1 trilyon ABD dolarının üstünde bir büyüklüğe ulaşması beklenmektedir. Gelecekte küresel uzay ekonomisinin ortalama 1 trilyon ABD dolarının üstü olacağı düşünülebilir (Morganstanley, 2024).

Tarım, sanayi, hizmet sektörlerinin yanında uzay endüstrisi de yakın gelecekte bir trilyon ABD doları büyüklüğü aşarak hem uzay ekonomisine hem de küresel ekonomiye önemli katkılar sağlayacaktır.

4.2. Uzay Ekonomisi

Teknolojinin gelişimi dünya dışı uzay endüstrisinin oluşumuna zemin hazırlamıştır. Uzay ekonomisi, uzay ve ötesinde gerçekleştirilen uzay faaliyetlerinden elde edilen ekonomik faydanın etkin ve verimli bir şekilde kullanılmasıdır. Ayrıca Dünya Yörüngesi, Ay, Mars, Derin Uzay ve ötesindeki varlıkların kullanarak ekonomik fayda sağlamaktır. Uzay ekonomisi uzay tabanlı ekonomi, yörünge ekonomisi, dünya dışı uzay ekonomisi, ay ötesi ekonomi olarak alt kırılımlara da ayrılabilir.

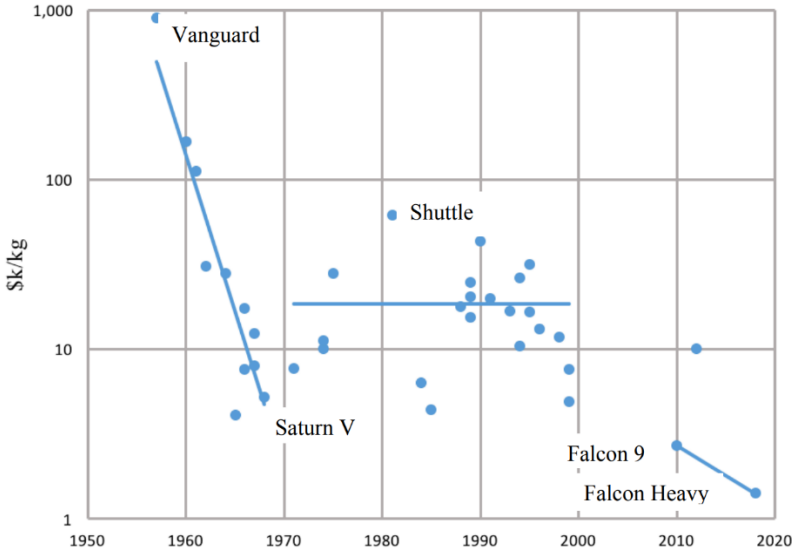
Uzay ekonomisi;

- Uzay içi üretim ve diğer faaliyetler,
- Uzay teknolojileriyle Dünya’da gerçekleştirilen faaliyetler,
- Uzay turizmi,

vb. faaliyetlerinden oluşmaktadır. Uzay ekonomisini oluşturan uzay teknolojileriyle ortaya çıkan iş modelleri ve uzay turizmi farklı konu başlıklarda incelenmiştir.

Uzay ekonomisi uzayda üretim veya uzay içi ekonomi olarak görülebilir. Örneğin, uzay istasyonları, uzay araçları, asteroid madenciliği vb. uzay içi üretim ve diğer faaliyetleri içermektedir. Aynı zamanda uzay teknolojileriyle yeni hizmetlerin geliştirilmesi mümkündür. Geliştirilen hizmetler yer yüzünde kullanarak ekonomik etkinlik sağlanabilir. Örneğin, uydular ile iletişim (telekomünikasyon), üretim, enerji, tarım, hayvancılık, şehir planlama, çevre izleme, hava, deniz ve kara ulaşımı afet yönetimi vb. alanlarda hizmet sunulmakta ekonomik fayda sağlanabilmektedir. Son olarak uzay turizmi faaliyetleriyle geçici olarak yörünge ve ötesinde gerçekleştirilen turistik geziler ile ekonomik fayda sağlanmasıdır.

Uzay ekonomisinin gelişimi özellikle teknolojinin gelişmesiyle ve fırlatma maliyetiyle yakından ilişkilidir.



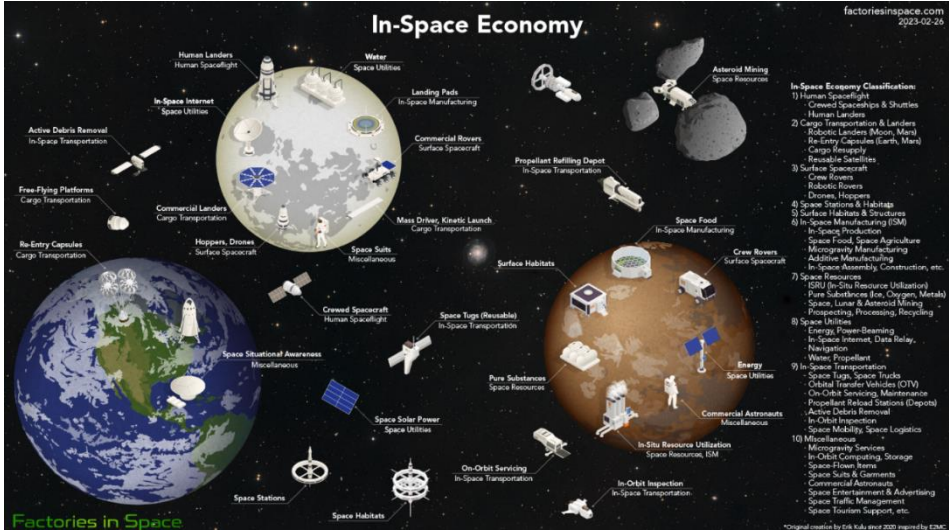
Şekil 2. Kilogram (kg) Başına Fırlatma İlk Fırlatma Maliyetleri
Kaynak: (Jones, 2018).

Şekil 2’de gösterilen fırlatma başına maliyetler uzay araştırmalarının gelişiminin nedenini göstermektedir. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi’nin (National Aeronautics and Space Administration, NASA) uzay aracı LEO’ya 27.500 kg’lık faydalı yükü fırlatma maliyeti yaklaşık 1.5 milyar ABD dolarıdır. Tekrar kullanılabilen roketlere sahip SpaceX’in Falcon 9 roketi ise LEO’ya yaklaşık 22.800 kg’lık bir faydalı yükü 62 milyon ABD dolarına gerçekleştirebilmektedir. Önceki roketler ile fırlatma başı maliyet 54.500 ABD doları iken Falcon 9 ile fırlatma başı maliyeti 2.720 ABD dolarıdır. Teknolojinin gelişimiyle fırlatma maliyetleri 20 kat azalmıştır. Bu durum uzay faaliyetlerine kısıtlı bütçelere sahip ticari şirketler de katılma fırsatı sunmaktadır. Gelecekte roket teknolojisinin birim başı fırlatma maliyetleri daha da düşürecek olup uzaya erişimin maliyeti azalacaktır. Nihai olarak ise uzay endüstrisinin gelişmesi ve ekonomik büyüklüğünün artması muhtemeldir (Jones, 2018). Starship ile kg başı taşıma maliyeti 200 ABD doları civarına düşmesi beklenmektedir.

4.2.1. Uzay Ekonomisi (Uzay İçi Ekonomi)

Uzay ekonomisi, uzay içinde uzay faaliyetleri için geliştirilen ve gerçekleştirilen endüstriyel üretimdir. Dünya yörüngesinin dışında gerçekleştirilen uzay faaliyetlerini ve faaliyetlere özel üretimi kapsamaktadır. Genel itibarıyla uzay istasyonları, yörünge dışı Ay, Mars, asteroid vb. alanlara erişim için ticari iniş araçları, uzay faaliyetlerinin sürdürülebilmesi için uzayda

enerji üretimi, asteroid madenciliği, uzay içi üretim vb. uzay içi faaliyetlerden oluşmaktadır (Kulu ,2023).



Şekil 3. Uzay Ekonomisi (Uzay İçi Ekonomi)

Kaynak: (Kulu ,2023).

ABD Ulusal Güvenlik Uzay Örgütleri'nin (U.S. National Security Space Organizations) yayınladığı raporda uzay içi tedarik, üretim ve lojistik faaliyetler uzay ekonomisinde önemli rol oynamasına rağmen yatırımların görece büyük kısmı fırlatma süreçlerine yapıldığı vurgulanmıştır. Uzay ekonomisinin geleceğinde uzay içi endüstri ön plana çıkacaktır (Kulu, 2023).

Uzay Ekonomisinin (Uzay İçi Ekonomi) sınıflandırılması;

- İnsanlı Uzay Uçuşu ve İniş Araçları (Human Spaceflight & Landers),
- Kargo Taşımacılığı ve İniş Araçları (Cargo Transportation & Landers),
- Yüzey Araçları Ay, Mars, Asteroid vb. (Surface Spacecraft),
- Uzay İstasyonları ve Yaşam Alanları (Space Stations & Habitats),
- Yüzey Yaşam Alanları ve Yapıları (Surface Habitats & Structures),
- Uzayda Üretim (In-Space Manufacturing),
- Uzay Kaynakları (Space Resources),
- Uzay Hizmetleri (Space Utilities),
- Uzayda Taşımacılık (In-Space Transportation),
- Çeşitli Destekleyici Faaliyetler (Miscellaneous)

4.2.2. İnsanlı Uzay Uçuşu ve İniş Araçları

Bu kategori insan uçuşuna (seyahat) uygun her türlü uzay aracını kapsamaktadır. Mürettebatlı uçuşun mümkün olduğu uzay araçlarıdır. Dünya yörüngesi ve ötesinde faaliyet gösterebilen uzay araçları, uzay gemileri veya uzay mekikleridir. Uzay araçlarıyla Ay, Mars ve Derin Uzay'a taşımacılığı da içermektedir. Ayrıca Ay, Mars vb. gezegenlere insanlı inişi ve yeniden kalkışı gerçekleştirebilen araçlardır (Kulu ,2023). Bu alanda özellikle SpaceX firması çalışmalarını sürdürmektedir. Gelecekte Mars kolonizasyonu için çalışmalarına devam etmektedir (SpaceX, 2024).



Şekil 4. İnsanlı Uzay Uçuşu ve İniş Araçları

Kaynak: (SpaceX, 2024; Blue Origin, 2024).

Şekil 4'te İnsanlı uzay uçuşlarını ve yüzeye inişini gerçekleştirebilecek Starship ve Blue Moon uzay araçları gösterilmiştir (SpaceX, 2024; Blue Origin, 2024).

4.2.3. Kargo Taşımacılığı ve İniş Araçları

Uzay araçları dünyadan Ay, Mars ve Derin Uzay'a çeşitli bilimsel araştırma, üretim geliştirme veya uzayda insani ihtiyaçların karşılanması için gerçekleştirilen kargo taşımacılığına özel araçlardır (Kulu ,2023).



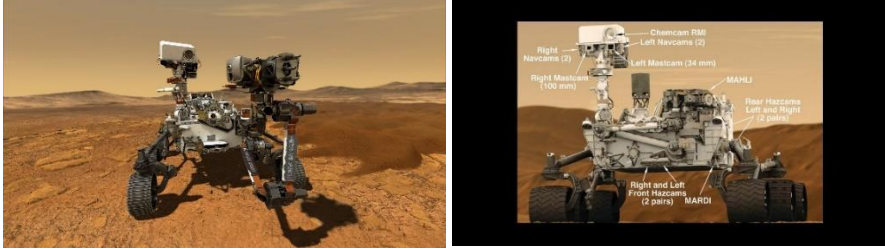
Şekil 5. Kargo Taşımacılığı ve İniş Araçları

Kaynak: (ESA, 2024; Boeing, 2024).

Kargo taşımacılığı ve iniş araçları uzay istasyonlarına kargo teslimatı gerçekleştirebilir. Ayrıca yörünge ötesindeki alanlara iniş gerçekleştirebilme yeteneğine sahiptir. Atmosfere yeniden giriş ve Dünya'ya dönüş yeteneğine sahip kapsüllerde bu kısımda yer almaktadır (Kulu ,2023).

4.2.4. Yüzey Araçları (Ay, Mars, Asteroid vb.)

Dünya dışı gezegenlerde yüzeyde veya yüzeye yakın şekilde faaliyetlerini sürdüren uzay araçlarıdır. Bu araçlar İnsansız Hava Aracı (İHA) veya tekerlekli araçlar şeklinde tasarlanmaktadır. Yüzey araçları keşif, yüzey gezintisi ve bilimsel araştırmaların gerçekleştirilebilmesi için kritik öneme sahiptir. Yüzey araçlarından özellikle tekerli sınıf, tıpkı insan gibi gözleme için kafa kısmı, keşifsel faaliyetler için gövde kısmı ve hareket edebilmek içinde ayak kısmı bulunmaktadır (NASA, 2025a; ScienceNASA, 2025a; Kulu ,2023).

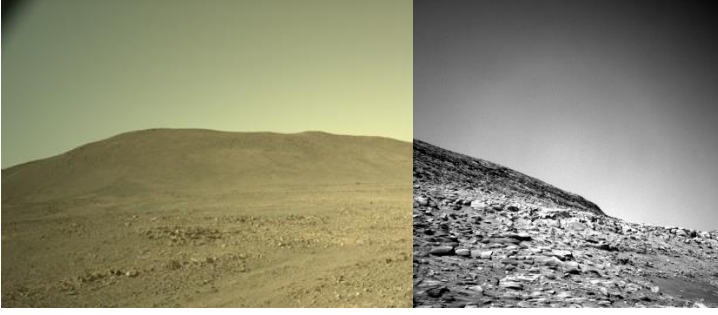


Şekil 6. Perseverance ve Curiosity Uzay Aracı

Kaynak:(ScienceNASA, 2025a; ScienceNASA, 2025b)

NASA'nın bilim görevlerinde kullanılmak üzere Mars'a 26 Kasım 2011'de gönderilen ve 6 Ağustos 2012'de iniş yapan Curiosity o zamana kadar gönderilen diğer araçlardan en büyük ve yetenekli yüzey aracıdır. Direk kısmında 7 aracın tamamında ise 17 kamera bulunmaktadır. NASA'nın bilim görevi kapsamında Mars'ta yaşam formlarını destekleyen çevresel koşulların varlığı araştırılmaktadır. Curiosity yaptığı araştırmalarda geçmişte yaşanabilir ortamlara dair kimyasal ve mineral kalıntıları bulmuştur. Curiosity araştırma faaliyetlerine aktif olarak devam etmektedir (ScienceNASA, 2025a; ScienceNASA, 2025b).

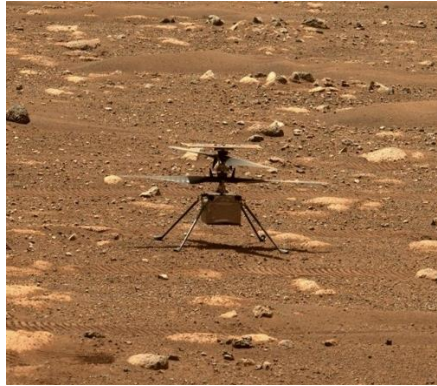
NASA'nın bilim görevi için 30 Temmuz 2020'de gönderilen ve 18 Şubat 2021'de iniş yapan Perseverance de Curiosity gibi geçmiş yaşam formlarını destekleyecek kalıntılar ve yaşam belirtilerini araştırmaktadır. Ayrıca Gelecekteki bir görevde getirilerek Dünya'da incelenmek üzere çeşitli Mars kayası, kırık kaya ve toprak numuneleri toplamaktadır (ScienceNASA, 2025a; ScienceNASA, 2025b).



Şekil 7. Perseverance ve Curiosity Yüzey Araçlarının
Mars'ta Çektiği Fotoğrafla
Kaynak: (NASA, 2025a; NASA, 2025b).

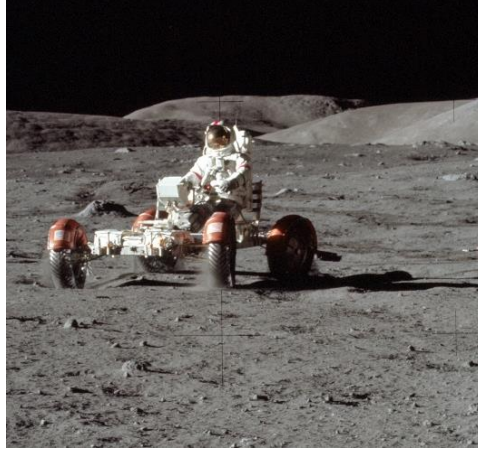
Şekil 7’de gösterilen fotoğraflardan soldaki Perseverance tarafından 8 Ocak 2025’te güneş saatiyle 09:28:51’de çekilmiştir. Perseverance, üzerinde bulunan Navcam kamerasını kullanmıştır. Sağdaki ise Curiosity tarafından 6 Ağustos 2012’de çekilmiştir (NASA, 2025a; NASA, 2025b).

Ayrıca İHA’lar da son süreçte deneme aşamasında olan yeryüzü araçlarıdır. Bu alanda NASA’nın Mars projesinde Perseverance yüzey aracıyla gönderdiği döner kanatlı helikopter Ingenuity yüzey aracını keşif ve araştırmalarında kullanmıştır (ScienceNASA, 2025c).



Şekil 8. Ingenuity Uzay Aracı (İHA-Helikopter)
Kaynak:(ScienceNASA, 2025c)

Ingenuity, dünyadan başka gezegende uçuş gerçekleştiren motorlu ilk hava aracı (İHA- Helikopter) olmuştur. Toplamda 72 uçuş, yaklaşık 18 km’lik bir mesafeyi kat etmiş ve 25 m yüksekliğe çıkabilmiştir. Ingenuity, Mars araştırmalarında Perseverance aracının hareket kabiliyetine olumlu katkı sağlamıştır (ScienceNASA, 2025c).



Şekil.9 Yüzey Aracı (Rovers)

Kaynak: (NASA, 2025c)

Şekil 9’da görülen yüzey aracı mürettebatlı uzay görevlerinde keşif veya bilimsel araştırmaların gerçekleştirilebilmesine destek amacıyla tasarlanmıştır. Elektrikli olan yüzey araçları uzaktan kullanıma veya sürücülü kullanımına uygun şekilde tasarlanarak uzay görevlerinde kullanılması için geliştirilmektedir (NASA, 2025c)

4.2.5. Uzay İstasyonları ve Yaşam Alanları

Yörüngelerde bulunacak uzay istasyonları ve yaşam alanları uzay ekosistemini geliştirecektir. Bu tür yörüngelerde bulunacak istasyonlar ile uzay kolonileştirebilir (Kulu, 2023).



Şekil 10. Axiom Space Uzay İstasyonu

Kaynak: (NASA, 2025d).

Şekil 10’da gösterilen Axiom Space NASA ile yaptığı anlaşmayla ISS’i ticari faaliyetlerinde kullanabilmektedir. Ayrıca 2030’da kullanım ömrünün dolması beklenen ISS’in yerine Axiom Space İstasyonu’nu faaliyete geçirmeyi hedeflenmektedir (NASA, 2025d). Gelecekte Dünya yörüngesi, Ay yörüngesi veya diğer gezegenlerin yörüngesinde kurulacak uzay istasyonları yeni uzay ekonomisinde ve uzay ekosisteminin gelişiminde etkili olacaktır. Yörünge istasyonları ayrıca Dünya’dan çıkışta veya dönüşte ikmal noktası olarak kullanılabilir.

4.2.6. Yüzey Yaşam Alanları ve Yapıları

Ay, Mars ve Derin Uzay yüzeylerinde Şekil 11’de konsept görselde gösterildiği gibi Astronotların barınabildiği, üretim, depolama ve yaşamsal alt yapıların bulunduğu yerleşim alanlarıdır.



Şekil 11. Uzay Yaşam Alanları (Konsept Görsel)

Kaynak: (NASA, 2025e).

NASA’nın Ay’daki Artemis görevleri veya Mars ve diğer Gezegenlere yapılacak seyahatlerin gidiş ve dönüş süresi uzun olduğu için yörüngelerdeki uzay istasyonlarında olduğu gibi yaşanılacak yüzeylerde de barınma alanlarının oluşturulması uzay araştırmalarının sürdürülebilirliği açısından önemlidir (NASA, 2025e). Yüzey yaşam alanlarında, bitki yetiştirme odası, bilimsel araştırma odası ve diğer uzay faaliyetlerinde yardımcı olabilecek robotik ve otonom teknolojilerin geliştirilmesi de uzay faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi için gereklidir.

Yüzeyde yapılacak yerleşim alanları (NASA, 2025e);

Yaşam desteği: Hava tazeleme, su geri kazanımı, atık toplama ve işleme,

Çevresel izleme: Atmosfer, su, partikül ve mikrobiyal cihazlar,

Mürettebat Sağlığı: Astronotların kas kaybının önlenmesi için egzersiz cihazları, tıbbi müdahale için teşhis ve tedavi ekipmanları ve uzun süreli gıda depolama,

Yapının dışı aktivite: Uzay yüzeyinde harekete imkan tanıyan uzay giysileri,

Yangın ve Radyasyon: Yangın izleme, tespit ve söndürme cihazları, uzayda atmosfer olmadığı için maruz kalınacak radyasyondan korunma malzemeleri,

vb. sahip olması gereken ekipman, teçhizat ve gerekli malzemelerin geliştirilmesi, üretimi ve depolanması uzay faaliyetleri için önemlidir.

4.2.7. Uzayda Üretim

Başlangıçta uzayda üretimin denemesi ISS'te gerçekleştirilmiştir. Mikro yerçekiminde ürün üretmek olarak tanımlanabilir. Uzayda ise bu durum çevresel şartlar nedeniyle imkansızdır. Uzayda dünyadan götürülen modüllerin, malzemelerin veya teknik ekipmanın birleştirilmesiyle montaj üretimi gerçekleştirebilir. Uzay istasyonları, yüzey yaşam alanlarının inşa edilmesi olarak tanımlanabilir. Gelecekte uzayda 3D yazıcılarla malzeme veya parça üretimi gerçekleştirilmesi mümkündür. Tamir, bakım, onarım veya inşa süreçlerinde 3D yazıcılar kullanışlı olacaktır (Kulu, 2021;Kulu ,2023).

4.2.8. Uzay Kaynakları

Uzaydaki madenlerin ticari bir değeri bulunsa bile uzay kaynaklarını Dünya'ya getirerek işleme maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle şu anlık tercih edilmemektedir. Fakat uzaydaki değerli madenler uzayda gerçekleştirilecek üretim için kullanılabilir. Bu kapsamda uzay madenciliği, Asteroid, Ay veya Mars kaynaklarının kullanımıyla mümkündür (Kulu, 2021;Kulu ,2023).

Ay, kaynakları işlenerek ticarileştirilebilir. Uzaya gönderilen nesnelerin geri dönüşüm faaliyetleriyle yeniden işlenerek ham madde veya yedek parça olarak kullanılabilir. Ayrıca metal işlemeciliği de uzay kaynaklarının kullanımıyla mümkün olabilecektir.

4.2.9. Uzay Hizmetleri

Teknik altyapı, tüketim malzemeleri, iletişim, navigasyon vb. uzayda sunulacak hizmetlerin tamamını oluşturmaktadır. Uzayda güneş enerjisi güneş panelleriyle elde edilerek kullanılabilir (Kulu, 2021;Kulu ,2023). Ay ve Mars'ta üretilen elektrik enerjisi gezegenler arasındaki seyahatlerde gereklidir. Yüzey alanlarındaki barınma, üretim ve temel faaliyetler sağlanırken kullanılan robotik makinelerin çalışabilmesi için de enerji üretimi gereklidir. Bu kapsamda Çin ve Rusya'nın 2035 yılında Ay'da nükleer enerji santrali kurma planı önemli örneğidir.

Uzayda iletişim uydularıyla astronotların kendi aralarında veya Dünya ile iletişim kurması için önemlidir. Bunun yanı sıra keşif, araştırma vb. faaliyetlerde kullanılan otonom veya robotik cihazlara komut gönderilebilmesi için iletişim kurulabilmesi gerekmektedir.

4.2.10. Çeşitli Destekleyici Faaliyetler

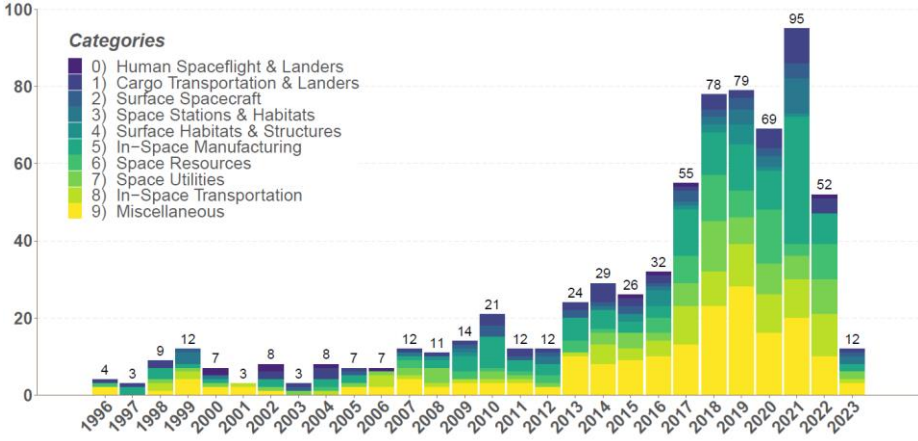
Uzay ekonomisine katkısı olan faaliyetlerdir. Mikro yerçekimi ve ISS'e erişim hizmet sağlayıcı ve bu erişim sürecinde destek sağlayıcıları kapsamaktadır. Uzayda Astronot veya yolcuların kullanabileceği giysilerin üretilmesini içermektedir. Uzayda eğlenceye yönelik ticari faaliyetler, uzay reklamcılığı ve pazarlaması, uzay trafiği yönetimi, uzay robotlarının üretimi, Ay ve Mars'ta uzaktan algılama ve uzay içi alt yapı faaliyetlerinin tamamı uzay ekonomisinin içerisinde yer almaktadır. Şekil 12'de ticari uzay firması SpaceX'in geliştirdiği uzay giysisi gösterilmektedir (NASA, 2025g).



Şekil 12. Astronot Giysisi

Kaynak: (NASA, 2025g).

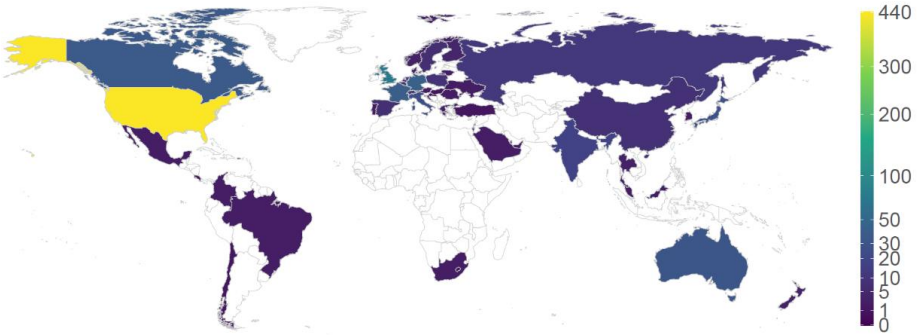
Uzay ekonomisinin önemli alt kırımlarından birisi de uzay turizmidir. Uzay turizmi, yörünge seyahati, yörünge altı seyahat, uzay otelleri vb. faaliyetler ile gerçekleştirilmektedir. Uzay araçları, roketler ve balonlar ile uzay turizm faaliyetleri sürdürülebilmektedir. Gelecekte Ay ve Mars seyahatleriyle seyahat hizmeti çeşitlenecek ve pazar hacmi artacaktır. Uzay turizminin büyüklüğü 2022'de yaklaşık 700 milyon ABD doları iken 2032'de 9 milyar ABD doları seviyesine yükselmesi beklenmektedir (Kulu, 2021; Kulu ,2023).



Şekil 13. Sınıflandırmaya Göre Kuruluş Yılları

Kaynak: (Kulu ,2023).

Uzay ekonomisinin sınıflandırılması şekil 13'te verilmiştir. Bu sınıflandırmada özellikle 2017'den sonra uzay teknolojileri üreten firmalarda artış olmuştur. Uzaya erişim maliyetlerinin azalması uzay faaliyetlerini artmıştır. Gelecekte de uzaya erişimin maliyeti düşecektir. (Kulu ,2021).

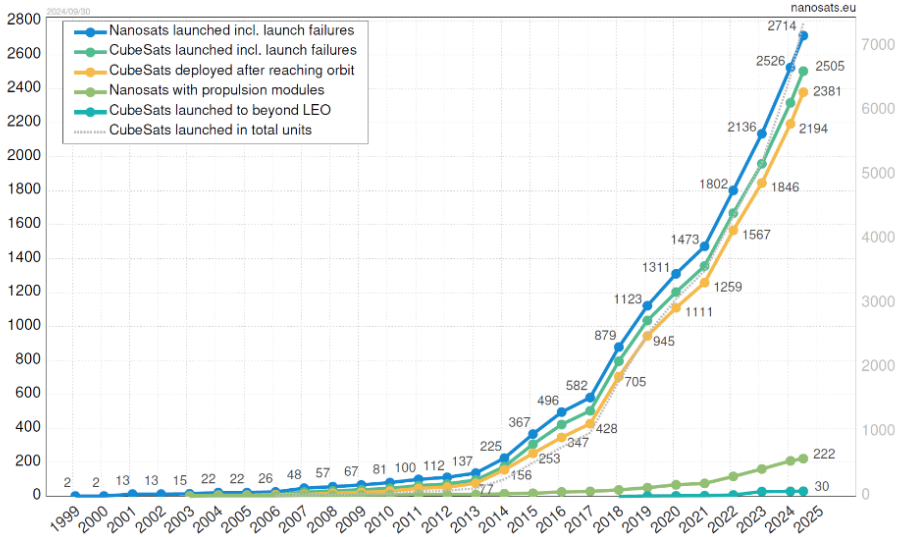


Şekil 14. Uzay Teknolojilerini Üreten Firmaların Coğrafi Dağılımı

Kaynak: (Kulu ,2024).

Şekil 14'te uzay teknolojilerinin üretimiyle uzay ekonomisine katkı sağlayan şirketlerin coğrafi dağılımı gösterilmektedir. Uzay ekonomisi özelinde oluşturan sınıflandırma içerisinde yaklaşık 800'ün üzerinde uzay şirketi bulunmaktadır. Bunların yarısından fazlası ABD merkezlidir. Ayrıca İngiltere 73, Almanya 40, Fransa 39, Çin 8, Japonya 28, Kanada 36, Avustralya 36 şirket bulunmaktadır. Fırlatma teknolojileri, uydu teknolojileri, uzay turizmi ve uydu iletişimi vb.

alanların birçoğunda ABD merkezli firmalar pazarda önemli bir paya sahiptir. Bu kapsamda ABD uzay ekonomisinin merkezi konumunda olduğu söylenebilir (Kulu ,2024).



Şekil 15. Uydü Fırlatma Sayıları

Kaynak: (Kulu ,2024).

Uzay ekonomisinin geleceği şekil 15'teki verileri inceleyerek tahmin edilebilir. Örneğin, fırlatılan uyduların artması yeni uydu operatörlerine ve yeni iş modellerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır. Uzay ekonomisinin geleceğinde ekonomik etkinliğin artması gerçekleştirilen uydu fırlatma operasyonlarıyla paralel ilerlemektedir. Başta uydular olmak üzere uzay teknolojilerinin kullanılmasıyla ekonomik aktivite sağlanacak ve uzay ekonomisinin hacmi artacaktır. Bu durum uzay ekonomisinin 2035 yılı itibariyle 1 trilyon ABD doları hedeflerini doğrulamaktadır. (Kulu ,2021).

Teknolojinin gelişimi devam ettikçe insan hayatı daha fazla alanda dijitalleşecektir. Dün fiziksel karşılığı olan birçok mal ve hizmet dijital formlara dönüşmüş durumdadır. Örneğin, sinema, finans, bankacılık, eğitim, e-ticaret, dijital pazarlama, sağlıkta robotik cerrahi operasyonlar vb. birçok alanda dijitalleşme hızla yayılmaktadır. Büyük veri, yapay zeka, nesnelerin interneti vb. teknolojilerin gelişimiyle de teknoloji çoğu üretim faaliyetlerinde rol oynamaya başlamıştır. Bugün geçmişten daha farklı ve üretim yoğun teknoloji kullanımıyla gerçekleştirilmektedir. Gelecekte ise blokzincir, kripto para teknolojileri bankacılık ve finans sektöründe metaverse, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri perakende ve hizmet sektöründe yapay zeka, büyük veri teknolojileri

sanayi ve üretim sektöründe kullanılacaktır. Fakat karasal internet ağıyla Dünya'nın %70'ine ulaşamamaktadır. Bu durum teknoloji kullanımının tabana yayılması ve dijitalleşmenin sürdürülebilirliğini engellemektedir. Kapsama alanının genişletilmesi internet ve iletişimin daha geniş bir coğrafyada sağlanabilmesi uzay teknolojileriyle mümkün olacaktır. Dünya, Yörünge, Ay, Mars ve Derin Uzay'da uzay teknolojilerinin kullanımı artmıştır. Roket, uzay aracı, uydu vb. teknolojiler navigasyon, TV, iletişim, internet turizm vb. alanlarda kullanılarak ekonomik bir değer yaratmaktadır. Bu ekosistem uzay ekonomisini oluşturmaktadır. Gelecekte uzay teknolojilerinin geliştirilerek kullanımının yaygınlaşması uzay ekonomisini de etkileyecektir. Bu bağlamda uzay ekonomisi gelecekte önemini koruyacaktır.

KAYNAKÇA

- Blue Origin, (2024). <https://www.blueorigin.com/>, (Erişim Tarihi: 13.09.2024).
- Boeing, (2024). <https://www.boeing.com/space/starliner#gallery>, Erişim Tarihi: 09.06.2024
- ESA, (2024). https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Space_Rider/Space_Rider_spacecraft_user_guide_update, (Erişim Tarihi: 18.09.2024).
- ESA, (2025). https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2003/12/The_ATV_and_Progress_spacecraft_use_solar_arrays_the_Apollo_spacecraft_makes_use_of_fuel_cells/, (Erişim Tarihi: 09.01.2025).
- Jones, H. (2018, July). The recent large reduction in space launch cost. 48th International Conference on Environmental Systems.
- Kulu, E. (2021, October). In-Space Economy in 2021–Statistical overview and classification of commercial entities. In 72nd International Astronautical Congress (IAC 2021), Dubai, United Arab Emirates (pp. 25-29).
- Kulu, E. (2023, October). In-Space Economy in 2023-Statistical Overview and Trends. In 74th International Astronautical Congress (IAC 2023).
- Kulu, E. (2024). CubeSats & Nanosatellites—2024 Statistics, Forecast and Reliability. In Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC (Vol. 2024).
- Mckinsey, (2024). <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/space-the-1-point-8-trillion-dollar-opportunity-for-global-economic-growth>, (Erişim Tarihi: 13.12.2024).
- Morganstanley, (2024). <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space/>, (Erişim Tarihi: 13.12.2024).
- NASA, (2025a). <https://mars.nasa.gov/mars2020/multimedia/raw-images/>, (Erişim Tarihi: 18.01.2025).
- NASA, (2025b). https://mars.nasa.gov/msl/multimedia/raw-images/?order=sol+desc%2Cinstrument_sort+asc%2Csample_type_sort+asc%2C+date_taken+desc&per_page=50&page=0&mission=msl, (Erişim Tarihi: 18.01.2025).
- NASA, (2025c). <https://www.nasa.gov/reference/jsc-rovers/>, (Erişim Tarihi: 18.01.2025).
- NASA, (2025d). <https://www.nasa.gov/humans-in-space/nasa-axiom-space-change-assembly-order-of-commercial-space-station/>, (Erişim Tarihi: 18.01.2025).
- NASA, (2025e). <https://www.nasa.gov/humans-in-space/deep-space-habitation-overview/>, (Erişim Tarihi: 18.01.2025).
- NASA, (2025f) <https://technology.nasa.gov/patent/MS-C-TOPS-90/>, (Erişim Tarihi: 12.01.2025).

- NASA, (2025g). https://images-assets.nasa.gov/image/KSC-20180102-PH_SPX01_0010/KSC-20180102-PH_SPX01_0010~orig.jpg/, (Erişim Tarihi: 12.01.2025).
- Odabas, A., Ölçen, O., Uçkun, N., & Toraman, Y. (2025). The financial value-added industries by space economy in the United States. *Managerial Finance*, 1-18.
- ScienceNASA, (2025a). <https://science.nasa.gov/resource/perseverance-on-mars/>, (Erişim Tarihi: 05.01.2025).
- ScienceNASA, (2025b). <https://science.nasa.gov/resource/seventeen-cameras-on-curiosity/>, (Erişim Tarihi: 05.01.2025).
- ScienceNASA, (2025c) <https://science.nasa.gov/mission/mars-2020-perseverance/ingenuity-mars-helicopter/>, (Erişim Tarihi: 05.01.2025).
- ScienceNASA, (2025d). <https://science.nasa.gov/mission/mars-exploration-rovers-spirit-and-opportunity/>, (Erişim Tarihi: 05.01.2025).
- SpaceX, (2024b). <https://www.spacex.com/>, (Erişim Tarihi: 14.09.2024).

BEŞİNCİ BÖLÜM

UZAY TURİZMİ

5.1. Uzay Turizmi

Teknolojinin gelişimiyle uzaya erişimin kolaylaşması hem uzaydaki aktiviteyi artırmış hem de daha geniş bir kesimin ilgisini çekmiştir. Uzay ilk etapta bilimsel görevlerin ve araştırmaların odak noktası olsa da süreç içerisinde farklı amaçlar ile de kullanılmıştır (Webber, 2013). Uzaya erişimde maliyet etkin çözümlerin üretilmesi alternatif bir turizm destinasyonunun ortaya çıkmasını sağlamıştır (Polkowska, 2021). Ayrıca insanların ulaşılamayana olan merakı ve sınırları aşma isteği uzay turizm faaliyetlerini desteklemiştir. Fakat artan ilginin yanında birçok belirsizliğin ve başarısız uzay görevlerinin varlığı insanların önyargılarından kolayca kurtulamayacağına işaret ediyor (Wilkinson, 2015; Peeters, 2018; Spector & Higham 2025). Bu nedenle uzay turizm faaliyetlerinin geleceğinin nasıl şekilleneceğini merak konusudur. Ayrıca hukuksal konulardaki eksikliklerde uzaydaki ticari faaliyetlerin gelişimini kısıtlayan farklı bir unsurdur (Bonnal & Masson-Zwaan 2013). Bütün bu olumsuzluklara rağmen uzmanların uzay ekonomisinin geleceğinin parlak olduğu görüşündedir. Hatta gelecek 15-20 sene içerisinde uzay aktivitesi artacak olup uzay ekonomisi 3 trilyon ABD dolarını geçmesi beklenmektedir (Crane vd., 2020; Morgan Stanley, 2025; Spector & Higham 2025). Uzay turizmi de bu aktivitenin önemli unsurları arasındadır. Uzay turizminin başlangıcı Dennis Tito'nun ISS'e yolculuğu ve konaklaması olarak bilinmektedir. Fakat günümüzdeki uzay turizm faaliyetleri incelendiğinde Yörünge Altı (Suborbital Space Tourism SST) turizm faaliyetleri yoğunluktadır. Bunun yanı sıra SpaceX'in ilk sivil uzay yürünüşü (Polaris Dawn) gerçekleştirmesi uzay turizminin sınırlarını aşacağını göstermektedir (Menon et al., 2025). Ayrıca yörüngede konaklama, Ay, Mars vb. yerlere seyahatler mümkün hale geldiğinde uzay turizminin kapsamı genişleyecektir.

Uzay turizminin en yoğun olduğu alan SST, 80-100 km irtifada mikro yerçekimi deneyiminin yaşanabildiği kısa süreli uzay seyahatleridir. SST, uzay turizmi içerisinde yeni bir destinasyon haline gelmiştir. Diğer uzay turizmi faaliyetlerine göre daha uygun maliyetlidir (Chang, 2020). SST 2020'den sonra hızla gelişmekte ve gelecekte de hacmi artarak devam edecektir. Bu alanda SpaceX'in Falcon 9 ve Dragon uzay aracı, Blue Origin'in New Shepard roketi ve kapsülü son olarak ise Virgin Galactic'in White Knight Two ve VSS Unity uzay aracı aktif olarak kullanılmaktadır. 2021 yılında astronot olmayan dünyanın en yaşlı ve genç kişisi uzay yolculuğu yaptı. İlgili uzay firmaları gelecekte uzay turizminde patlama yaşayacağını ifade etmektedir. Blue Origin yöneticisi Jeff Bezos, gelecekteki seyahatler için 100 milyon ABD doları tutarında bilet satıldığını ifade etmişti. Ayrıca

Virgin Galactic'in sahibi Richard Branson gelecek seyahatlerde yolcu olmak isteyen 700 insan, kişi başı 450.000 ABD dolarına kadar ödeme yaptığı belirtildi. Alandaki uzmanlar artan uzay seyahatlerinin, alana olan ilgiyi artacağını, risk algısının azalacağını ve uzay turizmi aktivitesinin artacağını belirtmiştir. (Leslie, 2022).

Uzay turizmi, havacılık endüstrisinin gelişmiş bir faaliyet alanı olarak insanlara farklı bir ortamda yolculuk deneyim fırsatı sunmaktadır (Rogers, 2000). İlk etapta uzayda sadece kısa süreli yolculuklar yapılıyor olsa da gelecekte yörüngede kurulacak uzay istasyonlarıyla kısa süreli barınma imkanı sağlanacak olup ticari şirketler faaliyetlerine başlayacaktır (Webber, 2013). Bu alanda Axiom Space uzay istasyonu ve Airbus'ın StarLab projeleri öne çıkmaktadır. Kısacası gelecekte uzay turizmi kısa süreli seyahatlerden ziyade uzun süreli barınma, seyahat etme ve eğlence amaçlı gerçekleştirilebilecektir. Uzay turizminin farklı alanlardaki faaliyetleri uzmanlar tarafından kategorize edilmiştir.

Uzay turizmi (Laing & Crouch 2004; Chang, 2015);

- Sanal gerçeklik teknolojileriyle,
- Yer yüzünde uzay kampları,
- Uzay müzeleri veya tema parklarıyla,
- Yüksek irtifada uçuş yapabilen süpersonik uçaklarla,
- Farklı teknolojilerle (balonlar) yüksek irtifalarda dünyanın eğriliğini ve uzayın karanlığını deneyimlenebilmesiyle,
- Ayrıca LEO, MEO, HEO, vb. Dünya yörüngelerinde seyahat ederek (uzay yürüyüşü) ve uzun süreli bulunarak (yörünge otelleri) uzayı deneyimlenmesini sağlanacaktır.

Uzay turizminin ilk örneği, MicCorp koordinasyonunda 2001 yılında ABD'li iş insanı Dennis Tito'nun Uluslararası Uzay İstasyonu'na (ISS) 20 milyon ABD doları karşılığında gerçekleştirdiği seyahattir. Bu durum uzay turizminin başlangıcı olarak kabul edilmektedir (Chang, 2020). ISS, LEO'da birden fazla modülden oluşan çok uluslu bir iş birliğiyle geliştirilen uzay istasyonudur. ISS uzayda mikro yerçekimi, uzay ortamının araştırılması, astrobiyoloji, astronomi, meteoroloji, fizik kimya vb. araştırmalarının gerçekleştirildiği bir laboratuvar olarak da kullanılmaktadır. Ayrıca Space Adventures, 2001-2009 arasında toplamda 7 uzay turistiyle ortalama 10 günlük uzay turizmi faaliyetini gerçekleştirmiştir. Ardından 2019'a kadar sivil uçuşlar gerçekleştirilmedi (Chang, 2015). ABD'deki özel şirketlerin girişimiyle 2019'da uzay turizmi faaliyetlerine yeniden başlanılmıştır. Blue Origin ve Virgin Galactic yörünge altı seyahat faaliyetlerine başlamış olup SpaceX ise yörüngede uzay yürüyüşü, Axiom Space ile ISS'e seyahat hizmeti verilmektedir. Starship uzay

aracıyla ise Mars'a gerçekleştirilecek uzun süreli seyahatlerin hazırlığını yapmaktadır (Polkowska, 2021; Toraman & Alnıpak 2025).

ABD SST kapsamında finansal destek sunmakta olup, Yörünge Turizmine (Orbital Space Tourism'de OST) ise finansal destek sunmamaktadır (Chang, 2015). Bu durum ise gelecekte SST gelişeceğinin önemli göstergesidir. Uzmanlar gerçekleştirilen başarılı yörünge altı seyahatlerin gelecekte insanların ilgisini çekeceğini düşünmektedir (Leslie, 2022). SST öne çıkan firmalar Space X, Blue Origin ve Virgin Galactic'tir. Space X ve Blue Origin seyahatlerde tekrar kullanılabilen roketleri tercih ederken Virgin Galactic ilk aşama kanatlı, çift pilotlu uçak (White Knight Two) ve ikinci aşaması ise roket motorlu (VSS Unity) uzay aracından oluşmaktadır.

Diğer yandan SpaceX'in Falcon 9 ile Dragon aracı yörünge taşımacılığında kullanılabilir (Toraman & Alnıpak 2025). Fakat yörüngede özel uzay istasyonlarının aktif olmaması, ISS'in bilimsel faaliyetlere odaklanması ve ISS'in turizm amacıyla kurulmaması gibi nedenlerle OST faaliyetleri sınırlıdır (Leslie, 2022). SpaceX, NASA görevleri kapsamında astronotları ve kargoları ISS'e taşımaktadır (Toraman, 2025). Diğerlerinden ayrılan SpaceX sivil uzay yürüyüşleriyle uzay turizminde OST kapsamında hizmet verebilmektedir. Gelecekte Dünya yörüngesindeki uzay istasyonlarında (oteller) uzun süreli misafir kabul edebilmek için, Axiom Space'in Axiom Station, Airbus'ın Starlab, Blue Origin ve Sierra Space'in Orbital Reef projeleri bulunmaktadır (Chang, 2015; Chang, 2020). Ayrıca ilk etapta bilimsel görevlerde kullanılacak Ay yörüngesindeki Lunar Gateway projesi de bulunmaktadır. Son olarak SpaceX'in geliştirdiği Starship ile Ay, Mars ve Derin Uzay'a da turizm faaliyetleri gerçekleştirilmesi mümkün hale gelecektir (Spector & Higham 2025; Leslie, 2022).

Uzay turizmi ve Virgin Galactic ve SpaceShipTwo özelinde gerçekleştirilen araştırmalarda, VSS Unity ile 85 km irtifaya çıkıldığında pilot ve uzay yolcularının çok küçük miktarda uzay radyasyona maruz kaldığı tespit edilmiştir. Bu radyasyon oranı balon ve sivil havacılık uçuşlarına paralellik göstermektedir (Dachev et al., 2025).

5.2. Uzay Turizmindeki İşletmeler ve Taşımacılığında Kullanılan Araçlar/ Roketler

Havayolu taşımacılığı insan ve yük taşımacılığında önemli bir bileşen olarak turizm sektörünü de etkilemektedir. Bu bağlamda uzay turizmi, turistlere astronot olma, eğlence, dinlenme ya da iş amaçlı uzay yolculuğunu deneyimleme imkânı vermeyi amaçlayan havacılık sektörünün niş bir segmentidir (Henderson ve Tsui, 2019). Gerçek üstü bir deneyim olarak uzay turizmi; gerçek uzay, yer çekimsiz, yörünge altı, gerçeğe yakın simülasyon araçları ve bilgisayar simülasyonları olarak

beş seviyeden oluşmaktadır (İstanbullu Dinçer vd., 2018). Bu bağlamda, yörünge altı, yörüngesel ve yörünge üstü olmak üzere tüm uçuşları kapsayan bu deneyim gelişen teknolojiler ve seyahat araçları ile gerçeğe dönüşmüştür (Küçük, 2022).

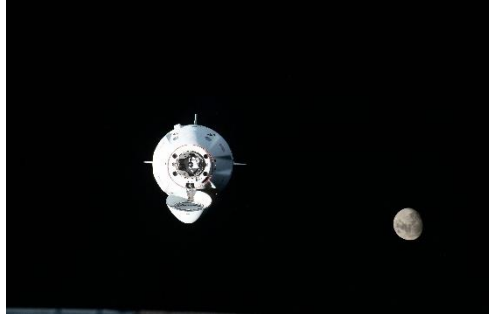
Uzay turizminin başlangıcı 2001 yılına dayanmaktadır. Günümüzde Axiom Space, SpaceX and Space Adventures şirketleri ISS' e uzun süreli ticari uçuşlar gerçekleştirmektedir. Ek olarak Boeing firması 2024'ün ortasında ISS'e Starliner ile başarılı bir mürettebatlı fırlatma gerçekleştirmiştir.

Bunların yanı sıra Virgin Galactic ve Blue Origin ise kendi uzay araçlarıyla kısa süreli yörünge altı (suborbital) seyahatleri gerçekleştirmektedir. 2030'dan önce yakın yörünge uzay turizminin pazar payı 1.5 milyar dolar, toplam ticari uzay turizmi büyüklüğünün ise 1.7 milyar dolar olması öngörülmektedir. Gelecekte uzay seyahatlerinde kullanılacak roket ve uzay araçlarının değişimi uzay turizminin sınırlarını genişletecektir (Florom-Smith et al., 2022). Özellikle SpaceX'in Starship aracı derin uzay seyahatlerine imkan sağlayacağı için yıkıcı bir teknoloji olarak tanımlanmaktadır. Şu an için oldukça pahalı olmasına ve ekonomik geri dönüşü riskler içermesine rağmen bu sektörün gelecekte büyümesi beklenmektedir (Kiper ve Batman, 2021). Bu bağlamda ilgili alandaki işletmeler ve kullanılan taşıma araçları büyük önem taşımaktadır.

Önceki bölümde de belirtildiği üzere Dennis Tito'nun ISS'i Soyuz uzay aracıyla ziyareti uzay turizminin başlangıcı olarak görülmektedir. Fakat soyuz roketi astronotların uzay araştırmaları için geliştirilmiştir. Bu alandaki eksiklik daha sonra ortaya çıkan farklı tipteki uzay araçları ile giderilmiştir. Uzay turizminde kullanılmak üzere yörünge üstü için Dragon, derin uzay için Starship ve yörünge altı için VSS Unity (Virgin Space Ship Unity), New Shepard, Bloon ve Neptun uzay araçları geliştirilmiştir. SpaceX'in Dragon aracı sadece uzay turizminde kullanılmak için değil aynı zamanda kargo taşımacılığı ve yörüngeye uydu fırlatmak için de kullanılmaktadır. Ayrıca Starship'in Ay, Mars ve derin uzayda hem insanlı uzay araştırmalarında hem de turizm faaliyetlerinde kullanılması hedeflenmektedir.

5.2.1.1. SpaceX- Dragon ve Starship

SpaceX'in sahip olduğu Dragon ve Starship uzay araçları uzay turizminde önemli bir mihenk noktasıdır. Dragon, Falcon 9 roketiyle birlikte kullanılmaktadır. Dragon yörünge ve ötesinde insanlı görevlerde veya kargo taşımacılığında kullanılabilir. İlk insanlı ISS görevini gerçekleştiren Dragon yedi mürettebat ve kargo taşımıştır. Aynı zamanda yeryüzüne dönüş sürecinde de kargo taşıyabilmektedir. SpaceX anlaşma gereğince NASA astronotlarını Dragon aracı ile ISS'e ulaşımını sağlamaktadır. Ayrıca özel ve ticari amaçlar ile astronotların yörünge uçuşlarını da gerçekleştirmektedir (SpaceX, 2024a).



Şekil 1: Dragon Uzay Aracı ve
Kaynak: NASAa, (2024).

Dragon atmosfere yeniden girişte kullandığı iki drogue paraşüt ve inişten hemen önce sert inişi önlemek için dört ana paraşütle donatılmıştır. Dragon 2024 yılı itibariyle toplamda 48 kez fırlatılmıştır. Bunlardan 42 tanesi ISS'e gerçekleştirilmiştir (SpaceXa, 2024). Ağırlıklı olarak Astronot ve kargo taşımacılığında kullanılan Dragon'un uzay turizmi için de önemli bir yeri bulunmaktadır.

SpaceX'in diğer bir uzay aracı olan Starship teknik alt yapısı itibariyle Ay, Mars ve derin uzay görevlerine uygun tasarlanmıştır. Starship 2023'te başarısız olan testlerinin ardından 2024 yılı içerisinde de deneme fırlatmalarına devam etmektedir. Starship'in uzay turizminin geleceğinde önemli bir rol oynaması beklenmektedir (Kulu, 2023).



Şekil 2: Starship Uzay Aracı
Kaynak: NASAb, (2024).

5.2.1.2. Axiom Space

Axiom space özel bir uzay şirketidir. Uzay faaliyetlerinde ISS'e ticari amaçla astronot göndermektedir. Bunun yanı sıra ISS'in kullanım ömrü dolduğunda ilk özel uzay istasyonunu inşa etmeyi planlamaktadır. Özel uzay istasyonunun turizm ve çeşitli araştırmalar için ticari kullanıma sunulması hedeflenmektedir.



Şekil 3: Axiom Space'in Özel Uzay İstasyonu

Kaynak: (Axiomspace, 2024).

Axiom space ayrıca yörünge uçuşları Ay ve derin uzay faaliyetleri için özel kıyafet üretimi üzerinde çalışmalarını sürdürülmektedir (Axiomspace, 2024).

5.2.1.3. Boeing- Starliner

Boeing, SpaceX benzeri ticari faaliyet gösteren özel bir havacılık ve uzay şirketidir. Boeing, Starliner uzay aracı için NASA ile yaptığı anlaşma gereği ISS'e mürettebat gönderme yeteneğine sahiptir. Boeing'in sahip olduğu (CST)-100 Starliner aracı yedi mürettebat ve kargo taşıma kapasitesine sahiptir. Starliner tekrarlı kullanıma sahip olduğu için sürdürülebilir uzay araştırmaları için kullanışlıdır. Starliner, Atlas V roketi ile yörünge fırlatma sürecinde kullanıldığı için kapsül olarak da tanımlanmaktadır (Boeing, 2024b).



Şekil 4: Starliner Uzay Aracı
Kaynak: (Boeing, 2024a).

Starliner, Atlas V roketiyle ilk insanlı görevini 5 Haziran 2024'te gerçekleştirmiştir. İlk insanlı fırlatma iki mürettebat ve yaklaşık 345 kilogramlık bir kargo ile tamamlanmıştır. Starliner 24 saatlik uçuş sonunda ISS'e başarı ile kenetlenmiştir. Fakat bazı teknik sorunlar nedeniyle NASA'nın astronotlarını taşıyan Starliner mürettebatsız geri dönüş yapmak zorunda kalmıştır. NASA mürettebatlarının 2025 yılı içerisinde Dragon uzay aracıyla dönmüştür. (Boeing, 2024b).

5.2.1.4. Space Adventures-Soyuz

Soyuz uzay aracı 1967'de gerçekleşen ilk mürettebatlı fırlatmadan bugüne kadar başarılı bir şekilde faaliyetlerini sürdürmektedir. Soyuz'un bilimsel araştırmaların yanı sıra 2001'de ISS'e yapmış olduğu ticari fırlatma sonrası uzay turizminde de önemli bir yere sahiptir. Dennis Tito, ISS'te 8 gün kalarak uzay turizmini başlatmıştır. Aynı şekilde Space Adventures ticari amaçlı uzay turizmini gerçekleştiren ilk özel şirket olmuştur (ESA, 2024).



Şekil 5: Soyuz Uzay Aracı
Kaynak: (Spaceadventures, 2024).

Soyuz'u Starliner ve Dragon'dan ayıran en önemli nokta tekrar kullanılabilir nitelikte bir uzay aracı olmamasıdır. Space Adventures, SpaceX ile gelecekte uzay ticari uzay seyahatleri düzenlemeyi hedeflemektedir (Spaceadventures, 2024).

5.2.1.5. Virgin Galactic- VSS Unity (Virgin Space Ship Unity)

Virgin Galactic, ilk uçuşunu 2021 yılında gerçekleştirmiş ve uzay turizmi alanında ticari faaliyetlerini sürdüren özel bir şirkettir. Sivillerin astronot eğitimi almadan yer çekimsiz ortamda kısa süreli bulunması ve bu ortamı deneyimleme imkanını sunmaktadır. Virgin Galactic yörünge altı uzay turizmini daha erişebilir hale getirmeyi hedeflemektedir. Yörünge altı uçuşlar uzay yolculuğu, katılanlar ise uzay yolcuları olarak adlandırılmaktadır (Virgingalactic, 2024).



Şekil 6: VSS Unity ve WhiteKnightTwo Kalkış Sonrası Görüntüsü

Kaynak: (Virgingalactic, 2024).

VSS Unity, Virgin Galactic'in geliştirdiği SpaceShipTwo sınıfı araçlardan biridir. Virgin Galactic iki aşamalı bir uçuş sistemine sahiptir. Şekil 6'de görüldüğü üzere kalkıştan yaklaşık 15 km yüksekliğe kadar VSS unity WhiteKnightTwo tarafından çıkartılmaktadır.



Şekil 7: VSS Unity'nin Yörünge Altı Uçuşu

Kaynak: (Virgingalactic, 2024).

VSS Unity, iki pilot ve 6 yolcu taşıma kapasitesine sahiptir. Yolcuların bulunduğu VSS Unity, yaklaşık 15 km irtifaya eriştiğinde WhiteKnightTwo'dan ayrılarak yolculara mikro yerçekimi deneyimi sunabilmek için 80-100 km yüksekliğe çıkartılır. Yolcular bu süreç içerisinde yerçekimsiz ortamı deneyimleme fırsatı bulabilirler. Sonrasında ise yeryüzüne geri dönüş süreci başlatılır. Kendi imkanlarıyla tekerlekleri üzerine ve kalkış yaptığı piste iniş gerçekleştirebilmektedir. Virgin Galactic'in 31 Ekim 2014'te başarısız bir test uçuşu gerçekleştirmesi akıllarda soru işareti bırakmıştır (Wilkinson, 2015). Ardından ilk olarak 2019'da insanlı gerçekleştirdiği uçuş ve sonrasında 2021 yılında Virgin Galactic'in sahibi Richard Branson ve 3 şirket yetkilisinin de bulunduğu yolculuk yaklaşık 60 dakika sürmüş olup 4 dakika boyunca mikro yerçekimi deneyimi yaşayarak başarıyla tamamlanmıştır. 20 temmuzda 2021'de ise Jeff Bezos ve üç arkadaşıyla Blue Origin'in New Shepard roketiyle yaklaşık 10 dakika süren pilotsuz bir uzay seyahatine katılmıştır. Tekrar kullanılabilen roket kısmı otonom olarak çalışmakta olup roket ve yolcuların bulunduğu kapsül başarılı bir şekilde inişini gerçekleştirmiştir. Kapsül paraşütler yardımıyla yere süzülerek inmiştir (Leslie, 2022).

SpaceX ve Blue Origin gibi firmaların da kendi uzay araçlarıyla uzay turizmine katkı sunması alandaki yatırımların arttığını dolayısıyla gelecekte de turizmin önemli destinasyonlarından biri olacağını göstermektedir.

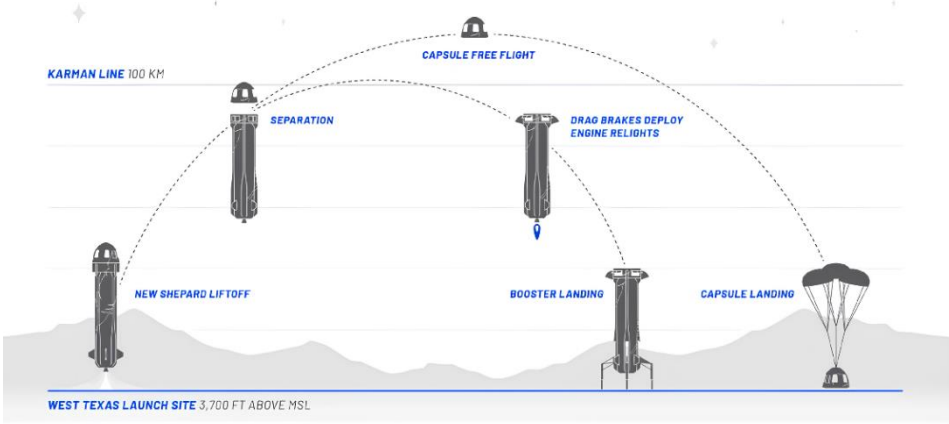
5.2.1.6. Blue Origin-New Shepard

Blue Origin, SpaceX ile benzerliği olan tekrar kullanımlı roket teknolojisine sahip ticari uzay uçuşları gerçekleştiren özel bir şirkettir. Blue Origin, kullandığı teknolojiyle uzaya erişimin ucuz, güvenli ve sürdürülebilir olmasını hedeflemektedir. Uzay turizmi açısından önemli girişimler arasındadır. Blue Origin, gelecekte sürdürülebilir uzay araştırmaları ve turizmi için farklı uzay araçları üzerinde çalışmalarını sürdürmektedir.



Şekil 8: New Shepard Kalkış Sonrası Görüntüsü
Kaynak: (Blueorigin, 2024).

Blue Origin, New Shepard uzay aracıyla 20 Temmuz 2021’de ilk insanlı uçuşunu gerçekleştirmiştir. New Shepard yaklaşık 100 km’lik bir irtifa ile yörünge altında gerçekleştirilecek seyahatler için geliştirilmiştir. Şirket, kullanıcılarına yerçekimsiz bir deneyim sunmayı amaçlamaktadır.



Şekil 9: New Shepard Kalkış ve İniş Süreci
Kaynak: (Blueorigin, 2024).

Uzay aracı kısa bir süre yakın yörüngede kaldıktan sonra inişe geçmektedir. Blue Origin, New Shepard ile yakın yörüngede uzay turizmi için faaliyetlerini

sürdürürken New Glenn uzay aracıyla yörüngede ticari uydu fırlatmalarını, bilimsel mürettebatlı görevleri ve gerçekleştirilecek uçuşları planlamaktadır.

Tekrarlı ve otonom kullanıma sahip New Shepard ve pilotlu tekrar kullanıma sahip VSS Unity yörünge altı taşımacılığında iki önemli rakip konumundadır. Türkiye’den katılımcılar iki aracı da kullanarak deneyimleme fırsatı bulmuştur. Türkonot Tuva Cihangir Atasever 2024 yılında Virgin Galactic’in aracıyla yörünge altında bilimsel deneyler gerçekleştirmiştir. Diğer yandan ilk Türk sivil uzay yolcusu Gökhan Erdem’de 2025 yılında New Shepard ile ticari uzay yolculuğuna katılan ilk sivil olmuştur (Spacelogisticstr, 2025).

5.2.1.7. Space Perspective- Neptun

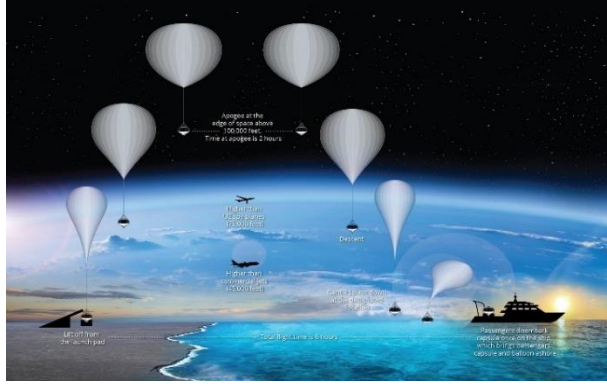
Uzay turizmi faaliyetlerini gerçekleştirmek için kurulan özel bir şirkettir. Şirketin amacı insanların uzaya erişimini kolaylaştırmaktır. Space Perspective, önceki bölümlerde açıklanan şirketlerden farklı olarak roket veya uzay araçlarıyla değil yüksek irtifa balonları ile hizmet vermeyi hedeflemektedir. Fakat bu balonlar diğer uzay araçları gibi 80-100km irtifaya çıkarak yer çekimsiz ortam deneyimini sunamamaktadır.



Şekil 10: Neptun Uzay Aracının (Kapsül) Görünümü

Kaynak: (Spaceperspective, 2024).

Bu araçlar yeryüzünden yaklaşık 30 km yüksekliğe çıkarak uzay yolcularına uzayın karanlığını ve dünyanın eğriliğini görme fırsatını sunmaktadır (Spaceperspective, 2024).



Şekil 11: Neptun'ün Kalkış ve İniş Süreci
Kaynak: (Spaceperspective, 2024).

Neptun kapsülü 8 yolcu ve 1 pilot taşıma kapasitesine sahiptir. Balonlar, roket teknolojisinin aksine hem daha düşük maliyetli hem de çevre dostudur. Ayrıca bulunduğu irtifa nedeniyle de daha güvenilirdir. Space perspective, helyum ve hidrojen dolu balonlarla uzay yolcularına 6 saatlik bir uçuş sunmaktadır. Araç, yaklaşık 2 saat 30 km irtifada kalarak uzay deneyimini yolcularına yaşatmaktadır. 2021'de insansız test uçuşlarını başarıyla tamamlayan şirket süreç içerisinde insanlı ticari uçuşlarına başlayacaktır (Spaceperspective, 2024).

5.2.1.8. Zero2Infinity- Bloon

Zero2Infinity, İspanya merkezli ve yüksek irtifa balonlarıyla uzay turizmi faaliyetleri planlayan özel bir şirkettir. Uzay turizmine yönelik olarak Bloon kapsülünü geliştirmiştir.



Şekil 12: Bloon Dış Görünümü
Kaynak: (Zero2infinity, 2024).

Şirket, Space Perspective gibi yolcularına 1-2 saat olarak 30-40 km (statosfer) irtifada uzay deneyimi sunmayı hedeflemektedir.

Zero2Infinity, Bloon kapsül projesinin yanı sıra yörüngeye küçük uydu fırlatma faaliyetleri de planlamaktadır. Bu kapsamda Bloostar ismiyle geliştirdiği uzay aracı, balonlar aracılığıyla belirli bir irtifaya kadar çıkacak sonrasında ise araç kendi motorları ile yörüngeye uyduları taşıyacaktır.



Şekil 13: Starlab Uzay İstasyonu

Kaynak: (Airbus, 2024).

Starlab, 8 metre yüksekliğinde ve çapında büyük çelik kasalı modülüyle 30 yıllık kullanım ömrüne sahiptir. Mevcut standartlara uygun yanaşma portlarıyla insan ve kargo taşımacılığı mümkün olacaktır.

Dört kişilik insanlı görevlere uygun olarak tasarlanan Starlab, mürettebat değişim sürecinde geçici olarak yaklaşık sekiz kişiye kadar konaklama imkânı sunulabilecektir. Voyager ile yapılan iş birliğiyle Starlab'ın ortaklarından Hilton'un “home away from home - Evden uzakta ev hissi” mottosuyla misafirlerine farklı bir deneyim sunmayı amaçlamaktadır. Hilton, mürettebatın dinlenme alanı, ortak alanlar ve daha fazlası için tasarım ve geliştirme çalışmalarını sürdürmektedir.

Starlab'ta, ileri düzey araştırmalar ve endüstriyel faaliyetlerin destekleneceği Ar-Ge araştırmaları gerçekleştirilebilecektir. Yörüngede bir bilim alanı olarak görev yapacaktır. Montaj gerektirmeyen Starlab ağır sınıf fırlatıcılar ile yörüngeye taşınabilecektir. Fırlatma sürecinde SpaceX'in Starship roketi

kullanılacaktır. Starlab'ın gelecekte ISS'teki çalışmaların sorunsuz devam etmesini sağlamayı hedeflemektedir.

Mevcut gelişmeler göstermektedir ki New Shepard ve VSS Unity araçları yakın yörüngede; Dragon, Starliner, Soyuz, Starship ise hem yakın yörünge hem de insanların daha uzak noktalara seyahatini mümkün kılmaktadır. Şüphesizdir ki yeryüzünden uzaklaştıkça uzay araçlarına müdahale imkanının azaldığı göz önünde bulundurularak seyahat süreçleri dikkatle planlanmaktadır. Bu kapsamda seyahatin başarıyla tamamlanabilmesi için uzay araçlarının otonom sürüş kabiliyetine sahip olması, uzaktan komuta edilebilmesi veya farklı sorunlara karşı düzenlenecek seferlerde uzay araçlarının sevk ve idaresi için personel bulundurulması gerekmektedir. Tüm bunların yanı sıra hem uzay teknolojilerinin gelişmesi hem de insanların uzaya olan merakının artması, uzay turizm faaliyetlerine yönelik talebi arttırmaktadır. Örneğin Çin'li uzay turizm şirketi Deep Blue Aerospace 2027'de yapacağı yörünge altı seyahatleri için biletleri ön satışa çıkarmasının ardından kısa sürede biletler satılmıştır (AA, 2024). Bu bağlamda artan talebe bağlı olarak bu sektöre yapılacak yatırımların artması ve araştırmaların genişletilmesi kaçınılmaz görünmektedir.

Kaynakça

- AA, (2024). [https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/cinli-sirket-uzay-turizmi-seferinin-biletlerini-satisa-cikardi/3374669#:~:text=%C3%87in'de%20bir%20uzay%20ve,\(210%20bin%20dolar\)%20sat%C4%B1ld%C4%B1](https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/cinli-sirket-uzay-turizmi-seferinin-biletlerini-satisa-cikardi/3374669#:~:text=%C3%87in'de%20bir%20uzay%20ve,(210%20bin%20dolar)%20sat%C4%B1ld%C4%B1). Erişim Tarihi: 25.10.2024
- Airbus, (2024). <https://www.airbus.com/en/products-services/space/space-exploration/starlab>,
- Axiomspace, (2024). <https://www.axiomspace.com>, Erişim Tarihi: 18.05.2024
- Blueorigin, (2024). <https://www.blueorigin.com/news/gallery>, Erişim Tarihi: 15.04.2024
- Boeing, (2024). <https://www.boeing.com/space/starliner#gallery>, Erişim Tarihi: 09.06.2024
- Boeingb, (2024). <https://www.boeing.com/space/starliner#statement>, Erişim Tarihi: 10.06.2024
- Bonnal, C., & Masson-Zwaan, T. (2013). Private human access to space. *Acta Astronautica*, 92(2), 125-128.
- Cater, C. I. (2010). Steps to Space; opportunities for astrotourism. *Tourism Management*, 31(6), 838-845.
- Chang, E. Y. W. (2020). From aviation tourism to suborbital space tourism: A study on passenger screening and business opportunities. *Acta Astronautica*, 177, 410-420.
- Chang, Y. W. (2015). The first decade of commercial space tourism. *Acta Astronautica*, 108, 79-91.
- Cracknell, A. P., & Varotsos, C. A. (2007). Editorial and cover: Fifty years after the first artificial satellite: from sputnik 1 to envisat.
- Crane, K. W., Linck, E., Lal, B., & Wei, R. Y. (2020). Measuring the space economy: Estimating the value of economic activities in and for space.
- Crouch, G. I. (2001). The market for space tourism: early indications. *Journal of Travel Research*, 40(2), 213-219.
- Dachev, T., Carlucci, P., Cairo, F., Tomov, B., Matviichuk, Y., Dimitrov, P., ... & Paciucci, L. (2025). Space radiation measured during first-ever commercial suborbital mission on Virgin Galactic SpaceShipTwo Unity on 29 June 2023. *Life Sciences in Space Research*, 44, 126-133.
- Erişim Tarihi: 20.12.2024
- ESA, (2024). https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Launch_vehicles/The_Russian_Soyuz_spacecraft, Erişim Tarihi: 15.07.2024
- Florum-Smith, A. L., Klingenger, J. K., & DiBiase, C. P. (2022). Commercial space tourism: An integrative review of spaceflight participant psychological assessment and training. *REACH*, 25, 100043.

- Frost, J., & Frost, W. (2022). Exploring prosocial and environmental motivations of frontier tourists: Implications for sustainable space tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 30(9), 2254-2270.
- Henderson, I.L. and Tsui, W.H.K. (2019) "The Role of Niche Aviation Operations as Tourist Attractions", Editor(s): Anne Graham, Frédéric Dobruszkes, In *Contemporary Issues in Air Transport, Air Transport: A Tourism Perspective*, Elsevier, Pages 233-244, ISBN 9780128128572.
- Holt, S. (2023). Virtual reality, augmented reality and mixed reality: For astronaut mental health; and space tourism, education and outreach. *Acta Astronautica*, 203, 436-446.
- İstanbullu Dinçer, F. F., Can, İ. İ., & İnan, B. (2018). Post-Modern Turizm Paradigması Etrafında Şekillenen Gerçek Üstü Bir Deneyim: Uzay Turizmi. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 79-93.
- Kim, M. J., Hall, C. M., Kwon, O., & Sohn, K. (2024). Space tourism: Value-attitude-behavior theory, artificial intelligence, and sustainability. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 77, 103654.
- Kiper, V.O., & Batman, O.. (2021). Uzay Turizmi: Olasılıklar, Uygulamalar, Kavramsal Bir Yaklaşım. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 6(1), 265-271.
- Küçük, Ö. (2022). Uzay Turizmi, Seyahat ve Yenilik, *Journal of Tourism Intelligence and Smartness*, 5(3), 243-255.
- Kulu, E. (2023). In-Space Economy in 2023-Statistical Overview and Trends. In 74th International Astronautical Congress (IAC 2023).
- Laing, J.H., & Crouch, G.I. (2004). Vacationing in space: tourism seeks 'new skies', in: Tej Vir Singh (Ed.), *New Horizons in Tourism: Strange Experiences and Stranger Practices*, CABI Publishing, Cambridge, Massachusetts, USA, 2004, pp. 11-25.
- Leslie, M. (2022). Space tourism begins to take off. *Engineering*, 10(1), 4-6.
- Menon, A., Mampre, D., Isaacman, J., Poteet, S., Gillis, S., Mateus, J., & Rosenberg, M. (2025). Cardiopulmonary Resuscitation Techniques on the Dragon Spacecraft: A Polaris Dawn Mission Study. *Wilderness & Environmental Medicine*, 10806032251346746.
- Morgan Stanley (2025). <https://www.morganstanley.com/Themes/global-space-economy>, Access Date: 30.05.2025.
- NASAA, (2024). https://www.nasa.gov/image-detail/gmt280_20_38_kjell-lindgren_1036-crew-5-rndz-and-docking-12/, Erişim Tarihi: 02.09.2024
- NASAB, (2024). <https://www.nasa.gov/directorates/esdmd/artemis-campaign-development-division/human-landing-system-program/nasa-artemis-mission-progresses-with-spacex-starship-test-flight/>, Erişim Tarihi: 07.09.2024

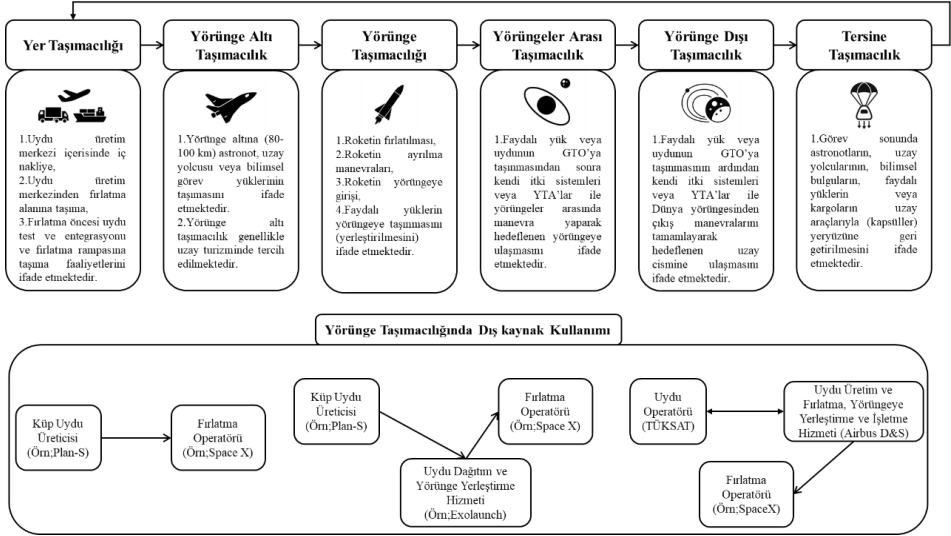
- Peeters, P. (2018). Why space tourism will not be part of sustainable tourism. *Tourism Recreation Research*, 43(4), 540-543.
- Polkowska, M. (2021). Space tourism challenges. *Rev. Eur. & Comp. L.*, 45, 153.
- Rogers, T. F. (2000). " Space Tourism"-Its Importance, Its History, and A Recent Extraordinary Development. *Space Energy and Transportation*, 5(3), 4-11.
- Roman, M., Kosiński, R., Bhatta, K., Niedziółka, A., & Krasnodebski, A. (2022). Virtual and space tourism as new trends in travelling at the time of the COVID-19 pandemic. *Sustainability*, 14(2), 628.
- Spaceadventures, (2024). <https://spaceadventures.com/gallery>, Erişim Tarihi: 16.06.2024
- Spaceperspective, (2024). <https://spaceperspective.com>, Erişim Tarihi: 13.04.2024
- SpaceXa, (2024). <https://www.spacex.com/vehicles/dragon>, Erişim Tarihi: 114.09.2024
- SpaceXb, (2024). <https://www.spacex.com/vehicles/starship>, Erişim Tarihi: 14.09.2024
- Spector, S., & Higham, J. (2025). Space tourism and sustainable trajectory. *Tourism Geographies*, 1-19.
- Toraman, Y. (2024). Space logistics and risks: A study on spacecraft. *Politeknik Dergisi*, 1-1.
- Toraman, Y. (2025). Space Logistics and Risks: A Study on Spacecraft. *Politeknik Dergisi*, 28(2), 573-584. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1472919>
- Toraman, Y., & Alnıpak, S. (2025). Uzak Turizmi ve Taşımacılığında Kullanılan Araçlar. Uzak Teknolojileri, Uygulamaları ve Lojistiği, (I). In, 189-202, Nobel Bilimsel Eserler, Ankara
- Virgingalactic, (2024). <https://www.virgingalactic.com>, Erişim Tarihi: 10.04.2024
- Wang, L., Fu, C. F., Wong, P. P., & Zhang, Q. (2022). The impact of tourists' perceptions of space-launch tourism: An extension of the theory of planned behavior approach. *Journal of China Tourism Research*, 18(3), 549-568.
- Webber, D. (2013). Space tourism: Its history, future and importance. *Acta Astronautica*, 92(2), 138-143.
- Wilkinson, L. (2015, July). Charting a course for effective scientific communication: Balancing accuracy and promotion around the Virgin Galactic crash. In 2015 IEEE International Professional Communication Conference (IPCC) (pp. 1-8). IEEE.
- Zero2infinity, (2024). <https://www.zero2infinity.space/bloon>, Erişim Tarihi: 08.05.2024
- Zhang, Y., & Wang, L. (2022). Progress in space tourism studies: A systematic literature review. *Tourism recreation research*, 47(4), 372-383.

ALTINCI BÖLÜM

UZAY LOJİSTİĞİ VE TAŞIMACILIK

6.1. Uzak Lojistiğı ve Taşımacılık

Uzak lojistiğinde taşımacılık temel faaliyetlerden biridir. Taşımacılık faaliyetleriyle yörünge altı, yörünge, yörüngeler arası Asteroit, Ay, Mars ve uzayın herhangi bir yerine ulaşım sağlanmaktadır. Bu kapsamda roketler, uzay araçları, balonlar ve kanatlı uçaklar kullanılabilmektedir. Ayrıca uzak lojistiğı kapsamında değerlendirilen “Uzak Yolu Taşımacılığı” ile yörüngeler aracılığıyla yeryüzündeki herhangi bir yere kargo teslimatı yapılabilecektir. Şekil 2.1’de uzak lojistiğı ve taşımacılığı kapsamında gerçekleştirilen taşımacılık faaliyetleri detaylı olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Uzak Lojistiğı ve Taşımacılık Faaliyetleri

Kapsamı itibarıyla uyduların ve küp uyduların taşımacılık faaliyetlerine yoğunlaşmıştır. Uzak lojistiğı kapsamında küp uydu taşımacılık faaliyetleri temel olarak yer ve yörünge taşımacılığı olarak ikiye ayrılabilir. Yer taşımacılığı, üretilen uyduların üretim alanından fırlatmanın gerçekleştirileceğı hava veya uzay üssüne taşınması olarak tanımlanabilir.

Yer taşımacılığı;

- Fırlatma alanına taşıma,
- Fırlatma öncesi hazırlık,
- Fırlatma rampasına taşıma,

3 aşamada incelenecektir.

Yörünge taşımacılığı ise;

- Roketin fırlatılması
- Roketin ayrılma manevraları
- Roketin yörüngeye girişi
- Faydalı yüklerin yörüngeye bırakılması (yerleştirilmesi)
- YTA'lar ile yörünge transferlerinin gerçekleştirilmesi

5 aşamada incelenecektir.

Taşımacılık kapsamında özellikle yer taşımacılığındaki “Fırlatma Alanına Taşıma” faaliyetleri entegre bir dizi işlemden oluşmaktadır. Yer taşımacılığı olarak adlandırılmış olsa dahi uyduların farklı ülkelerde veya kıtalarda fırlatılması nedeniyle bu taşımacılık süreci hava, deniz veya demiryoluyla gerçekleştirilmektedir. Ayrıca Şekil 1’de gösterilen taşımacılık faaliyetleri kitabın bu bölümünde detaylı olarak incelenecektir.

6.1.1. Yer Taşımacılığı

Uyduların üretildiği, montaj, entegrasyon ve testlerin gerçekleştirdiği merkezler (Assembly, Integration, Test-AIT) Dünya’nın çeşitli yerlerde bulunmaktadır. Türkiye’nin ilk ve en kapsamlı Uzay Sistemleri Entegrasyon ve Test Merkezi (USET) dünyada sınırlı ülkenin sahip olduğu uydu üretimi için oldukça önemli bir üretim merkezidir. TUSAŞ’ın tesislerinde kurulan USET, birden fazla büyük uydunun (5 ton) montaj, entegrasyon ve test faaliyetlerini aynı anda yürütebilme kapasitesine sahiptir. Temiz oda ve teknik destek ekipmanlarıyla donatılan merkezin havalimanı taksi yoluna direkt bağlantısının olmasıyla üretim alanından direkt havayolu taşımacılığı gerçekleştirilebilme imkanı sunulmaktadır (TUSAŞ, 2025a). USET’te titreşim testleri, akustik testleri, kütle özellikleri ölçüm testleri, ısıl vakum testleri, EMI/EMC testleri, kompakt anten ölçüm testleri, iklimatik ve titreşim kombine testleri gerçekleştirilebilmektedir. Türkiye kendi imkan ve kabiliyetleriyle TÜRK SAT 6A ve İMECE uydularını USET’te üretilmiştir (USET, 2025). Bu kapsamda TÜBİTAK Uzay’ın bünyesinde daha küçük uyduların üretimine uygun test merkezi bulunmaktadır (TÜBİTAK Uzay, 2025a). Ayrıca İstanbul Teknik Üniversitesi’nde uzay mühendisliği bölümünde görece daha küçük küp uyduların (Cubesat) montaj, entegrasyonu ve test faaliyetleri gerçekleştirilebilmektedir (İTÜLABS, 2025). Türkiye’de bulunan montaj, entegrasyon ve test merkezlerinden fırlatma alanlarına taşıma faaliyetleri gerçekleştirilmektedir.

Uzay lojistiği kapsamında değerlendirilen taşımacılık faaliyetleri yer taşımacılığında intermodal, yörünge taşımacılığı kısmında ise multimodal

taşımacılık süreçlerini içermektedir. Yer taşımacılığında özellikle uyduların fırlatma alanına taşınmasında kara yolu, deniz yolu ve hava yolu kullanarak intermodal taşımacılık gerçekleştirilmektedir. Bu durum ise uydu üreticilerinin fırlatma operatöründen farklı ülkede veya fırlatma sahasına uzak olduğunda geçerlidir.

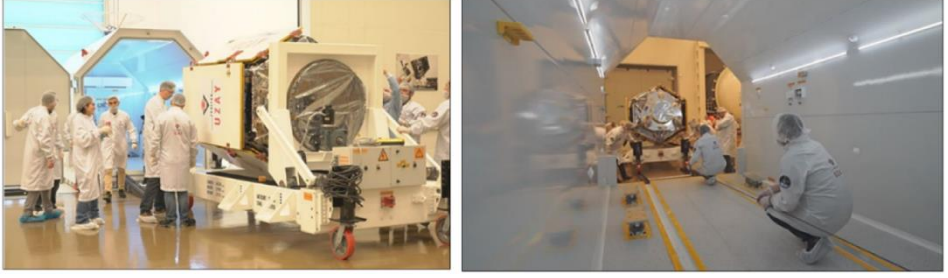
Yer taşımacılığı uyduların fırlatma alanlarına taşınmasından önce uydu üretim alanının içerisinde başlamaktadır. Uyduların montaj, entegrasyon, test ve deneme aşamalarında bulunduğu üretim alanında yer değiştirmesi gerekebilir. Bu kapsamda uyduların bulunduğu platformların elektrikli çekici, forklift vinç, vb. araçlarla iç nakliyesi (taşınması) veya yer değişikliği gerçekleştirilir. Üretim alanında gerçekleştirilen üretim lojistiği kapsamında fabrika içi malzeme nakil alanın sterilizasyonu oldukça önemlidir. Şekil 2.2’de görüleceği üzere görevli personel nakil sürecinde uyduların dış kaynaklı cisimlerden korunması için tedbirini almıştır. Ayrıca tedbirler sadece fabrika içi malzeme naklinde değil uydu üretim sürecinin tamamında uygulanmaktadır (İlarslan, 2025).



Şekil 2. Uyduların Üretim Yerinde Malzeme Nakli (Taşıma) Faaliyetleri (TÜRKSAT 6A)

Kaynak: (AA, 2025b).

Şekil 2’de gösterildiği gibi büyük uyduların Uzay Sistemleri Entegrasyon ve Test Merkezi (USET) içerisinde nakliyesi, test, montaj veya entegrasyonlarının gerçekleştirilmesi esnasında elektrikli çekicilerden faydalanılmaktadır.



Şekil 3. Uyduların Üretim Yerinde Taşıma Faaliyetleri (İMECE)
Kaynak: (İlarslan, 2025).

Uydunun fırlatma alanlarına taşınmasında güvenliğini sağlamak için hazırlanan konteynere yüklenmesi, çekiciler veya özel platformlar ile gerçekleştirilebilmektedir. Metre altı çözünürlüğe sahip ilk gözetleme uydusu İMECE'nin taşınması sürecinde uydunun zarar görmemesi için tedbir alınmıştır. Uyduların fırlatma alanına taşınmasının öncesinde İMECE uydusunun konteynere yüklenmesi (elleçleme) şekil 3'te gösterilmiştir (İlarslan, 2025).

Üretim alanındaki işlemler tamamlandıktan sonra fırlatmaya hazır olan uydular, fırlatma alanına taşınarak fırlatma öncesi gerekli testler gerçekleştirilebilecektir. Fırlatma alanında uydunun testleri başarılı bir şekilde gerçekleştirildikten sonra kontrolleri de yapılarak roketin faydalı yük kısmına yüklenerek roket ile entegrasyonu tamamlanır. Son olarak ise Roket bir bütün halinde fırlatma rampasına taşınarak, fırlatma anına kadar fırlatma öncesi testler gerçekleştirilir. Başarılı bir fırlatma gerçekleştirilebilmesi için üretim alanındaki taşıma faaliyetleri, üretim alanına taşınması ve roketin rampaya (lift) taşınması oldukça önemlidir (İlarslan, 2025; Toraman, 2025b).

6.1.1.1. Fırlatma Alanına Taşıma Faaliyetleri

Uyduların üretildiği, montaj, entegrasyon ve testlerin gerçekleştirdiği merkezlerinden (Assembly, Integration, Test-AIT) fırlatma alanlarına gerçekleştirilen taşımacılık sürecini ifade etmektedir. Türkiye'de bulunan USET, Tübitak Uzay, İTÜLABS, vb. montaj, entegrasyon ve test merkezlerinden fırlatma alanlarına taşıma faaliyetleri gerçekleştirilmektedir. Fakat Türksat'ın Airbus ile yaptığı anlaşmayla üretilen Türksat 5A ve Türksat 5B Airbus'un Fransa'daki merkezinde üretilip direkt ABD'ye fırlatılması için gönderilmiştir. Arından Falcon 9 roketiyle yörünge taşımacılığı gerçekleştirilmiştir (TÜRK SAT, 2025a).

Üretime hazır olan uydular taşınma sürecinde zarar görmemesi için çeşitli yöntemlerle koruma altına almaktadır. Şekil 3'te görüleceği gibi sıcaklık, nem, titreşim, çarpma vb. taşıma risklerinden korunmak için özel bir konteynere yüklenmiştir.



Şekil 4. Uyduların Fırlatma Alanına Taşıma Faaliyetleri-1 (TÜRKSAT 6A)
Kaynak: (AA, 2025c).

Şekil 4’te Türksat 6A’nın USET’te üretilmesinin ardından havalimanına kara yoluyla taşıma faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. Koruma altına alınan konteyner havalimanına kara taşıtlarıyla getirildikten sonra yüksek tonajlı yüklerin elleçlenmesinde kullanılan vinçlerin yardımıyla kargo uçağa yüklenebilmesi için önce uçağın önündeki yükleme rampasına indirilir.



Şekil 5. Uyduların Fırlatma Alanına Taşıma Faaliyetleri-2 (TÜRKSAT 6A)
Kaynak: (TÜRKSAT, 2025b).

Ardından yükleme rampasına indirilen konteyner platform üzerinden uçağın içerisine alınarak kargo uçağına yükleme işlemi gerçekleştirilir (Şekil 2.5).



Şekil 6. Uyduların Fırlatma Alanına Taşıma Faaliyetleri-3 (TÜRK SAT 6A)
Kaynak: (TÜRK SAT, 2025b).

Şekil 6’da konteynerin uçağına yüklenme süreci gösterilmiştir. Kargo uçağı fırlatma sahasının bulunduğu ülkeye iniş yapmasının ardından kara yolu taşıma araçlarıyla konteynerin fırlatma sahasına taşınacaktır. Yer taşımacılığının önemli bir parçası olan üretim alanlarından yapılan taşımacılık faaliyetleri süreç için oldukça önemlidir. Uyduların üretim alanından taşınması sürecinin ikinci aşamasında konteyner hava yoluyla taşınmaktadır. Hava yolu taşımacılığında hem güvenli hem de hızlı bir şekilde teslimatın gerçekleştirilebilmesi taşıma maliyetlerinin görece fazla olmasına rağmen tercih edilmektedir (İlarslan, 2025).



Şekil 7. Canopée Kargo Gemisi ile Deniz Yolu Taşımacılığı
Kaynak: (ESA, 2025a).

Hızlı ve güvenli olan hava yolunun yanında uydular fırlatma alanına deniz yoluyla da taşınabilmektedir. Yeni nesil Canopée kargo gemisi, roketin üst kısmını Almanya Bremen, uyduların korunmasını sağlayan ‘Fairing’ kısmı Hollanda Rotterdam ve Fransa’nın Le Havre’den roketin ilk aşaması ile Bordeaux’dan katı itici parçaları alınarak 10 günlük yolculuğun ardından Fransız Guyanası’ndaki Kourou limanına getirilmektedir. (ESA, 2025a). Fırlatma alanına ise kara yoluyla taşınmaktadır. Airbus’ın üretmiş olduğu Sentinel-2C uydusu Canopée kargo gemisiyle Fransız Guyana’sına taşınmış ve Vega roketiyle yörüngeye fırlatılmıştır (İlarslan, 2025).

Uyduların fırlatma alanına getirilmesinin ardından bu alanda bir dizi teste tabi tutulacaktır. Söz konusu taşımacılık faaliyetlerinde uyduların çeşitli nedenlerden ötürü zarar görmesi muhtemeldir. Uydudaki ilgili arızanın fark edilmeden fırlatılması çalışmamasına neden olacaktır. Bu durum ise ticari uzay işletmelerinin maliyet, zaman ve emek açısından zararına neden olacaktır. Fırlatma öncesi uyduların üretim alanlarında test edilerek uydunun taşıma esnasında zarar görüp görmediğinin kontrol edilir.

6.1.1.2. Fırlatma Alanında Hazırlık Süreçleri

Uyduların veya farklı faydalı yüklerin fırlatma alanına getirilmesinin ardından montaj test ve entegrasyon süreçlerine geçilmektedir. Fırlatma alanlarındaki merkezlerde roketin test, montaj, entegrasyon süreçleri gerçekleştirilmektedir. Şekil 2.8’de Rocket Lab’ın fırlatma alanına yakın roket test, montaj, entegrasyon

merkezi gösterilmiştir. Montaj, test ve entegrasyon faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi sürecinde uydu üreticilerinin uyulması istenen standartlara (isterler, gereklilik, şartları) dikkat etmesi önemlidir.



Şekil 8. Fırlatma Hazırlık Alanı (Montaj ve Test Faaliyetleri)

Kaynak: (Rocket Lab, 2025).

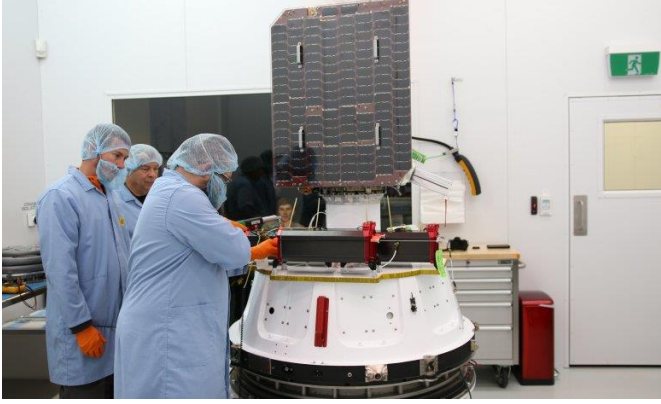
Roketin motor, birinci aşama, ikinci aşama ve faydalı yük taşıyan kısımlarının entegrasyonu gerçekleştirilir. Şekil 9’da Electron roketinin motor entegrasyonu gösterilmiştir.



Şekil 9. Fırlatma Hazırlık Alanı (Motor Entegrasyonu)

Kaynak: (Rocket Lab, 2025).

Roket entegrasyonunun gerçekleştirilmesi süreci roketin fırlatmaya hazırlığıyla ilgiliyken uyduların da fırlatma öncesi testlerinin gerçekleştirilmesi uydunun fırlatmaya hazırlanmasıyla ilgilidir.



Şekil .10 Fırlatma Hazırlık Alanı (Uydu Testleri-Entegrasyonu)
Kaynak: (Rocket Lab, 2025).

Fırlatma öncesi uyduların son testleri gerçekleştirilir. Fırlatma öncesi son testler ise farklı kontrol testleri ve yakıt dolum (büyük uydular) faaliyetleridir. Testlerin ardından faydalı yük taşıyan alana uydular entegre edilir. Uyduların üretiminde fırlatma operatörü tarafından belirlenen standartlara uyulması önemli bir zorunluluktur. Bu durum uyduların donanımsal olarak doğru bir şekilde entegrasyonunun yapılmasına, fırlatma ve taşıma sürecinde risklere karşı hem üreticinin kendi uydusunun hem de farklı üretici uydularının zarar görmesini önleyecektir.



Şekil 11. Fırlatma Hazırlık Alanı (Uydu Entegrasyonu)
Kaynak: (OroraTech, 2025).

Şekil 11’de montajı tamamlanmış bir Küp Uydu entegrasyonu gösterilmiştir. K p uydular diğer küçük uydulardan farklı olarak entegrasyon sürecinde farklı bir koruma kaplaması (kutusu) ile fırlatılır. ExoLaunch şirketi k p uydu üreticilerine veya sahiplerine fırlatma sürecinde teknik destek ve dağıtım sistemleri hizmet sunmaktadır (Exo Launch, 2025).



Şekil 12. Exo Launch’ın K p Uydu Dağıtıcısı (EXOPod)

Kaynak: (Exo Launch, 2025).

ExoLaunch şirketine ait EXOPod dağıtıcısı Şekil 11 ve 12’de gösterilmiştir. Gelişmiş k p uydu sistemlerinden olan EXOPodlar fırlatmalarında dağıtım sistemi sıklıkla tercih edilmektedir.



Şekil 13. EXOPod Entegrasyon İşlemleri

Kaynak: (Exo Launch, 2025).

EXOpodların entegrasyonu Şekil 13'te gösterilmiştir. EXOpodlar 6U, 8U, 12U ve 16U farklı boyutlardaki küp uyduların barındırılmasını, taşınmasını ve yörüngeye yerleştirilmesini sağlamaktadır.



Şekil 14. EXOpod'un Çalışma Prensibi

Kaynak: (Exo Launch, 2025).

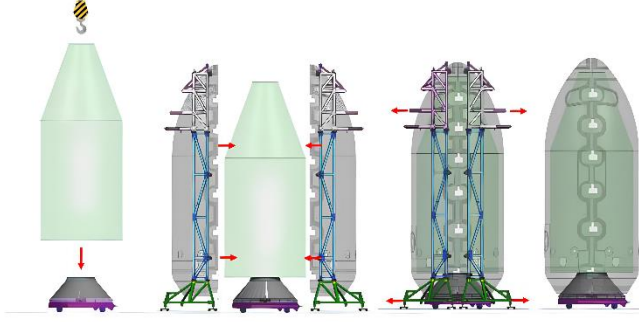
EXOpodun çalışma prensibi Şekil 14'te gösterilmiştir. Fırlatma aracı yörüngeye girene kadar dağıtıcının kapakları kapalı şekildedir. Fırlatma aracı yörüngedeyken dağıtıcının kapakları açılır. Ardından yaylı sistem EXOpodun içerisindeki küp uydunun serbest kalmasını, dışarı çıkmasını ve yörüngeye yerleşmesini sağlamaktadır.



Şekil 15. Fırlatma Hazırlık Alanı (Kaplamanın (Fairing) Entegrasyonu)

Kaynak: (Rocket Lab, 2025).

Birden fazla küp ve küçük uyduların aynı roketle taşınması mümkündür. Fakat 4-5 tonluk büyük izleme veya haberleşme uydularının taşınması tekil olarak gerçekleştirilir (Şekil 15).



Şekil 16. Faydalı Yükün montaj ve Entegrasyon Süreci
Kaynak: (SpaceX, 2025c).

Farklı uydu türlerine ve ağırlıklarına göre geliştirilen faydalı yük bağlama parçalarına (Payload Attach Fittings- PAF) entegre edilir. PAF, faydalı yükün roketle entegre edildiği kısımdır. Uyduların PAF entegrasyonu temsili şekilde Şekil 16’da gösterilmiştir (SpaceX, 2025c). Nihai olarak ise faydalı yük “*fairing*” ismi verilen kaporta ile kapatılır.

Tüm uyduların kontrolleri ve testleri aynı anda yapılmakta olup ilgili sürecin tamamlanmasının ardından başarılı sonuç elde eden uyduların montajı gerçekleştirilerek entegrasyon süreci tamamlanır. Fırlatma rampasına taşınmaya ve yörünge taşımacılığına hazır hale getirilir. Hazır olan roket ve faydalı yükler için fırlatma rampasına taşıma sürecine başlanır.

6.1.1.3. Fırlatma Rampasına Taşıma Faaliyetleri

Uyduların üretim noktalarından fırlatma alanına gelmesi ve çeşitli testlerden sonra roketin faydalı yük taşıyan kısmına montajının ardından roketin birinci, ikinci aşamasıyla birleştirilmesine müteakip roket fırlatmaya hazır hale gelir. Bu aşamadan sonra faydalı yük kısmına erişim imkanı özel düzenlemeler gerektirir ve olağan dışı durumlarda geçerlidir (SpaceX, 2025c).

Bu aşamadan sonra ise roketin bir bütün halinde fırlatma rampasına taşınması gerekmektedir. Roketin büyüklüğüne, hacmine ve tonajına göre uygun bir araç ile roket genellikle yatay bir şekilde taşınması gerçekleştirilir.



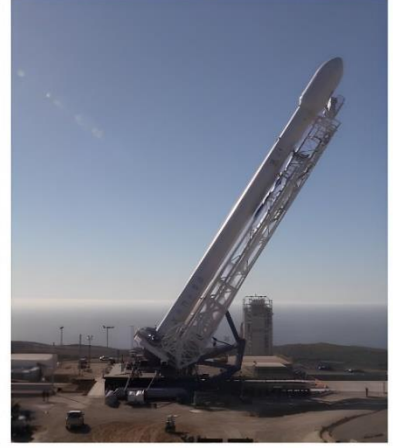
Şekil 17. Spectrum'un Fırlatma Alanına (Rampasına) Taşınması
Kaynak: (Israerospace, 2025a).

Şekil 17'de görüleceği üzere Spectrum roketi fırlatma alanına doğru kara aracıyla taşınmaktadır.



Şekil 18. SpaceX'in Fırlatma Alanına (Rampasına) Taşınması
Kaynak: (SpaceX, 2025c).

SpaceX'in Falcon 9 roketlerinin fırlatma rampasına taşınmasında taşıyıcı ve dikleştirici özelliği olan özel araç kullanılmaktadır. Bu araç şekil 18'de ve 19'da gösterilmiştir.



Şekil 19. SpaceX'in Fırlatmaya Hazırlanması Dikey Hale Getirilmesi
Kaynak: (SpaceX, 2025c).

Roketin fırlatmaya hazır dik hale gelmesinin ardından rokete erişim mümkün değildir (SpaceX, 2025c).



Şekil 20. Spectrum'un Fırlatma Hazırlık Süreci- Dikey Hale Getirilmesi
Kaynak: (Isaraerospace, 2025a).

Düşük tonajlı roketler için taşıyıcı ve dikleştirici özelliği olmayan kara araçları kullanılabilir. Bu durumda roket vinç yardımıyla da roketler dik hale getirilebilir (Şekil 20).



Şekil 21. Fırlatma Operatörü SpaceX'in Vandenberg'deki Tesisleri
Kaynak: (SpaceX, 2025c).

Fırlatma operatörlerinin fırlatma alanlarında bulunan tesislerinde fırlatmaya hazır uyduların test ve montajı ayrıca roketlerin montaj, test, entegrasyon tamamlanarak üretimi süreci tamamlanmaktadır. Roketlerin fırlatma alanı, fırlatma rampası, tekrar kullanımlı roketler için iniş alanı ve faydalı yükün ve roketin birleştirildiği tesisler fiziki olarak birbirlerine yakın mesafededir. Fırlatma araçlarının boyutları, ağırlığı ve hacminin fazla olması nedeniyle hem zorunluluktan hem de roketin fırlatma rampasına daha az risk ile kolay bir şekilde taşınmasını sağlamaktadır. Şekil 21'de fırlatma operatörü SpaceX'in fırlatma kompleksi gösterilmiştir.

Yer taşımacılığı, uzay görevlerinin başarıyla gerçekleştirilebilmesi için önemli bir aşamadır. Yörünge taşımacılığının hemen öncesinde gerçekleştirilen faaliyetlerin herhangi bir aşamasında yapılacak en ufak bir hata veya dikkatsizlik tüm uzay lojistiği operasyonunun başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olacağından sürecin yüksek hassasiyetle tamamlanması gerekmektedir.

Uydunun üretilmesi, fırlatma alanındaki tesislerde test, montaj ve fırlatılacak roketle entegrasyonunun gerçekleştirilmesinin ardından roket fırlatma sahasına taşınarak fırlatmaya hazır hale gelir. Bu aşamada yörünge taşımacılığı başlayacaktır. Yörünge taşımacılığı da yer taşımacılığında olduğu gibi uzay lojistiğinin önemli ve Küp uydu özelinde taşımanın son aşamasıdır. Fakat

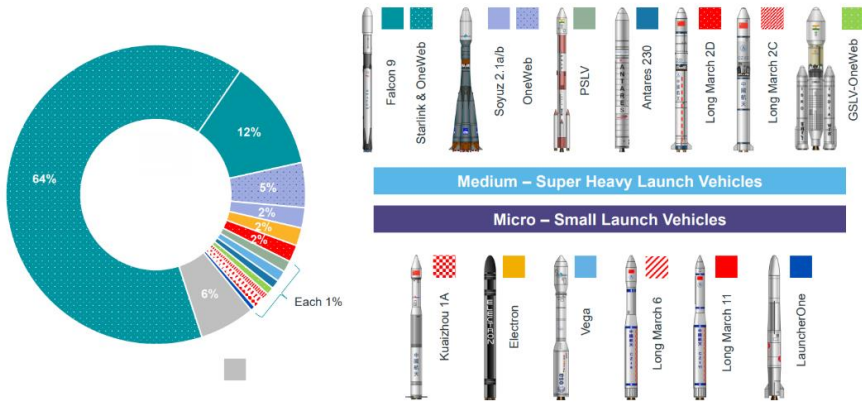
TÜRKSAT 6A gibi kendi itki sistemi olan ve yüksek yörüngedeki görevler için üretilen uydular transfer yörüngesinden hedeflenen yörüngeye, yörüngeler arası taşımacılık faaliyetleriyle ulaşacaktır.

6.1.2. Yörünge Altı Taşımacılık

Yörünge altı taşımacılık genel itibariyle uzay turizm faaliyetlerini içerdiği için bu konu uzay turizmi bölümünde detaylı olarak işlenmiştir.

6.1.3. Yörünge Taşımacılığı

Yörünge taşımacılığı, faydalı yüklerin roketle entegre edilmesi ve roketin fırlatma rampasına tek parça halinde taşınmasının ardından gerçekleştirilir. Yörünge taşımacılığı, fırlatma rampasından başlayarak hedeflenen yörüngeye ulaşılmasını ve faydalı yüklerin yörüngeye yerleştirilmesini ifade etmektedir. Şekilde Yörünge taşımacılığında kullanılan roketler gösterilmiştir.



Şekil 22. Yörünge Taşımacılığında Kullanılan Roketler

Kaynak: (Brycotech, 2024).

Yörünge taşımacılığında taşıma süreci genel itibariyle aynı olsa da içeriğe uygun olarak Falcon 9 özelinde incelenmiştir. Yörünge taşımacılığının aşamaları Tablo 1’de, Şekil 23 ve Şekil 24’te detaylı olarak gösterilmiştir.

Yakın Dünya Yörüngesine (LEO) gerçekleştirilen taşımacılığın aşamaları Falcon 9 özelinde gösterilmiştir.

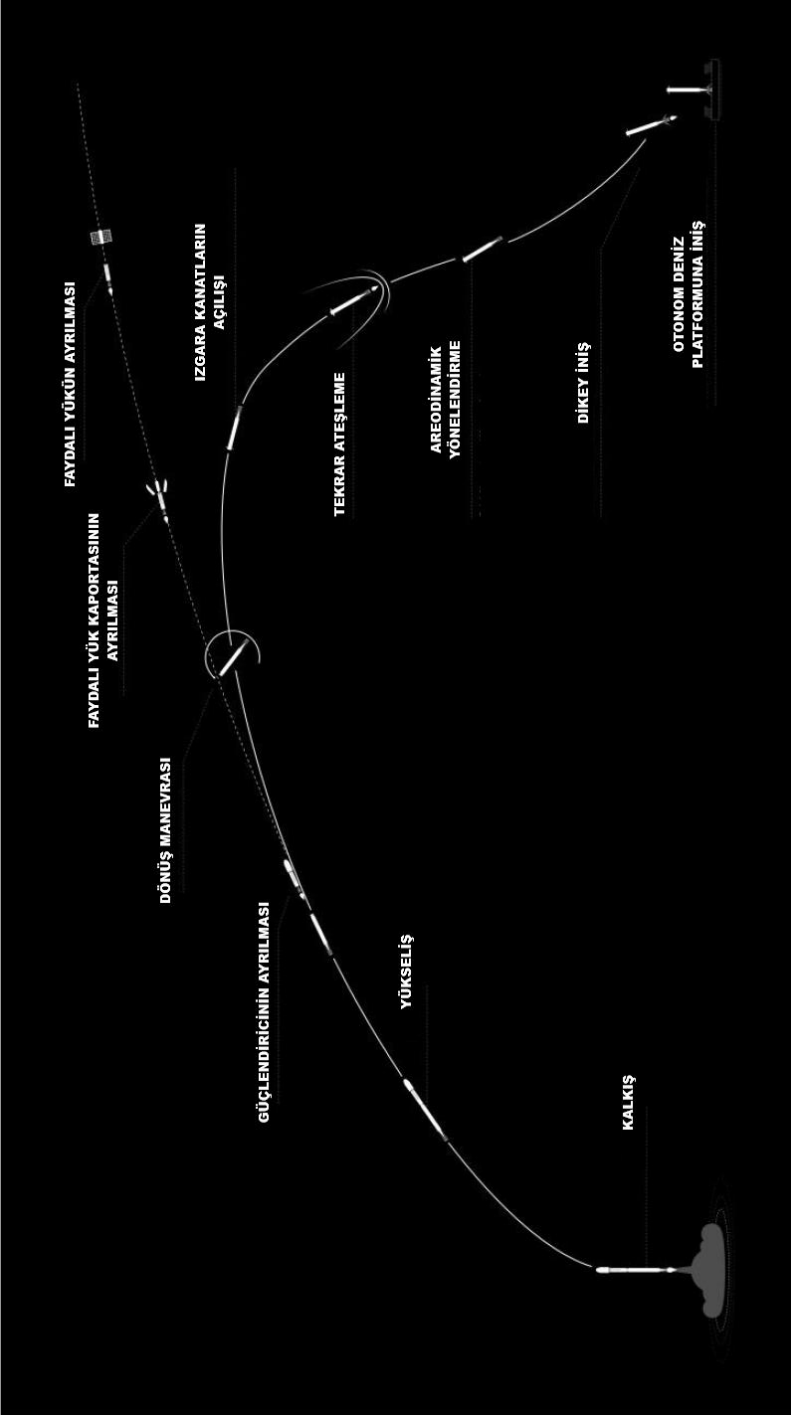
Tablo 1. Falcon 9’un Kalkış (Fırlatma), Yörünge Taşımacılığının Aşamaları

Zaman	Fırlatma süreci
Z- 3s	Motorlarının çalıştırılması
Z+ 0	Kalkış
Z+ 1-2dk	Maksimum dinamik basınç (Maks-Q)
Z+ 2-3dk	Güçlendirici (Booster) motorlarının kapatılması
Z+ 2-3dk	I. Aşama (Güçlendiricinin) ayrılması
Z+ 2-3dk	II. Aşamanın motor çalıştırması
Z+ 3-4dk	Faydalı yük Kaportasının (Fairing) ayrılması
Z+ 4-6dk	Güçlendiricideki Izgara Kanatların açılması ve manevraların gerçekleştirilmesi
Z+ 6-8 dk	Güçlendiricinin geri dönüş manevrası ve tekrar ateşlenmesi
Z+ 8-9dk	Güçlendiricinin tekrar motor çalıştırılması ve dikey inişin gerçekleştirilmesi
Z+ 10dk	II. Aşamanın yörüngeye ulaşımı
Z+ 12dk	Faydalı yüklerin (Uyduların ayrılması)
Z+ 15dk	II. Aşamanın yörüngeden çıkarılarak kontrollü imhası

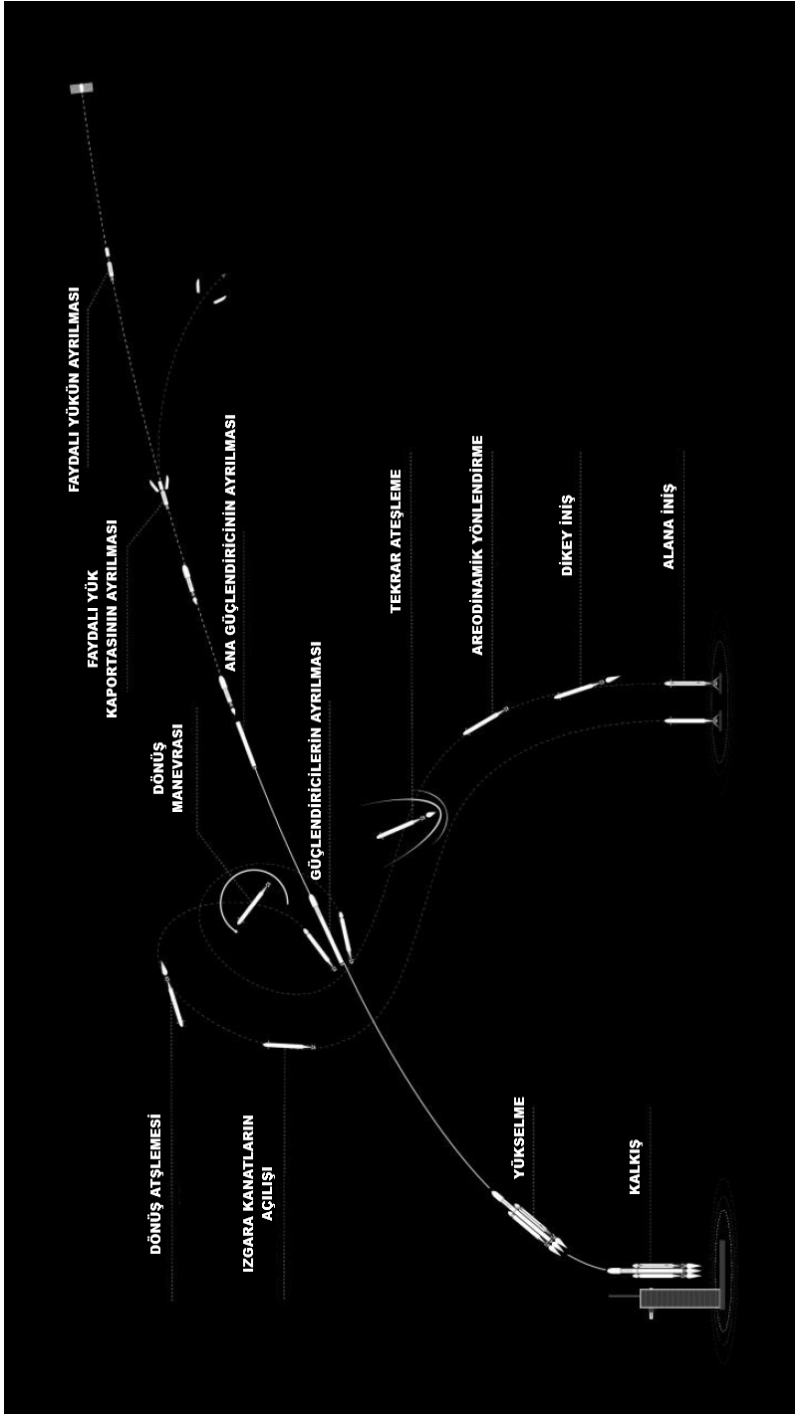
Z: Zaman, S: Saniye, Dk: Dakika

Falcon 9 ve Falcon Heavy aynı platformları kullanmaktadır. Falcon Heavy’nin üç güçlendiricisinin olmasıyla ayrılma ve iniş süreçlerinde farklılıklar olsa dahi genel olarak yörünge taşımacılığı süreci benzerdir. Yörünge taşımacılığı, ilk olarak kalkış, ilk ve ikinci aşamanın ayrılma manevraları, geri dönüş manevraları, yörüngeye giriş ve faydalı yüklerin yörüngeye bırakılması olarak sıralanabilir. Farklı yörüngelere daha az faydalı yük ile direkt çıkılabilir. Ayrıca uyduların kendi yetenekleriyle veya yörünge transfer araçlarıyla yörüngeler arası taşımacılık (transfer) gerçekleştirilir.

Yörüngeler arası taşımacılık yörünge transfer araçlarının uydulara entegrasyonu ile gerçekleştirilebilir. Fergani şirketinin geliştirdiği Yörünge Transfer Aracıyla (YTA) ilk yörüngeler arası transfer 2025 yılının sonlarına doğru gerçekleştirmiştir. Fergani’nin YTA’sı ile gelecekte Türkiye’nin yörüngeler arası taşımacılık kapasitesi artacaktır.



Şekil 23. Falcon 9'un Kalkış (Fırlatma), Yörünge Taşımacılığı ve İniş Süreci
Kaynak: (SpaceX, 2025c).



Şekil 24. Falcon Heavy'un Kalkış (Fırlatma), Yörünge Taşımacılığı ve İniş Süreci
Kaynak: (SpaceX, 2025c).

Roketin Fırlatılması, yörünge taşımacılığının ilk aşaması olup roketlerin fırlatma sahalarından kalkış yaparak hedeflenen yörüngeye doğru gerçekleştirdiği hareketidir.

Roketin ayrılma manevraları: İki aşamalı roketlerin yapısı itibarıyla kalkış sonrası belirli irtifalarda gerçekleştirilen ayrılma manevralarıdır. Şekil 23’de detaylı olarak gösterilen süreçte ilk olarak I. aşama olan tekrar kullanılabilen güçlendiricilerin motorlarını durdurması sonrasında ise ayrılmasıdır. Ardından tek motorlu II. Aşamanın yörüngede faydalı yükleri bırakması veya Dragon uzay aracından ayrılmasını ifade etmektedir.

Roketin yörüngeye girişi: Faydalı yüklerin bulunduğu tek motorlu roketin hedeflenen yörüngeye girişini ifade eder. Faydalı yüklerin genellikle yeryüzünden LEO ve Yer Sabit Transfer Yörüngesine (Geostationary Transfer Orbit- GTO) taşımacılık faaliyetleri gerçekleştirilir.

Faydalı yüklerin yörüngeye bırakılması (yerleştirilmesi): Faydalı yüklerin veya uyduların yörüngeye bırakılmasını ifade etmektedir. Küp uydular farklı dağıtıcı sistemler (EXOpod) ile yörüngeye bırakılmaktadır. II. Aşama hedeflenen yörüngeye geldiğinde faydalı yük kısmındaki uyduların serbest bırakılmasıdır.

YTA’lar ile yörünge transferlerinin gerçekleştirilmesi: Uydu, uzay aracı, vb. faydalı yüklerin GTO’ya bırakıldıktan sonra GEO, Ay transfer yörüngesi ve Yüksek Eliptik Yörüngeler (HEO) daha yüksek yörüngelere transferi gerekebilir. Falcon 9’un uyduları GTO’ya bırakmasının ardından kendi itki sistemleriyle GEO’ya transferini gerçekleştirebilir. Son süreçte TÜRK SAT 6A’nın kendi itki sistemleriyle GEO’ya yerleştirilmiştir. Ayrıca itki sistemine sahip olmayan faydalı yüklerin YTA’lar ile yörüngeler arası geçişinin sağlanmasıdır.

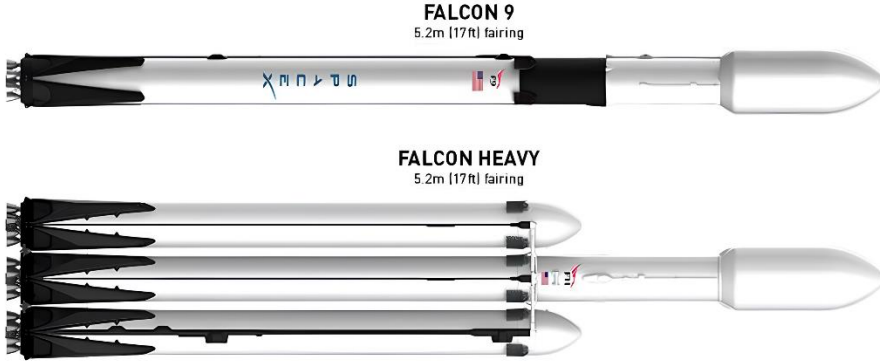
Güçlendiricinin yeryüzüne dönüşü: Falcon 9’un ilk aşaması olan güçlendiricisinin sonraki fırlatmalarda kullanılabilmesi için yeryüzüne dönüş sürecini ifade etmektedir. Geri dönüş sürecinde Falcon 9 ve Falcon Heavy’nin iniş gerçekleştirebileceği kara ve deniz platformları bulunmaktadır. Ayrıca SpaceX’in filosundaki Starship’in ilk aşaması fırlatma rampasına tekrar iniş gerçekleştirebilmektedir. Starship’in iki aşaması da tekrarlı kullanım özelliğine sahiptir.

6.1.4. Yörünge Taşımacılığında Kullanılan Araçlar/ Roketler

6.1.4.1. SpaceX: Falcon 9, Falcon Heavy, Starship ve Dragon

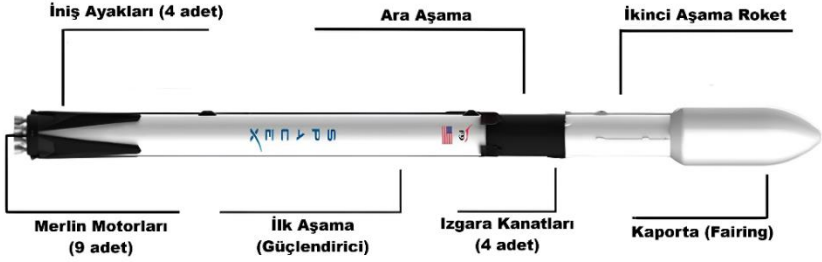
Yörünge taşımacılığında genellikle iki aşamalı roketler kullanılmaktadır. Bu alanda geçmişte devlet destekli fırlatma operatörleri bulunmaktaydı. Günümüzde ise ticari faaliyetlerini sürdüren özel uzay firmaları fırlatma alanında etkinliğini artırmaktadır. Özellikle teknik altyapısı, fırlatma kabiliyeti ve kapasitesiyle SpaceX fırlatma operatörleri arasında özel bir yere sahiptir. SpaceX’in sahip

olduğu Falcon 9, Falcon Heavy, insanlı uzay görevleri için Dragon kapsülüyle, uzayın derinliklerine erişim sağlayabilecek Starship ile farklı görevlere uygun fırlatma roketleri ve uzay araçları filosuyla uzaya erişimde (taşımacılık) önemli bir 3 PL hizmet sağlayıcısıdır (Şekil 25) (SpaceX, 2025c).



Şekil 25. Falcon 9 ve Falcon Heavy Roketleri
Kaynak: (SpaceX, 2025c).

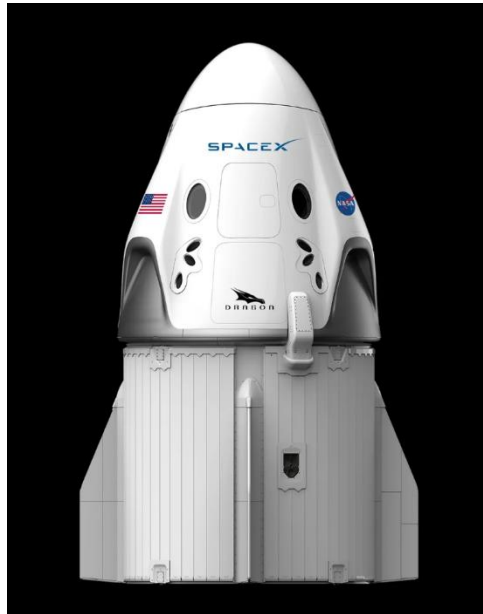
Falcon fırlatma aracı ailesi farklı görevlere uygun olacak şekilde özel olarak geliştirilmiştir. Bu kapsamda iki aşamalı motorları, yakıt tankları, aviyonik cihazları, güdüm ve kontrol yazılımları ve yer destek ekipmanları ve teçhizatları geliştirilmiştir. Falcon Heavy, Falcon 9'un platformu üzerine kurulmuş olup ekstra iki güçlendirici ile desteklenmiştir. Falcon Heavy daha ağır yüklerin yörüngeye taşınabilmesi için üretilmiştir. SpaceX, Cape Canaveral Uzay Kuvvetleri Üssü, (Cape Canaveral Space Force Station, CCSFS), Kennedy Uzay Merkezi (Kennedy Space Center -KSC) ve Vandenberg Uzay Kuvvetleri Üssü'nde (Vandenberg Space Force Base -VSFB) olan Falcon fırlatma tesislerini işletmektedir. Falcon LEO, GTO, HEO, gezegenler arası kaçış yörüngelerine ve farklı eğim ve irtifalara faydalı yük taşımacılığı gerçekleştirebilmektedir (SpaceX, 2025c).



Şekil 26. Falcon 9'un Özellikleri

Kaynak: (SpaceX, 2025c).

SpaceX Falcon 9 ile 2025'in ilk çeyreği itibarıyla toplamda 507 fırlatma gerçekleştirmiştir. Bunlardan 462'si tekrar yere iniş yapmıştır. Tekrar başarılı iniş yapabilen güçlendiricilerin kullanımıyla toplamda 431 tekrar fırlatma gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama güçlendiriciler %100 başarı oranıyla 384'ten fazla taşımacılık gerçekleştirmiştir (SpaceX, 2025c; SpaceX, 2025b). Tekrar kullanılabilen roketler ise uzaya erişiminde maliyet etkin çözümler sunmaktadır. Uzaya erişimin daha uygun maliyetlerle gerçekleştirilebilmesi ise uzay araştırmalarını, uzay turizmini, derin uzay faaliyetlerini, Mars ve Ay yolculuklarını desteklemektedir. Bu durum ise uzay endüstrisini önemli katkılar sunmuştur.



Şekil 27. Dragon Uzay Aracı

Kaynak: (SpaceX, 2025c).

Falcon 9, Dragon uzay aracıyla Uluslararası Uzay İstasyonu'na (ISS) kargo ve mürettebat taşımacılığı gerçekleştirebilmektedir. SpaceX'in yanı sıra Boeing Starliner uzay aracıyla 5 Haziran 2024'te ISS'e taşımacılığını başarılı bir şekilde gerçekleştirmiştir. NASA Astronotları Butch Wilmore ve Suni Williams Starliner ile ISS'e başarılı bir şekilde ulaşmış olsa da araçtaki teknik arıza nedeniyle geri dönüş sürecinde aksaklık yaşanmıştır. ISS'te yaklaşık 9 aydır mahsur kalan Astronotların geri dönüşü Dragon ile başarılı bir şekilde sağlanmıştır (AA, 2025d).

SpaceX'in kapasite açısından en önemli roketi ise Starship'tir. Starship'in iki aşamasının da tekrar kullanıma sahip olması uzaya erişim ve taşımacılıktaki maliyetlerin daha da azalmasını sağlayacaktır.



Şekil 28. Starship ve Güçlendiricisi
Kaynak: (Toraman, 2025b; SpaceX, 2025d).

Starship'in özellikleri; (SpaceX, 2025d).

- İkinci Aşama Starship 52 m,
- Birinci Aşama Güçlendiricisi 71 m,
- 9 m (29.5 ft) çap,
- 150 tona kadar taşıma kapasitesi,

Starship'in 150 tona kadar taşıma kapasitesine sahip olması da yörünge ve ötesine gerçekleştirilecek taşımacılıkta maliyetlerini düşürerek daha fazla işletmenin uzaya erişimine imkan sağlayacaktır. Starship'e LEO'da yakıt (Refilling) yükleme işlemi gerçekleştirilebilecektir. Bu özellik ise Starship'in

Mars ve Derin Uzay faaliyetlerinde daha fazla yük taşımaya imkan sağlayacaktır. Starship, mürettebatı, teçhizat, ekipman ve yüksek tonajlı kargoları Yörünge, Ay, Mars ve ötesine taşımada oldukça kullanışlı olacaktır. (SpaceX, 2025d).

SpaceX'in gerçekleştirdiği ilkler; (Toraman, 2025b).

Tablo 2. SpaceX'in Gerçekleştirdiği Görevler

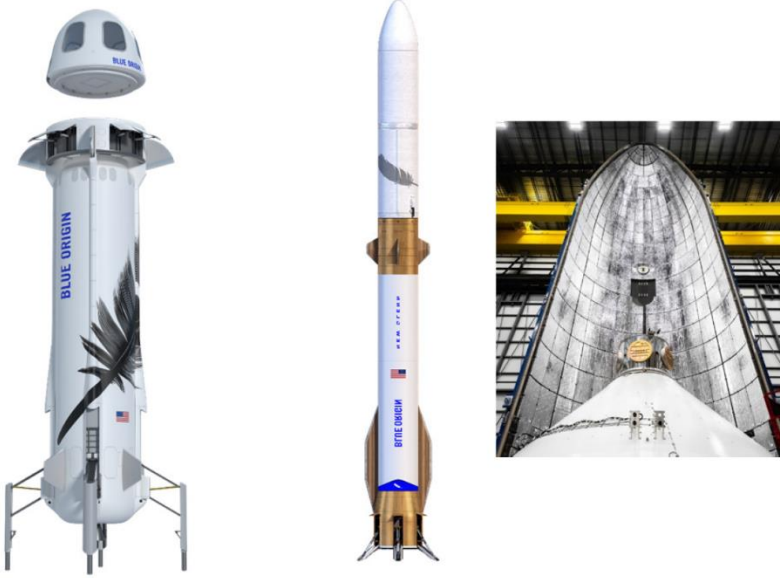
Sıra	Tarih	Görev
1	(28 Eylül 2008)	Falcon 1 Dünya yörüngesine ulaştı.
2	(25 Mayıs 2012)	ISS'e kargo teslimatı yaptı.
3	(21 Aralık 2015)	Tekrar kullanılabilen roketiyle kalkış ve inişi tamamlandı.
4	(30 Mart 2017)	Tekrar kullanılan (kullanılmış) roketle kalkış ve inişi tamamladı.
5	(Demo-2 görevi, 30 Mayıs 2020)	ISS'e uzay görevinde Astronot taşıdı.
6	(24 Ocak 2021)	Tek seferde yörüngeye 143 uydu taşıdı.
7	(Inspiration4 görevi, 15 Eylül 2021)	Sivil mürettebatla ticari uzay faaliyetini gerçekleştirdi.
8	(Axiom 3 görevi, 19 Ocak 2024).	İlk Türkonot Alper Gezeravcı bilimsel araştırmalarını gerçekleştirmek için Falcon 9 ve Dragon aracıyla ISS'e ulaştı.
9	(Polaris Dawn, 10 Eylül 2024).	İlk ticari uzay yürüyüşü gerçekleştirildi.
10	Gelecekte	Starship roketiyle Mars'a seyahat hedefi bulunmaktadır.

Starship test aşamasında olup ilk aşama güçlendiricisi başarılı kalkış, dikey iniş ve fırlatma rampasına iniş gerçekleştirilmektedir. Fakat Starship'in 7. ve 8. testlerinde ikinci aşama Starship infilak ederek atmosferden yeryüzüne parçalanarak girmiştir (Spacelogistics, 2025). Starship 9. Test uçuşunda da başarısız olmuştur. Başarısızlıkla sonuçlanan fırlatmalar olsa dahi bu Starship gelecekte fırlatma başı maliyetlerin düşüşünde önemli bir etken olacaktır. SpaceX, hem Falcon ve Starship roketleriyle hem de Dragon uzay aracıyla fırlatma süreçlerinde, taşımacılığında ve uzay lojistiğinde özel bir konuma sahiptir (Tablo 2).

Uzaya erişim için oldukça önemli olan roketler kara ve deniz platformlarından fırlatılabilmektedir. Roketler ve uzay araçları bilimsel araştırmalarda, Astronotların ve faydalı yüklerin taşımacılığında, uzay turizminde ise uzay yolcularının taşımacılığında kullanılmaktadır.

6.1.4.2. Blue Origin: New Shepard ve New Glenn

Blue Origin, tekrar kullanılabilen roketlere sahip ticari uzay firmasıdır. Sahip olduğu roketler ile hem uzay turizmine hem de kargo taşımacılığı alanında faaliyet göstermektedir. Şirket daha fazla insanın uzaya erişimini sağlamayı hedeflemektedir. Yörünge taşımacılığında tekrar kullanılabilen roketleriyle maliyet etkin çözümler sunmayı hedeflemektedir. New Shepard uzay turizminde aktif olarak kullanılmaktadır. New Glenn ise test aşamasında olup yörünge, Ay, Mars ve ötesine erişim için kullanılması hedeflenmektedir. Blue Origin'e ait New Shepard ve New Glenn roketleriyle New Glenn'in faydalı yük taşıma alanı Şekil 29'da gösterilmiştir.



Şekil 29. Blue Origin'e ait New Shepard ve New Glenn

Kaynak: (Blue Origin, 2024; Toraman, 2025b).

Ayrıca Blue Moon, Blue Origin'in Ay'daki görevler için tasarladığı araçtır. NASA'nın Artemis programı kapsamında gerçekleştirilecek görevlerde kullanılması için geliştirilmiştir (Blue Origin, 2024).

New Glenn'in ilk fırlatmasında kısmi başarısızlıkla karşılaşılmıştır. İlk aşaması başarısız bir iniş gerçekleştirmesine rağmen ikinci kısmı başarılı bir şekilde yörüngeye girmiştir. New Glenn LEO'ya 45 ton, GTO'ya yaklaşık 13 ton taşıma kapasitesine sahiptir. (Blue Origin, 2024). New Glenn, LEO'ya Falcon 9'dan daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip olmasıyla yörünge taşımacılığında önemli bir alternatif olacaktır.

6.1.4.3. Virgin Galactic: VSS Unity

Yörünge altı uzay turizminde hizmet veren Virgin Galactic özel bir uzay şirkettir. Başarısız test aşamasından geçmiş olsa da aktif olarak yörünge altı uzay uçuşları gerçekleştirmektedir. Şekil 2.30'da Virgin Galactic'in uzay aracı VSS Unity ve Taşıyıcı uçağı WhiteKnightTwo birlikte kalkış gerçekleştirirken gösterilmiştir.



Şekil 30. Virgin Galactic'in VSS Unity ve WhiteKnightTwo

Kaynak: (Toraman ve Alnıpak 2025).

Taşıyıcı uçak WhiteKnightTwo ile yaklaşık 15 km'lik kısım geçtikten sonra VSS Unity kendi motorlarını çalıştırarak yolcularına mikro yerçekimi deneyimi sunabilmek için yaklaşık 90-100 km irtifaya çıkartılır. Altı yolcuya mikro yerçekiminde yaklaşık 4-7 dk arasında zaman geçirilme (deneyim) fırsatı sunulur. Türkiye bu alanda ikinci Türkonot Tuva Cihangir Atasever mikro yerçekimini deneyimleme ve çeşitli bilimsel araştırmaları gerçekleştirmek için gönderildi.

Yakın yörünge ve yörünge altı uzay turizmi, roketler, uzay araçları ve balonlar ile gerçekleştirilebilmektedir. Uzay turizminin içerisinde önemli bir yere sahip olan yakın yörünge turizminin hacmi gelecekte 1.5 milyar ABD dolarına ulaşması öngörülmektedir (Toraman ve Alnıpak 2025).

6.1.4.4. Uzaya Erişimde Balonların Kullanımı

Uzaya erişim de kullanılan bir diğer araç da balonlardır. ABD merkezli Space Perspective, World View Enterprises ve Near Space Corporation Fransa merkezli Zephalto ve İspanya merkezli HALO Space, EOS-X Space ve Zero 2 Infinity ise uzaya erişim için balonları kullanması planlanmaktadır. Uzay turizminde kullanılması hedeflenen balonların diğer bir kullanım alanı da yörünge

taşımacılığıdır. Belirli bir irtifaya kadar balon ile çıkartılan fırlatma sistemlerinin kendi motorlarıyla yörünge taşımacılığı faaliyetini gerçekleştirmesidir.



Şekil 31. Zero2Infinity- Bloostar
Kaynak: (Toraman, 2025b).

Zero 2 Infinity uzay turizminde Bloon yörünge taşımacılığında ise Bloostar araçlarına sahiptir. Bloostar şekil 31’de gösterilmiştir. Bloostar, maksimum 140kg’lık küçük uyduların yörüngeye taşınmasını sağlayan bir araçtır. Stratosfere kadar yaklaşık 35-40 km’lik kısmın balonlarla geçilmesinin ardından balondan ayrılan Bloostar’ın motorları çalıştırılarak LEO’ya doğru hareketini sağlayacak olup uyduları yörüngeye bırakarak görevi tamamlayacaktır.

Balonlarla yükseldiği için yakıt kullanımını daha azdır. Bu durum ise yörünge taşımacılığında maliyet etkin alternatif çözümlerin üretilmesi açısından önemlidir. Hem çevreci hem de düşük maliyetleriyle gelecekte yörünge taşımacılığında tercih edilmesi muhtemeldir. Fakat 1-2 saatte stratosfere ulaşması ve düşük kapasitesiyle her türlü ihtiyaca hızlı cevap verecek durumda değildir. Acil görevlerin tamamlanmasında tercih edilmeyebilir. Fakat çevre hassasiyeti olan ve zaman kısıtı olmayan küp uydu üreticilerinin uygun maliyetlerle yörünge taşımacılığını sağladığı için tercih edebilecektir (Toraman ve Alnıpak 2025).

6.1.4.5. Deniz Platformlarından Yapılan Fırlatmalar

Karadan gerçekleştirilen fırlatmaların yanı sıra deniz platformlarından ve gemilerden de fırlatmalar gerçekleştirilmektedir. Yörünge taşımacılığında deniz platformları etkinlik, verimlilik, güvenlik ve esneklik gibi çeşitli faydalar sağlamaktadır. Uzaya erişimde fırlatma platformları maliyet, etkinlik ve verimlilik sağlamak için Ekvatora yakın noktalardan fırlatmayı tercih edebilmektedir. Fakat her ülke Ekvator bölgesinde fırlatma alanına sahip değildir. Bu nedenle fırlatma operatörleri hareket kabiliyetini artıracak deniz platformlarını kullanmaktadır. Ayrıca denizlerde gerçekleştirilen kalkışlar güvenlik açısından da önemli kazanımlar elde edilmesini sağlamaktadır. Aktif olarak otonom deniz platformları denize dikey iniş gerçekleştirilebilmesi için

kullanılmaktadır. SpaceX aktif kullanırken Blue Origin, Rocket Lab vb. şirketler gelecekte bu tür platformları kullanmayı hedeflemektedir.

Sea Launch, deniz platformlarından gerçekleştirilen yörünge taşımacılığında kullanılmıştır. Şu an aktif olmayan platform Rus havacılık şirketi S7 tarafından satın alındıktan sonra faaliyetlerine tekrar başlaması beklenmektedir. (Spacenews, 2025a).



Şekil 32. Gravity-1 Roketinin Gemiden Kalkışı

Kaynak: Space.com, (2025).

Çin’li Orienspace katı yakıtlı Gravity-1 roketi denizdeki gemi üzerinden kalkış gerçekleştirmiştir. Gemi kalkışlı Gravity-1 roketi yörüngeye 6.5 ton’luk faydalı yük taşıma kapasitesine sahiptir. Orienspace’in Gravity-1 Roketi Şekil 32’de gösterilmiştir. Çin’li Orienspace’in 2024’te gerçekleştirdiği ilk fırlatmada ticari uydunun yörüngeye olan taşıma operasyonu başarıyla tamamlanmıştır (Spacenews, 2025b).



Şekil 33. Roketin Deniz Platformundan Kalışı
Kaynak: Spacenews, (2025b).

Çin'in Long March 11 roketi de başarıyla deniz platformlarından fırlatılmıştır. Uzunluğu 20.8 m çapı 2 m ve 58 ton ağırlığındaki 4 kademeli Long March 11 roketi deniz platformundan kalkış yaparak LEO'ya başarılı bir yörünge taşımacılığı faaliyeti gerçekleştirmiştir.

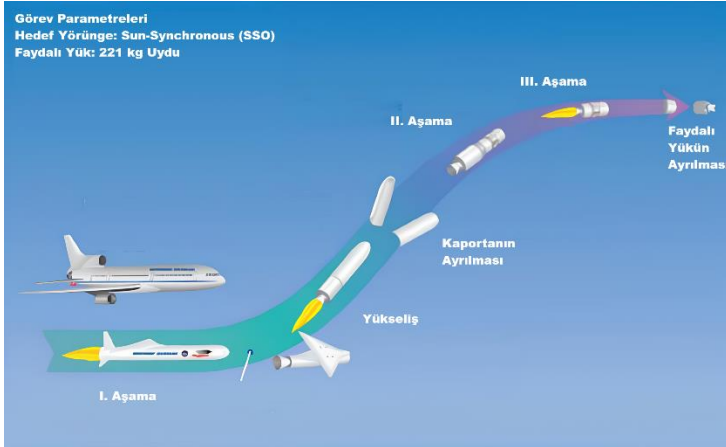
6.1.4.6. Havadan Uçakların Kullanımıyla Roketlerin Fırlatılması

Uçağın gövdesine monte edilen roket 12-15 km irtifada serbest bırakıldıktan sonra ateşleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Ardından roketin kendi motorlarıyla fırlatılarak faydalı yükler yörüngeye taşınmaktadır. Bu alanda Northrop Grumman'ın geliştirdiği üç aşamalı Pegasus roketi Stargazer L-1011 uçağıyla yaklaşık (40.000 feet) 12 km ye çıkartıldıktan sonra serbest bırakılır. Ardından üç aşamalı Pegasus roketinin ilk aşaması ateşlenir ve yükseliş başlatılır (Northrop Grumman, 2025).



Şekil 34. Uçakların Kullanımıyla Pegasus Roketinin Fırlatılması
Kaynak: Northrop Grumman, (2025a).

Pegasus roketinin 450kg (1000 pound) taşıma kapasitesi bulunmaktadır. Pegasus roketi daha çok küçük uyduların LEO'ya yerleştirilmesi (taşınması) sürecinde kullanışlıdır. Pegasus roketiyle 45 görevde toplamda 100 uydu yörünge taşınmıştır (Northrop Grumman, 2025a).



Şekil 35. Pegasus Roketinin Yörünge Taşımacılığı
Kaynak: Pegasus Payload User Guide, (2020).

Şekil 34’te gelen görünümü ve Şekil 35’te roketin yörünge taşımacılığındaki geçtiği aşamalar gösterilmiştir. Pegasus roketi uyduların yörüngeye taşınmasında tercih edilmiştir. Yörünge taşımacılığı faaliyetleri ortalama 10-13 dk arasında tamamlamaktadır (Northrop Grumman, 2025a).

Ayrıca Boeing 747-400 yolcu uçağının modifiye edilmiş şekli Cosmic Girl uçağında havadan roket fırlatmalarında kullanılmaktadır. Virgin Orbit’in geliştirdiği LauncherOne roketiyle 300 kg’lık küçük uyduların yakın yörünge (LEO) taşımacılığında kısa bir süre kullanılan alterantfilerden bir olmuştur. Başarısız fırlatma operasyonları nedeniyle firma faaliyetlerini uzun süre devam ettirmemiştir (İlarslan, 2025; Virgin, 2025).

Tablo 3. Yörünge Taşımacılığı Yapan Şirketler ve Roketleri

Şirket	Roket	Yük Kapasitesi (LEO)	Roketin Aşamaları	Kullanım Durumu	Kullanım Alanı
SpaceX	Falcon 9	22.800 kg	2	Aktif	Ticari/Turizm
	Falcon Heavy	63.800 kg	2+ 2 güçlendirici	Aktif	Ticari
	Starship	150.000 kg	2	Deneme	Ticari/Turizm
	New Shepard		1	Aktif	Turizm
Blue Origin	New Glenn	45.000 kg	2	Deneme	Ticari
Rocket Lab	Electron	300 kg	2	Aktif	Ticari
	Neutron	13.000 kg	2	Gelişim	Ticari
United Launch Alliance (ULA)	Atlas V	19.850 kg	2	Aktif	Ticari
	Delta IV Heavy	28.790 kg	2	Kullanımı Durduruldu	Ticari
	Vulcan Centaur	27.200 kg	2	Deneme	Ticari
Arianespace	Ariane 5	21.600 kg	2	Aktif	Ticari
	Ariane 6	21.500 kg	2	Gelişim	Ticari
	Vega	1.500 kg	3	Aktif	Ticari
	Vega-C	2.200 kg	3	Gelişim	Ticari
Roscosmos	Soyuz 2	8.200 kg	2	Aktif	Ticari/Turizm
Firefly Aerospace	Alpha	1.030 kg			
ISRO	PSLV	3.800 kg	4	Aktif	Ticari
South Korea (KARI)	Nuri (KSLV-II)	3.300kg	3	Aktif	Ticari
Northrop Grumman	Antares 330	8.000 kg	2	Deneme	Ticari
Space One	KARIOS	300 kg	2	Deneme	Ticari
Honda	-	-		Deneme	Ticari

Isar Aerospace	Specturm	1000 kg	2	Deneme	Ticari
Gilmour Space Technologies	Eris-1	300 kg	3	Deneme	Ticari
Zero2Infinity	Bloostar	100 kg	3	Gelişim	Ticari
Roketsan	Sonda 1	100kg	2	Deneme	-
Roketsan	Şimşek-1/2	300kg- 1500kg	3/3	Gelişim	-
DeltaV	SORS	50 kg	1	Deneme	Araştırma

Kaynak: (SpaceX, 2025a; SpaceX, 2025b; Blue Origin, 2024; Rocket Lab, 2025; ULA, 2025; Arianespace, 2025; ESA, 2025b; ISRO, 2025; KARI, 2025; Northrop Grumman, 2025b; (Zero2infinity, 2025; Firefly Aerospace, 2025; Roketsan, 2025; DeltaV, 2025a; Honda, 2025; Isaraerospace, 2025b; ASA, 2025).

Son süreçte uzayın ticarileştirilmesiyle artan uzay faaliyetleri birçok alanı etkilemiştir. Fakat uzaya erişimin sınırlı sayıda fırlatma operatörüyle gerçekleştirilmesi özellikle fırlatma ve yörünge taşımacılığı alanında yeni firmaların uzay ekosistemine dahil olmasına neden olmuştur. Bu kapsamda Tablo 3'te aktif ve deneme aşamasında olan sıklıkla kullanılan ticari roketler gösterilmiştir.

Yörünge taşımacılığı, genel itibariyle farklı görev yüklerine sahip uyduların istenilen yörüngeye hızlı ve güvenli bir şekilde erişiminin sağlanmasıdır. Bu kapsamda kara, deniz ve hava gibi çeşitli platformlardan kalkış yapabilen farklı tipte, kapasitede ve özellikte roketlere ihtiyaç duyulmaktadır. Yörünge taşımacılığının ana unsuru roketlerdir. Fakat roketler yörünge taşımacılığında çeşitli risklerle karşılaşabilmektedir. Bu nedenle yörüngeye gerçekleştirilen taşıma faaliyetlerinde risklerin tespit edilmesi ve önlem alınması uzay lojistiğinde başarı elde edilebilmesi için oldukça önemlidir.

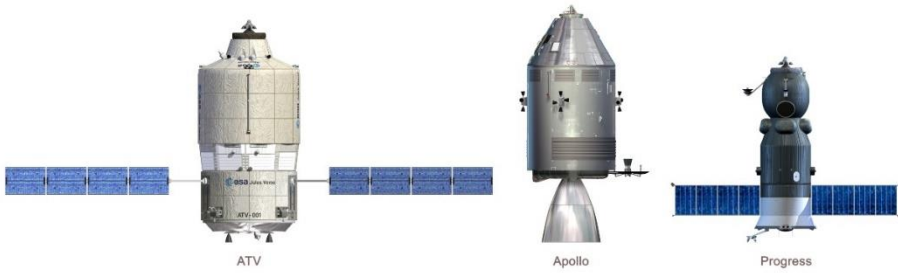
Türkiye'de ise yörünge taşımacılığında kullanılması muhtemel roketler deneme aşamasındadır. Uluslararası Savunma Sanayii Fuarında (International Defence Industry Fair; IDEF) Roketsan tarafından duyurulan Şimşek-1, Şimşek-2 ve roketi, DeltaV'nin SORS roketi ve Fergani Uzay'ın 50 tonluk bir fırlatma sistemi üzerinde çalıştığı bilinmektedir (Trthaber, 2025).

Delta V'nin sonda roketi araştırma kapsamında geliştirilmektedir. İlk etapta yörünge taşımacılığında kullanılmayacaktır. Fakat Roketsan ve Fergani'nin roketleri yörünge taşımacılığında aktif olarak kullanılması muhtemeldir. Ayrıca Somali'de kurulacak Türk Uzay Üssü bu durumu desteklemektedir. Bu bağlamda düşünüldüğünde Türkiye gelecekte yörünge taşımacılığında fırlatma operatörü olarak önemli alternatiflerden birisi olması kaçınılmazdır.

6.1.5. Yörüngeler Arası Taşımacılık

Diğer uzay araçlarına temas edebilecek (kenetlenecek), yörüngeler arası geçiş yapabilecek yeteneklere sahip yüksek kapasiteli uzay araçlarından oluşmaktadır (Kulu, 2021; Kulu ,2023). Bu araçlar uzay kamyonetleri olarak yüzey yaşam alanlarına, uzay istasyonlarına veya uzay araçlarına teslimat gerçekleştirebilecektir.

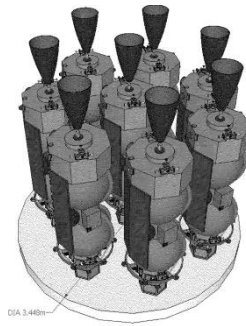
Yörünge Transfer Aracı (YTA) uzay araçlarını farklı yörüngeler arasında veya Ay, Mars ve derin uzaya taşıyabilecektir. Ayrıca Uzay Römorkörleri veya YTA'lar, bir yaşam alanı olarak Astronotlara hizmet verebilecektir.



Şekil 36. Uzay Taşıyıcıları (Çekici- Römorkör)

Kaynak: (ESA, 2025).

Apollo'nun Dünya'ya yeniden giriş yapabilme yeteneği varken Avrupa'nın ATV'si ve Rus yapımı Progress römorkörleri yeniden girişte tamamen yanmaktadır (ESA, 2025).

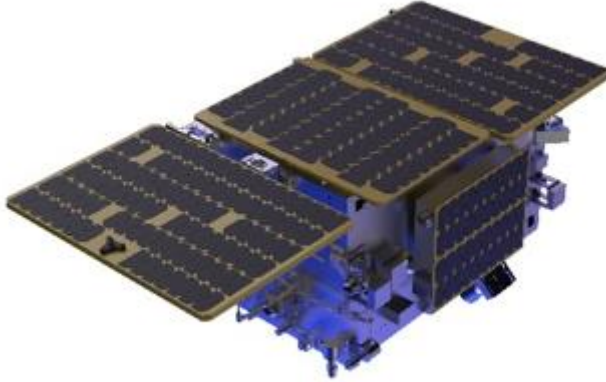


Şekil 37. Uzay Enkazı (Çöpü) Temizleme Aracı

Kaynak: (NASA, 2025f)

Ayrıca yörüngedeki uydu, roket, uzay aracı vb. enkazları temizlemek için geliştirilen uzay araçları bu kapsamda değerlendirilmektedir. Aktif Enkaz Temizleme Aracı (Spacecraft to Remove Orbital Debris, ADRV) özellikle LEO'daki enkazları gözetleyecek ardından yörüngesini belirleyip hızını eşitleyip

yakalama manevrasını gerçekleştirdikten sonra enkazı yakalayarak yörüngeden çıkmasını sağlayacaktır. Yörünge enkazının temizlenmesi uydu operasyonlarının, uzay uçuşlarının ve seyahatlerinin başarı yüzdesini artıracaktır (NASA, 2025f).



Şekil 38. Yörünge Transfer Aracı FGN-TUG-S01 ve Navigasyon Uydusu
Kaynak: (Fergani Uzay, 2026).

Türkiye’de Fergani uzay şirketi kendi itki sistemi olmayan uydu, uzay aracı veya faydalı yüklerin yörüngeler arası taşımacılığına imkan sunan transfer aracını geliştirmiş olup, 2025 yılında kendi ürettikleri navigasyon uydusunun yörüngeler arası taşımacılık operasyonunu gerçekleştirmiştir (Fergani Uzay, 2026).

6.1.6. Yörünge Dışı veya Derin Uzay Taşımacılığı (Ay, Mars, Asteroit ve Diğer Uzay Cisimleri)

Yörünge Dışı veya Derin uzay taşımacılığı, Dünya yörüngesinin dışına gerçekleştirilecek erişim, seyahat ve ulaşım sürecini ifade etmektedir. Derin uzay taşımacılığında ilk etapta bilimsel faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi için önce teknolojik faydalı yükler ardından mürettebatlı görevler gerçekleştirilebilir. Dünya yörüngesinin ötesinde taşıma operasyonunu gerçekleştirilebilmesi için uzay araçları ve uzay mekikleri kullanılmaktadır.



Şekil 39. İnsanlı Uzay Uçuşu ve İniş Araçları

Kaynak: (SpaceX, 2025a; Blue Origin, 2024).

Şekil 39’da İnsanlı uzay uçuşlarını ve yüzeye inişini gerçekleştirebilecek Starship ve Blue Moon uzay araçları gösterilmiştir (SpaceX, 2025b; Blue Origin, 2024).

Ay, Mars vb. gezegenlere insanlı inişi ve yeniden kalkışı gerçekleştirebilen araçlardır (Kulu ,2023). Bu alanda özellikle SpaceX firması çalışmalarını sürdürmektedir. Gelecekte Mars kolonizasyonu için çalışmalarına devam etmektedir (SpaceX, 2025a). Diğer derin uzay araştırma araçları ise uzay ekonomisi bölümünde detaylı olarak incelenmiştir.

6.1.7. Tersine Taşımacılık (Atmosfere Yeniden Giriş/ Re-Entry)

Tersine taşımacılık faaliyetleri uzay ekonomisi kısmında belirtilen araçlar ile gerçekleştirilmektedir. Uzaya erişim ve geri dönüş süreci aynı uzay aracının farklı kısımlarıyla gerçekleşmek zorundadır. Örneğin ISS’e mürettebat ve kargo taşımacılığında kullanılan araçlar Soyuz, Dragon, CST-100 Starliner veya Ay görevleri için kullanılan araçlar Blue Moon, Orion Uzay araçları kullanılabilmektedir.



Şekil 40. Orion Uzay Aracı

Kaynak: (NASA, 2026).

Geliştirilen tekrarlı roket teknolojisi uzaya erişimi sorununu çözerken farklı firmalar yörüngeden dönüş (Re-Entry) çözümleri üzerine çalışmanın gerekliliğine vurgu yaparak dönüş kapsülleri geliştirmektedir. Özel uzay şirketi ATMOS, de bu alanda faaliyet göstermektedir. ATMOS'un geliştirdiği PHOENIX 2 kapsülüyle yerçekimi araştırmaları, yörünge içi üretim veya bilimsel araştırmaların gerçekleştirilmesi ve kargoların (verilerin) yeryüzüne sağlıklı bir inişi hedeflenmektedir. PHOENIX 2 kapsülü yörüngeden çıkarak Dünya'nın atmosferine girdiğinde hem kargoyu koruyan hem de ısı kalkanı görevi gören hızlı paraşütleri geliştirmekte ve kullanmaktadır. Bu teknolojiye ayrıca itki sisteminde yakıt kullanılmayarak hem etkin maliyet hem de çevreci bir çözüm sunulmaktadır (Atmos, 2026).

6.1.8. Uzay Yolu Taşımacılığı

Teknolojinin gelişimiyle, taşımacılık alanında devrim yaşanabilir. Yakında taşımacılıkta bir yeni tür (Mod) gündeme gelebilir hatta kullanılabilir. Lojistik sektöründe sıklıkla kullanılan, denizyolu, karayolu, havayolu, demiryolu, boru hatları, iç su yolları vb. türlerin kullanılmasının ek olarak “ Uzay Yolu Taşımacılığı” eklenebilir. Uzay araçlarıyla, uzay yolu (yörüngeler) kullanılarak Dünya'nın her yerine bir saat gibi bir sürede yük taşımacılığının gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. ARC, yörüngeler aracılığıyla teslimat yapılması planlanan bir uzay aracıdır.

Deneme aşamasında olan ARC, uzayı ve yörüngeleri lojistiğin yeni bir alanı olarak ortaya çıkaracak olup küresel çapta teslimatların gerçekleştirilmesini sağlayabilecektir. Şekil 41'de gösterilen ARC aracı yörüngeden çıkarak yüzeye inerken paraşüt kullanmaktadır.



Şekil 41. ARC Uzay Aracı
Kaynak: (InversionSpace, 2026).

Fırlatma pencereleri istenilen zamanda uygun olmayabileceğinden ARC araçları yörüngeye fırlatılacak olup, talebe göre yeryüzünde istenilen zamanda teslimatı gerçekleştirecektir. Faaliyet hacmine göre yüzlerce ARC uzay aracı yörüngede hazır bir şekilde bekleyecektir. Yörüngedeki uzay cisimcilerinin fazlalığı operasyonların sürdürülmesinde risk unsuru oluşturabilir. Fakat kendi itki sistemleriyle LEO'nun üzerinde bir noktaya konumlandırılrsa çarpışma riski azalacaktır. Gelecek bölümlerde işlenen olan yörünge taşımacılığında risklerin dikkate alınması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- AA, (2025b). <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turksat-6anin-abdde-son-testleri-yapiliyor/3254880>, Erişim Tarihi: 20.02.2025
- AA, (2025c). <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/turksat-6a-uydusu-bu-gece-uzaya-firlatiliyor/3268986>, Erişim Tarihi: 20.02.2025
- AA, (2025d). <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/uluslararası-uzay-istasyonunda-mahsur-kalan-astronotlar-dunyaya-dondu/3513740>, Erişim Tarihi: 24.03.2025
- Arianespace, (2025). <https://www.arianespace.com/>, Erişim Tarihi: 26.03.2025
- ASA, (2025). <https://www.space.gov.au/news-and-media/first-launch-attempt-of-aussie-made-rocket>, Erişim Tarihi: 20.08.2025
- Atmos, (2026). <https://atmos-space-cargo.com/>, Erişim Tarihi: 11.01.2026
- Blue Origin, (2024). <https://www.blueorigin.com/>, Erişim Tarihi: 12.10.2024
- Brycotech, (2024). https://brycotech.com/reports/report-documents/Bryce_SmallSats_2024.pdf, Erişim Tarihi: 18.12.2025
- DeltaV, (2025b). <https://www.linkedin.com/company/deltav-space-technologies/>, Erişim Tarihi: 03.10.2025
- ESA, (2025a). https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Ariane/Shipping_rockets_Ariane_on_board/, Erişim Tarihi: 12.02.2025
- ESA, (2025b). https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Launch_vehicles/The_Russian_Soyuz_spacecraft/, Erişim Tarihi: 12.02.2025
- ESA, (2025c). https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/ESA_Space_Environment_Report_2025/, Erişim Tarihi: 07.04.2025
- Exo Launch, (2025). <https://www.exolaunch.com/>, Erişim Tarihi: 07.01.2025
- Fergani Uzak, (2026). <https://ferganispace.com/tr/haberler/ferganiden-tarihi-adim/>, Erişim Tarihi: 11.01.2026
- Firefly Aerospace, (2025). <https://fireflyspace.com/alpha/>, Erişim Tarihi: 26.03.2025
- Honda, (2025). https://global.honda/en/topics/2025/c_2025-06-17ceng.html, Erişim Tarihi: 20.07.2025
- Inversionspace, (2026). <https://www.inversionspace.com/news> Erişim Tarihi: 11.01.2026
- Isaraerospace, (2025a). <https://www.isaraerospace.com/>, Erişim Tarihi: 17.03.2025
- ISRO, (2025). https://www.isro.gov.in/PSLV_CON.html/, Erişim Tarihi: 26.03.2025
- İlarslan, M. (2025). Uzak Lojistiği ve Taşımacılığı. *Uzak Teknolojileri, Uygulamaları ve Lojistiği*, (I). içinde, 135-152, Nobel Bilimsel Eserler, Anakra
- İTÜLABS, (2025). <https://itulabs.itu.edu.tr/Laboratuvar/Detay/7af300fa-8dd2-4867-a984-48a5325b8a79/>, Erişim Tarihi: 19.03.2025
- KARI, (2025). https://www.kari.re.kr/eng/sub03_04_01.do/, Erişim Tarihi: 26.03.2025

- Kulu, E. (2021, October). In-Space Economy in 2021–Statistical overview and classification of commercial entities. In 72nd International Astronautical Congress (IAC 2021), Dubai, United Arab Emirates (pp. 25-29).
- Kulu, E. (2023, October). In-Space Economy in 2023-Statistical Overview and Trends. In 74th International Astronautical Congress (IAC 2023).
- NASA, (2026). <https://www.nasa.gov/humans-in-space/orion-spacecraft/>, Erişim Tarihi: 11.01.2026
- Northrop Grumman, (2025a). <https://www.northropgrumman.com/space/pegasus-rocket/>, Erişim Tarihi: 12.10.2024
- Northrop Grumman, (2025b). <https://www.northropgrumman.com/space/antares-rocket/>, Erişim Tarihi: 12.10.2024
- Pegasus Payload User Guide, (2020). <https://cdn.northropgrumman.com/-/media/wp-content/uploads/Pegasus-User-Guide-1.pdf?v=1.0.0/>, Erişim Tarihi: 26.03.2025
- Rocket Lab, (2025). <https://www.rocketlabusa.com/about/gallery/>, Erişim Tarihi: 15.02.2025
- Roketsan, (2025). <https://www.roketsan.com.tr/tr/urunler/mikro-uydu-firlatma-sistemi/>, Erişim Tarihi: 26.03.2025
- Space.com, (2025). <https://www.space.com/china-orienspace-gravity-1-rocket-launch-success-video/>, Erişim Tarihi: 25.01.2025
- Spacenews, (2025a). <https://spacenews.com/s7-closes-sea-launch-purchase-future-rocket-tbd/>, Erişim Tarihi: 25.01.2025
- Spacenews, (2025b). <https://spacenews.com/china-gains-new-flexible-launch-capabilities-with-first-sea-launch/>, Erişim Tarihi: 25.01.2025
- SpaceX, (2025a). <https://www.spacex.com/launches/mission/?missionId=transporter12> Erişim Tarihi: 20.02.2025
- SpaceX, (2025b). <https://www.spacex.com/mission/>, Erişim Tarihi: 25.02.2025
- SpaceX, (2025c). <file:///C:/Users/user/OneDrive/Masa%C3%BCst%C3%BC/falcon-users-guide-2025-03-14.pdf>, Erişim Tarihi: 20.03.2025
- SpaceX, (2025d). <https://www.spacex.com/vehicles/starship/>, Erişim Tarihi: 23.03.2025
- Toraman, Y. (2025b). Uzak Lojistiği ve Taşımacılığı: Kullanılan Roketler ve Araçlar. Uzak Teknolojileri, Uygulamaları ve Lojistiği, (I). içinde, 153-188, Nobel Bilimsel Eserler, Ankara
- Toraman, Y. (2025b). Uzak Lojistiği ve Taşımacılığı: Kullanılan Roketler ve Araçlar. Uzak Teknolojileri, Uygulamaları ve Lojistiği, (I). içinde, 153-188, Nobel Bilimsel Eserler, Ankara
- Toraman, Y., & Alnıpak, S. (2025). Uzak Turizmi ve Taşımacılığında Kullanılan Araçlar. *Uzak Teknolojileri, Uygulamaları ve Lojistiği*, (I). içinde, 189-202, Nobel Bilimsel Eserler, Ankara

TUSAŞ, (2025a). <https://www.tusas.com/urunler/uzay/test-merkezi/uzay-sistemleri-entegrasyon-ve-test-merkezi/>, Erişim Tarihi: 19.03.2025

TUSAŞ, (2025b). <https://www.tusas.com/>, Erişim Tarihi: 03.10.2025

TÜBİTAK Uzay, (2025a). <https://uzay.tubitak.gov.tr/entegrasyon-ve-test-altyapimiz/>, Erişim Tarihi: 019.03.2025

TÜRKSAT, (2025a). <https://www.turksat.com.tr/tr/haberler/turksat-5a-uc-yasinda#:~:text=2017'de%20imzalan%20s%C3%B6zle%C5%9Fme%20sonras%C4%B1,5'inci%20nesil%20uydusu%20oldu/>, Erişim Tarihi: 05.01.2025

TÜRKSAT, (2025b). <https://www.turksat.com.tr/tr/haberler/>, Erişim Tarihi: 05.01.2025

USET,(2025).<https://www.tusas.com/content/files/uploads/456/Uzay%20SistemleriEntegrasyon%20ve%20USET%20Merkezi%20%C3%96zellikleri%20Bro%C5%9F%C3%BCr%C3%BC.pdf>, Erişim Tarihi: 19.03.2025

Virgin, (2025). <https://www.virgin.com/about-virgin/latest/virgin-orbits-reveals-launch-window-for-next-mission-to-space>, Erişim Tarihi: 30.07.2025

Zero2infinity, (2025). <https://www.zero2infinity.space/>, Erişim Tarihi: 26.03.2025

YEDİNCİ BÖLÜM

UZAY LOJİSTİĞİ VE TAŞIMACILIĞINDA KULLANILAN ARAÇLAR

7.1. Giriş

Teknoloji ilk çağlardan günümüze kadar gelişimini sürdürmüştür. Gelişen teknoloji insanoğluna birçok alanda ve sektörde fayda sağlamıştır. Teknolojinin gelişiminde II. Dünya savaşının da önemli bir yeri vardır. Roket ve günümüz uzay araçlarının temeli II. Dünya savaşında geliştirilen füze teknolojisine dayanmaktadır. Roketler, uzaya erişim ve araştırmalarının temel unsurlarından birisidir. Roketler uzaya erişim, bilimsel araştırmalar, derin uzay araştırmaları ve uzay ekonomisi açısından önemli gereklilik olarak görülebilir. Roketler uzay taşımacılığının omurgasını oluşturmaktadır. Uzay taşımacılığı, uzay görevleri için uzaya erişim sağlamak, uydu, mürettebat veya kargoların taşıma faaliyetlerini ifade etmektedir.

Uzay görevlerinin devamlılığı için maliyet devletler ve ticari uzay şirketleri için önemli bir unsurdur. Geliştirilen yeniden kullanılabilir roket teknolojileri hem maliyetleri düşürmüş hem de uzay görevlerini ve araştırmalarının sürdürülebilirliğini desteklemiştir. SpaceX sahip olduğu yıkıcı teknolojiyle ticari uzay şirketleri arasından öne çıkmaktadır. Uzaya erişimde maliyet etkin çözümler üretmek ticari uzay araştırmalarına olumlu katkı sunmaktadır.

Uydu fırlatma, bilimsel uzay araştırmalar, Astronot ve kargo taşımacılığı, derin uzay görevlerinde roketler, uzay araçları, kapsüller ve balonlar önemli rol oynamaktadır. Gelecekte uzay ekosisteminin gelişeceği ve genişleyeceği öngörülmektedir. Ayrıca 2040'ta uzay ekonomisinin 1 trilyon ABD doları olması beklentiyi destekler niteliktedir (Morganstanley, 2024).

7.2. Uzay Lojistiği ve Taşımacılık

Uzay araştırmaları başlangıcından bugüne kadar uzay lojistiği faaliyetleriyle sürdürülmektedir. Uzay lojistiği, uzay faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi için astronot, roket, uzay aracı, ekipman, teçhizat ve uzayda yaşamsal faaliyetlerin sürdürülebilmesi için yiyecek, içecek, ilaç vb. malzemelerinin tedarik sürecinden başlayarak, görev bitimine mütakip astronotların başarılı geri dönüşünün sağlandığı süreç içerisinde elleçleme, depolama ve taşıma faaliyetlerinin tamamı olarak açıklanabilir. Uzay görevlerinin başarılı bir şekilde tamamlanabilmesi için lojistik faaliyetler son derece önemlidir. (Snead, 2004; Ishimatsu vd. 2016). Uzay görevlerinin ifasında özellikle taşıma faaliyetlerinin başarıyla tamamlanabilmesi için risk ve belirsizliklere karşı tedbir alınması gerekliliktir.

Gerçekleştirilen taşımacılık faaliyetlerinde birçok farklı tipte ve özellikte roket kullanılmaktadır. Uzay araçlarının veya roketlerinin tasarım, üretim, montaj ve fırlatma süreçleri uzay görevlerine göre farklılık göstermektedir. Örneğin, uydu fırlatma, insanlı veya insansız uzay araştırmalarında kullanılan araçlar farklı amaçlar için üretildiğinden sahip olduğu özellikler açısından da farklılık göstermektedir.

Roket teknolojisi gelişimini sürdürmektedir. Özellikle tekrar kullanılabilir roket teknolojisi sürdürülebilir uzay faaliyetlerinin önemli bir parçasıdır. Tekrar kullanılabilir roket teknolojisi taşıma maliyetlerini düşürdüğü için uzay teknolojilerinin gelişiminde ve kullanımının yaygınlaşmasında etkili olması muhtemeldir. Uzay teknolojileri, sadece uzay faaliyetlerinde değil aynı zamanda dünyada insanların günlük hayatını da kolaylaştırmaktadır. Roket teknolojisi sadece bilimsel araştırma görevlerinde, uydu veya kargo fırlatmalarında değil aynı zamanda uzay turizminde de rol oynamaktadır. Özellikle Blue Origin ve SpaceX'in geliştirdiği tekrar kullanılabilen roketler ile yörünge altı, yörünge, uzay ve derin uzay görevlerinde taşıma faaliyetlerini başarıyla gerçekleştirmesi beklenmektedir. Turizm amaçlı kullanılan uzay araçları kitabın ilgili bölümünde detaylıca anlatılmıştır.

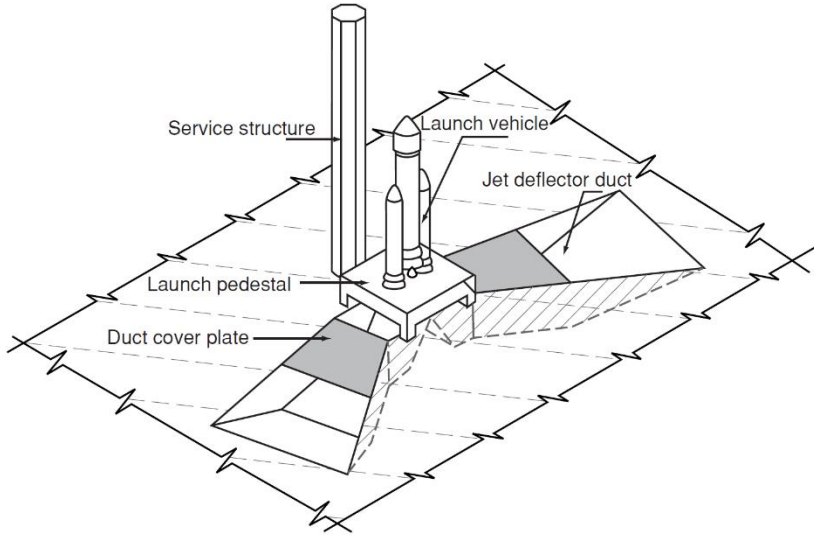
Uzay taşımacılığının amaçları;

- Astronot taşıma
 - ISS'e
 - Ay'a
 - Mars'a
- Uydu veya faydalı yük fırlatma (taşıma)
- Bilimsel araç ve kargo taşıma
 - Mars araştırmaları,
 - ISS'e kargo taşıma,
 - Derin uzaya araştırmaları,
- Uzay turizmi
 - Yörünge altı (Balon, Roket veya Uzay aracıyla gerçekleştirilen seyahatler)
 - Yörünge (ISS'e gerçekleştirilen seyahatler)
 - Uzay (Uzay yürüyüşü)
 - Derin Uzay (Mars turizmi)
- Derin uzay araştırmaları
 - Uzayın keşfedilmesi,
 - Diğer gezegenlere ulaşmak,
 - Asteroit madenciliği,

şeklinde sıralanabilir.

7.2.1. Taşıma Faaliyetlerinde Kullanılan Roketler ve Araçlar

Uzay veya yörünge taşıma faaliyetlerinde ticari uzay firmalarının geliştirdiği roket ve araç teknolojisi bulunmaktadır. Taşıma faaliyetlerinde kullanılan araçlar kullanım amaçlarına, kapasitelerine ve teknik özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Bu alanda özellikle tekrar kullanılabilen roketler öne çıkmaktadır. Tekrar kullanılabilen roket teknolojisinin öncüsü SpaceX başta olmak üzere Blue Origin, RocketLab, United Launch Alliance (ULA), Arianespace gibi roket üreticileri faaliyetlerini sürdürmektedir.



Şekil 1. Tipik Fırlatma Platformu (Rampası)

Kaynak: (Ignatius vd. 2008)

Roketlerin yeryüzünden kalkış (fırlatma) operasyonları için özel uzay alanları bulunmaktadır. Şekil 1’de gösterildiği gibi roketlerin kalkış öncesi gürültü, sıcaklık, zararlı toz ve gazların çıkışı için özel bölmeler bulunmaktadır. Ayrıca bu alanlara sulama yaparak etkilerin azaltılması hedeflenmektedir. Servis kulesi, rokete Astronotların veya kargoların taşınmasını ya da rokete yapılacak teknik müdahaleler için kullanılabilir. Yeni nesil fırlatma rampaları ise daha sade yapılardan oluşmaktadır (Ignatius vd. 2008).

7.2.2. SpaceX

SpaceX, 2002 yılında ABD’de Elon Musk tarafından kurulan uzay araştırmaları için teknoloji üreten ticari bir firmadır. Kennedy Uzay Merkezi (Kennedy Space Center, KSC) ve Vandenberg Uzay Kuvvetleri Üssünde

(Vandenberg Space Force Base, VSFB) olan fırlatma tesislerinde uzay faaliyetlerini sürdürmektedir. SpaceX'in sahip olduğu roket teknolojisiyle bünyesindeki uydu internet hizmeti sunan Starlink uydularını yörüngeye fırlatma operasyonlarını gerçekleştirmiştir. Ayrıca tekrar roketlerin kullanılabilme özelliğine sahip olmasıyla uzaya erişimde maliyet etkin çözümler üretmiştir. Şirket basit, güvenilir ve uygun maliyetlerle uzaya erişim sağlamayı hedeflemektedir. Özel bir şirket olan SpaceX, kendi uydu fırlatma operasyonlarını gerçekleştirmeyi hedeflerken kamu ve uluslararası ticari firmalara da uzay taşımacılığı hizmeti vermektedir. Özellikle NASA astronotlarını ve kargolarını ISS'e taşıma sözleşmesini imzalaması şirket için önemli bir dönüm noktası olmuştur.

SpaceX Falcon 1 ile roket geliştirmeye başlamıştır. Fakat istenilen performans alınamadığı için projeyi geliştirerek Falcon 9'a evrilmiştir (SpaceX, 2024). Sahip olduğu roket teknolojisiyle uzay ekosisteminde öncü konumda olan SpaceX gelecekte uzay araştırmaları ve seyahatlerinin vazgeçilmez unsuru olacaktır.

7.2.2.1. Falcon 9

Falcon 9 roketi katı yakıtlı ilk aşama ve sıvı yakıtlı ikinci aşama ve faydalı yük taşıma (fairing) kısımlarından oluşmaktadır. Falcon 9 roketi, yörüngeye Astronot, kargo, küçük ve mikro uydu taşıma operasyonlarında önemli bir taşıma aracıdır. Falcon 9 ile GTO'ya taşıma maliyeti yaklaşık 70 milyon ABD dolarıdır.

Falcon 9 roketinin özellikleri (SpaceX, 2024b);

- 70 m (229.6 ft) yükseklik,
- 3.7m (12 ft) çap,
- 549,054 kg kütle,
- 22,800 kg LEO'ya taşıma kapasitesi,
- 8,300 kg GTO'ya taşıma kapasitesi,
- 4,020 kg Mars'a taşıma kapasitesi,

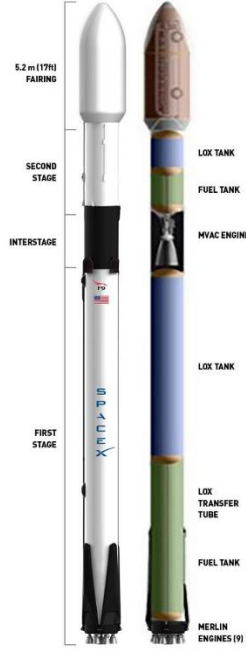
Olarak sıralanabilir. Ek olarak faydalı yük taşıyan bölümünün 13.1 m yüksekliği ve 5.2 m çapı vardır.

Falcon 9 roketi (SpaceX, 2024b),

- Yakın Dünya Yörüngesi (Low Earth Orbit, LEO),
- Jeosenkron Transfer Yörüngesi (Geosynchronous Transfer Orbit, GTO),
- Highly Elliptical Orbit (Yüksek Eliptik Yörüngeler, HEO),

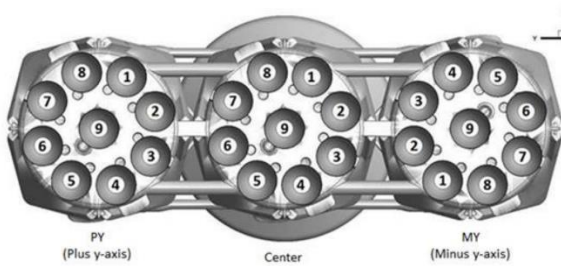
Yörüngelerine taşıma gerçekleştirebilmektedir. Falcon 9 roketiyle 2020'nin sonunda 100'ün üzerinde 2026 başı itibariyle ise farklı yörüngelere ve ISS'e

toplamda 589 kez toplam fırlatma, 543 kez yere iniş ve 509 kez tekrar fırlatma gerçekleştirilmiştir (SpaceX, 2026). Falcon 9, NASA'nın insan derecelendirmeli güvenlik marjlarını karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca en güvenli mürettebat taşıyan ve tekrarlı kullanıma sahiptir roketler.



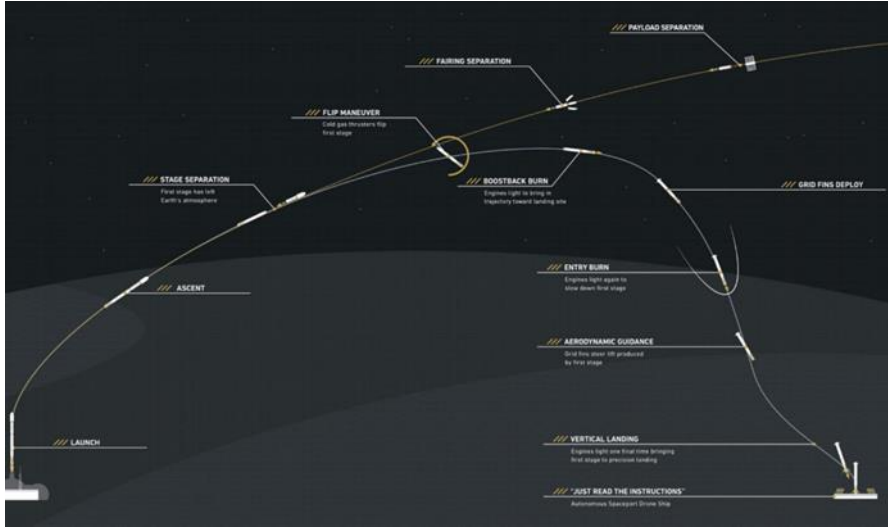
Şekil 2. Falcon 9 Roketi
Kaynak: (SpaceX, 2024a).

Falcon 9, faydalı yük taşıyan kısmı veya Dragon uzay aracıyla taşıma operasyonlarında kullanılmaktadır.



Şekil 3. Falcon 9 Roketinin Motorları
Kaynak: (SpaceX, 2024a).

Falcon 9'un ve Falcon Heavy motorları Şekil 3'te görüldüğü gibidir. Merkez konumda olan blok Falcon 9 roketini temsil etmektedir. Şekil 5'te Falcon 9 ve Falcon Heavy roketleri görülmektedir. Yüksek tonajlı taşıma operasyonları için Falcon Heavy iki güçlendirici ile desteklenmiştir. Falcon 9'da 9 merlin motoru bulunurken Falcon Heavy 27 merlin motoru bulunmaktadır.



Şekil 4. Falcon 9'un Fırlatma (kalkış) ve İniş Süreci

Kaynak: (SpaceX, 2024a).

Falcon 9'un ilk aşaması tekrar kullanılabilme özelliğine sahiptir. Bu durum ise fırlatma sonrası güçlendiricinin başarıyla tekrar iniş yapabilmesiyle mümkündür. Şekil 4'te Falcon 9'un fırlatma ve yere iniş süreci detaylı olarak gösterilmiştir. Falcon 9'un ilk aşaması fırlatmadan belirli bir süre sonra ikinci aşamadan ayrılarak fırlatma planlamasına göre karaya veya otonom deniz platformuna inişini gerçekleştirmektedir.

7.2.2.2. Falcon Heavy

Falcon Heavy, Falcon 9'un ana gövdesine iki adet güçlendirici (Booster) eklenerek ortaya çıkmıştır. Falcon Heavy daha ağır yükleri uzaya taşımak için geliştirilmiştir. Üç güçlendiricinin yere iniş manevraları Şekil 6'te gösterilmiştir.

SpaceX Falcon Heavy ile ilk fırlatma Şubat 2018’de gerçekleştirilmiştir. Aktif olarak kullanılan Falcon Heavy 2024 sonu itibariyle farklı yörüngelere 11 kez toplam fırlatma, 19 kez yere iniş ve 16 kez tekrar fırlatma gerçekleştirmiştir (SpaceX, 2024a; SpaceX, 2024b). Falcon Heavy’nin istatistikleri 2026’nın başı itibariyle değişmemiştir (SpaceX, 2026).

7.2.2.3. Starship

Starship roketinin Falcon 9 ve Heavy roketinden ayrılan en önemli özelliği tamamen tekrar kullanılabilir olmasıdır. İki aşamadan oluşan Starship roketinin hem güçlendiricisi hem de kargo veya Astronot taşıyan kısmı ayrı ayrı yere iniş sağlayabilmektedir. Bu teknoloji sürdürülebilir uzay faaliyetleri açısından oldukça önemlidir. Starship’in fırlatma ve iniş manevraları Şekil 8’de gösterilmektedir. Ayrıca Starship’in diğer roketlerden ayrılan bir önemli özelliği de 100-150 ton arasında faydalı yük taşıma kapasitesine sahip olmasıdır. Starship hem Astronot hem de kargoları Dünya Yörüngesine, Ay’a, Mars’a ve derin uzaya taşımak için tasarlanmıştır. Faydalı yük taşıma kapasitesi gelecekte Starsip’i uzay görevlerinde daha önemli hale getirecektir. Özellikle Mars görevlerinde kullanılması hedeflenmektedir (SpaceX, 2024b).

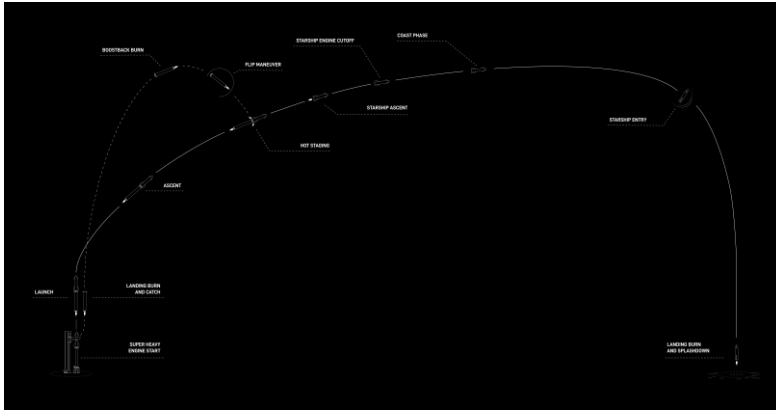


Şekil 7. Starship Roketi
Kaynak: (SpaceX, 2024b).

Starship roketinin özellikleri (SpaceX, 2024b);

- 123 m (403 ft) yükseklik,
- 9 m (29.5 ft) çap,
- 100-150 ton taşıma kapasitesi,

Özelliklerine sahiptir. Starsip Yakın Yörüngede Yedekleme (Refilling) ile yaptıktan sonra yani yakıt aldıktan sonra Mars'a 100 ton faydalı yük taşıma imkanı sunmaktadır (SpaceX, 2024b).



Şekil 8. Falcon Heavy'nin Fırlatma (kalkış) ve İniş Süreci
Kaynak: (SpaceX, 2024b).

Starship'in yeniden kullanılabilen roket teknolojisiyle iniş yapabilmesi ve görev sonunda tekrar kalkış yaparak Dünya'ya geri dönebilecektir. Starship uzay aracı 6 ay sürecek bir yolculukla Mars'a ulaşmak mümkün olacaktır. Fakat insanların radyasyona ve yerçekimsiz ortamda 6-7 ay seyahat etmeye alışması ve faaliyetlerini sürdürmesi gerekmektedir. Bu süreç insanlı Mars görevleri için oldukça zor bir aşamayı ifade etmektedir (SpaceX, 2024b). SpaceX, Starship'in Ocak 2025'te yedinci fırlatma ve yakalama testini gerçekleştirecektir. Test aşamasında olan Starship özellikleri bakımından uzay teknolojileri arasında farklı bir yere sahip olsa dahi kullanışlılığını yapacağı görevlerle gösterecektir (SpaceX, 2024b). Taşıma kapasitesinin yüksek olması nedeniyle taşımacılık maliyetlerini de düşürecektir.

7.2.2.4. Dragon

Dragon, Falcon 9 roketi entegrasyonu ile yörüngeye kargo ve Astronot taşımak için kullanılmaktadır. (SpaceX, 2024b). Dragon 7 yolcu ve kargo taşıma kapasitesine sahiptir. Dragon 2012’de NASA görevi kapsamında ISS’ e gerçekleştirdiği kargo teslimatı sonrası 2020’de yine NASA göreviyle iki Astronotu ISS’e ulaşmasını sağlamıştır. Dragon, 2026 başı itibariyle ISS’e 54 kez toplam fırlatma, 49 kez yere iniş ve 33 kez tekrar fırlatma gerçekleştirmiştir (SpaceX, 2026).

Dragon Uzak aracının özellikleri (SpaceX, 2024b);

- 8.1 m (26.7 ft) yükseklik,
- 4 m (13 ft) çap,
- 9.3 m³ Uzak aracının hacmi,
- 6.000 kg faydalı yük kapasitesi,

olarak sıralanabilir.



Şekil 9. Falcon 9 ve Dragon Uzak Aracı

Kaynak: (SpaceX, 2024b).

Dragon, NASA görevlerinin dışında ticari uzay turizm faaliyetlerinde de kullanılmaktadır. Bu alanda detaylı bilgi Uzak Turizmi ve Taşımacılığı bölümünde verilmiştir. Dragon uzay aracı son olarak 10 Eylül 2024'te Polaris Dawn göreviyle ilk ticari uzay yürüyüşünü gerçekleştirilmiştir. Dragon kapasitesi nedeniyle yakın yörüngedeki insanlı görevler için geliştirilmiştir (SpaceX, 2024b).

Dragon'un yanı sıra Boeing'in Starliner uzay aracı da NASA görevleri kapsamında görev icra etmektedir. Fakat 2024 yılında başarılı bir fırlatma gerçekleştirilmiş olsa dahi teknik sorunlar nedeniyle Astronotların geri dönüşü iptal edilmiştir. Bu durum ticari uzay faaliyetlerinde SpaceX'in rakiplerinden önde olduğunun göstergesidir.

7.2.3. Blue Origin

Jeff Bezos tarafından 2000 yılında ABD'de kurulan uzay teknolojileri üreten bir uzay şirkettir. Blue Origin tekrar kullanılabilen roket teknolojisiyle sürdürülebilir uzay araştırmalarını, uzay turizmini ve uzayda insanlığın geleceğini inşa etmeyi hedeflemektedir. SpaceX gibi Dünya ötesinde inşa ve yaşamsal faaliyetleri desteklemektedir.

Blue Origin'in New Shepard roketi, New Glenn roketi ve Blue Moon uzay aracı filosuna sahiptir. New Shepard aktif olarak uzay turizminde kullanılmaktadır. New Shepard 2015 yılında dikey iniş gerçekleştirerek tekrar kullanılabilir hale getirildi. Ardından 20 Temmuz 2021'de ise ilk ticari uzay fırlatması gerçekleştirilmiştir. Fakat New Glenn ve Blue Moon aktif deneme sürecindedir (Blue Origin, 2024). Hatta 2025 yılı içerisinde New Glenn roketinin deneme fırlatmaları gerçekleştirilmiş olup ilk fırlatma başarısızlıkla sonuçlanmış olsa da ikinci fırlatma da başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

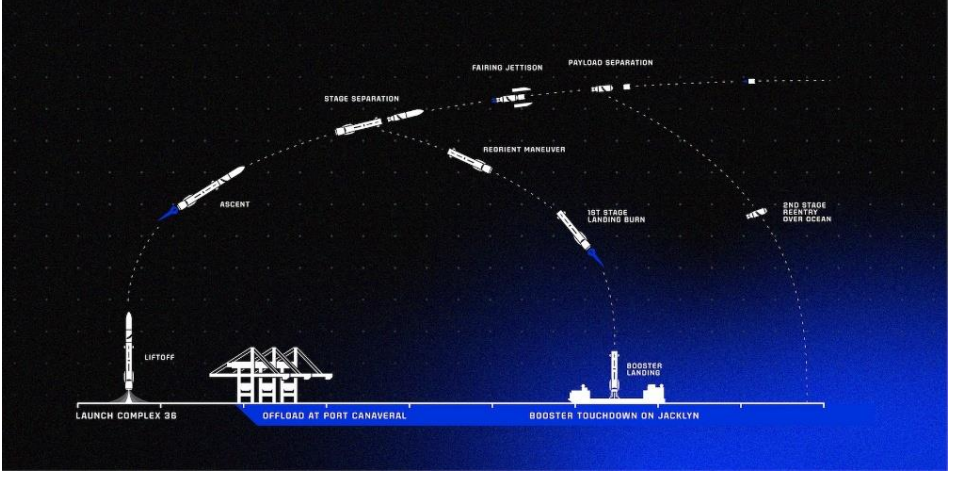
7.2.3.1. New Shepard ve New Glenn

Blue Origin'in geliştirdiği tekrar kullanılabilen roket teknolojisi taşıma maliyetlerini daha uygun hale getirmiştir. New Shepard, uzaya çıkan ilk Amerikalı olan Alan Shepard'tan esinlenilerek yörünge altı uçuşlar için üretilmiştir. Şekil 10'da gösterilen New Shepard'ın 6 kişilik kapasitesi bulunmaktadır. Hem roketi hem de kapsülü tekrar kullanılabilen New Shepard Astronotlara 11 dakikalık yörünge altı yolculuk imkanı sunmaktadır (Blue Origin, 2024).



Şekil 10. New Glenn Roketi
Kaynak: (Blue Origin, 2024).

New Glenn, adını yörüngeye giren ilk ABD'li Astronot John Glenn'den almıştır. En az 25 yeniden kullanılabilme imkanıyla uzaya erişimi uygun maliyetlerle gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. New Glenn, 98m'den daha uzun ve faydalı yük kısmına 30'dan fazla New Shepard yolcu kapsülü veya 20'den fazla kamyonet sığabilmektedir. GTO'ya 13 ton, LEO'ya ise 45 ton faydalı yük taşıma kapasitesine sahiptir. Ayrıca LEO, MEO ve GEO'ya taşıma gerçekleştirebilecek yeteneğe sahiptir.



Şekil 11. New Glenn Fırlatma (kalkış) ve İniş Süreci
Kaynak: (Blue Origin, 2024).

New Glenn'in tekrar kullanılabilir birinci aşama roketinin fırlatma ve iniş süreci Şekil 11'de gösterilmiştir. Kennedy Uzay Merkezi'nin yakınında olan Exploration Park'ta üretilen New Glenn son süreçte Cape Canaveral Uzay Kuvvetleri Üssüne (Cape Canaveral Space Force Station, CCSFS) taşınmıştır.



Şekil 12. Blue Moon Uzay Aracı
Kaynak: (Blue Origin, 2024).

Blue Origin'in sahip olduğu uzay aracı Blue Moon, Ay yüzeyine kargo ve Astronot taşımak için geliştirilen bir araçtır. NASA'nın Ay'a Astronot

göndermek için planlanan Artemis projesinde kullanılması için geliştirilmiştir. Bu projeye Ay'a düzenli ve düşük maliyetli erişim sağlanması hedeflenmektedir (Blue Origin, 2024).

7.2.4. Zero2Infinity- Bloostar

Zero2Infinity İspanya merkezli uzay teknolojileri üreten bir ticari girişimdir. Uzaya düşük maliyetlerle ulaşmayı hedeflemektedir. Zero2Infinity 2009'da kurulmuş olup 'Bloon' isimli balonlar ile uzay turizmi alanında hizmet vermektedir. Bunun yanında Bloostar aracıyla da uzay taşımacılığı alanında özellikle uydu fırlatmalarında hizmet sunmayı hedeflemektedir.



Şekil 13. Bloostar Uzay Aracı
Kaynak: (Zero2infinity, 2024).

Zero2Infinity Bloostar'ı 20 km'lik bir irtifaya balonlar ile çıkarılacak olup ardından sahip olduğu motorların devreye girmesiyle yörüngeye uydu taşıma operasyonlarında kullanılabilecektir. Bloostar, atmosferin 20 km'lik kısmını helyum dolu balonlar ile geçebilecektir. Çevreci ve uygun maliyetlerle küçük uyduların yörüngeye taşınmasında kullanılabilecektir. Bloostar diğer roketlere göre düşük karbon salınımına gerçekleştirmektedir. Bloostar küçük uydular için önemli bir fırlatma alternatifi olacaktır. Zero2Infinity teknolojileri gelişim aşamasındadır. Gelecekte Zero2Infinity uzay ekosistemine ve lojistiğine önemli katkılar sunacaktır (Zero2infinity, 2024).

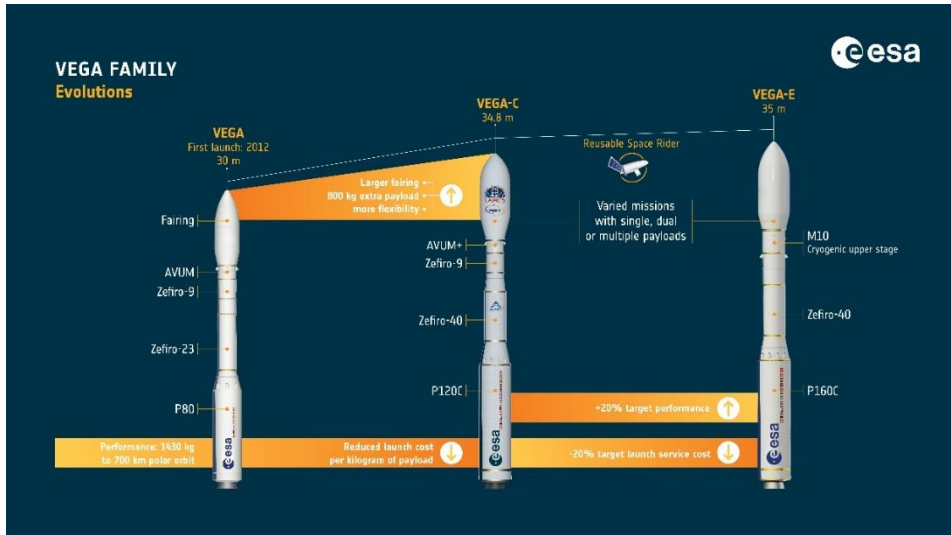
7.2.5. Avrupa Uzay Ajansı (European Space Agency, ESA) ve Arianespace

ESA'nın Ariane roketlerinin tüm operasyonlarını 1980 yılında Arianespace'e devretmiştir. Arianespace'te, Belçika, Danimarka, Almanya, Büyük Britanya, Fransa, İrlanda, İtalya, Hollanda, Norveç, İspanya, İsveç ve İsviçre ülkeleri temsil edilmektedir. Avrupa'da önde gelen 36 uzay şirketi de Arianespace ortaklığına dahildir. Ayrıca Fransa Uzay Ajansı ve 13 büyük banka ortaklığın içindedir. Arianespace, Fransız Guyanası'ndaki, Avrupa Uzay Limanında Ariane 6 ve Vega roketlerinin fırlatma operasyonlarını ve fırlatma sahalarını işletmekten

sorumludur (ESA, 2024a). Ariane roketleri uzun yıllar Avrupa'nın uzaya erişiminde kullanılmıştır. Avrupa'da uzay teknolojilerinin üretiminde ilk sıra uydularınken ikinci sırada fırlatma platformları yer almaktadır. Arianespace süreç içerisinde Soyuz için yeni bir fırlatma alanı inşa etmiştir ve fırlatma kabiliyetlerini geliştirmiştir (ESA, 2024b). Avrupa Uzay Limanı'ndan Ariane 5, Soyuz ve Vega roketleriyle Avrupalı devletler ve ticari şirketler için fırlatma operasyonlarını gerçekleştirmektedir.

7.2.5.1. Vega

Vega roketi çeşitli Avrupalı ülkeler tarafından geliştirilmiştir. Vega'nın geliştirilmesi 1990'a dayanmaktadır. Daha fazla kapasite, performans ve uzayda rekabet sağlayabilmek için Vega-C roketi, ESA, Avio ve ortakları Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Fransa, Almanya, İrlanda, İtalya, Hollanda, Norveç, Romanya, İspanya, İsveç ve İsviçre tarafından geliştirilmiştir. Vega-C roketi şekil 14'de gösterildiği gibi Vega'nın gelişmiş versiyonudur. Vega-C 800 kg daha fazla faydalı yük taşıma kapasitesine sahiptir (ESA, 2024c).



Şekil 14. Vega Roketleri

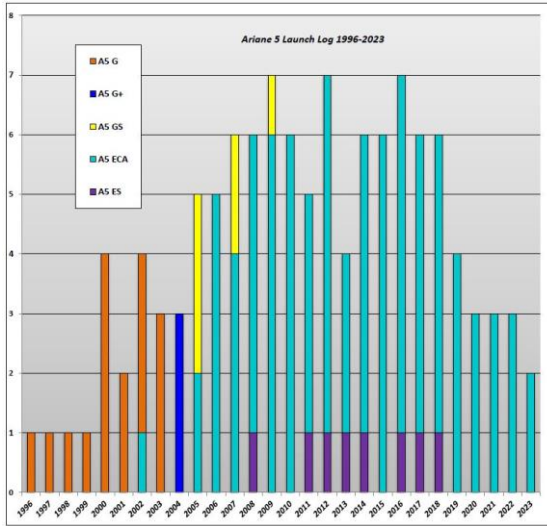
Kaynak: (ESA, 2024d).

Vega-C tek gövde ve 3 aşamalı bir roket olup 35m yüksekliğe sahiptir. Vega-C 2300 kg'lık fırlatma kapasitesine sahiptir. Küp Uydu veya küçük uydu taşıma faaliyetlerini gerçekleştirebilmektedir. Vega-C ayrıca tekrar kullanılabilir Space Rider uzay aracını da fırlatma yeteneğine sahip olması için geliştirilmektedir. İlk fırlatma operasyonu 13 Temmuz 2022 başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiş olup,

2022 sonunda gerçekleştirilen fırlatma başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Ardından geliştirme faaliyetleri tamamlandıktan sonra 5 Aralık 2024'te tekrardan başarılı bir fırlatmayla görevini tamamlamıştır. Vega-E yüksek kapasiteli ve daha çevreci bir roket olarak 2025 sonrası geliştirilerek faaliyete geçirilmesi hedeflenmektedir (ESA, 2024c).

7.2.5.2. Ariane 5 (ECA) ve Ariane 6

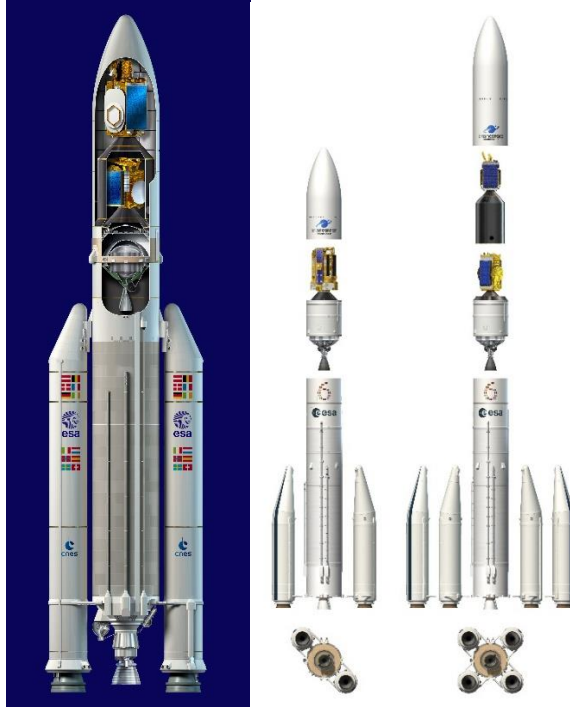
Ariane 5, Avrupa'nın başlıca fırlatma aracı olmuştur. Ariane 5 ile 1996 ile 2023 arasında Avrupa Uzay Limanından toplamda 117 kez fırlatma gerçekleştirmiştir. (ESA, 2024e). Ariane 1,2,3 (1979-1989) ve Ariane 4 (1988-2003) arasında Avrupa'nın uzaya erişimi için kullanılan öncü Ariane roketleridir. Ariane 5 önceki sürümlerine göre daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip olduğu için uzun yıllar kullanılmıştır. Özellikle Şekil 15'te gösterilen Ariane 5 (ECA) sürümüdür. Şekil 15'te de görüleceği üzere en çok fırlatma gerçekleştiren roket olmuştur. Ayrıca Ariane 5 Avrupa'nın Galileo navigasyon uydusunu ve James Webb Uzay Teleskobu fırlatma görevini gerçekleştirmiştir.



Şekil 15. Ariane 5 Fırlatma Tarihleri

Kaynak: (ESA, 2024e).

ESA için üretilen Ariane 5 (ECA) sürümü Avrupa Uzay Limanı'ndan toplamda 75'in üzerinde fırlatma gerçekleştirmiştir. Ariane 5 (ECA) 53 m yükseklik 5.4m çapında toplam kütlesi 780 tondur. GTO'ya bir, iki veya üç büyük uyduyu kapasitesi dahilinde taşıyabilmektedir. Toplam taşıma kapasitesi 10 ton üzerindedir.



Şekil 16. Şekil Ariane 5 (ECA), Ariane 6.2 ve Ariane 6.4
Kaynak: (ESA, 2024f; ESA, 2024g).

Ariane 6, kapasite ve performansa bağlı olarak iki güçlendiricisi olan versiyonu Ariane 6.2, dört güçlendiricisi olan ise Ariane 6.4 versiyonudur. Ariane 6.4 versiyonu LEO'ya yaklaşık 21 ton üzerinde yük taşınabilmektedir. Ariane 6, 60 m uzunluğunda kalkış öncesi toplam ağırlığı ise 900 ton (1.5 Arisbus A380) civarında olacaktır. Ariane 6 gözlem, telekomünikasyon, küresel konumlama, bilimsel ve hava tahmin gibi uydu yüklerinin yörüngeye fırlatma operasyonlarını gerçekleştirebilecektir. Ayrıca çoklu küçük uydu fırlatma kabiliyetine sahiptir.

İlk fırlatma operasyonu Ariane 6.2 versiyonuyla 9 Temmuz 2024'te gerçekleştirilmiştir. LEO'ya gerçekleştirilen görevde kısmi başarısızlık yaşanmıştır. İlk iki ateşleme başarılı olmuştur. Üst aşamanın tekrardan yörüngeden çıkması için gerçekleştirilen ateşleme teknik arıza nedeniyle gerçekleştirilememiştir (ESA, 2024g).

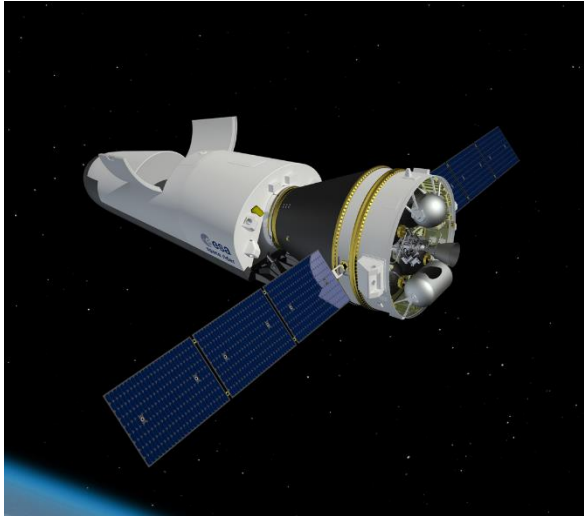
7.2.5.3. Space Rider

Space Rider uzay aracı mürettebatsız robotik bir laboratuvar olarak tanımlanabilir. Vega-C roketiyle fırlatılmasının ardından yörüngede kalabilmektedir. Space Rider, kargo alanındaki deneyleri gerçekleştirebilecektir.

Fizik, biyoloji, kimya, biyomedikal, eczacılık vb. alanlarda araştırmalar yapılabilecektir. Görev sonunda uzay aracı yeryüzündeki piste iniş gerçekleştirebilecektir. Tekrar kullanabilme özelliğine Space Rider uzay araştırmalarında maliyet etkin bir çözüm olacaktır (ESA, 2024h).

Space Rider (ESA, 2024h);

- Mikro yerçekimi deneyleri,
 - Robotik keşifler
 - Bilimsel araştırmalar
 - Uydu denetimi
 - Dünya gözlemi
 - Telekomünikasyon
- görev kabiliyetine sahiptir.



şekil 17. Space Rider

Kaynak: (ESA, 2024h).

Görev kabiliyetine sahiptir.

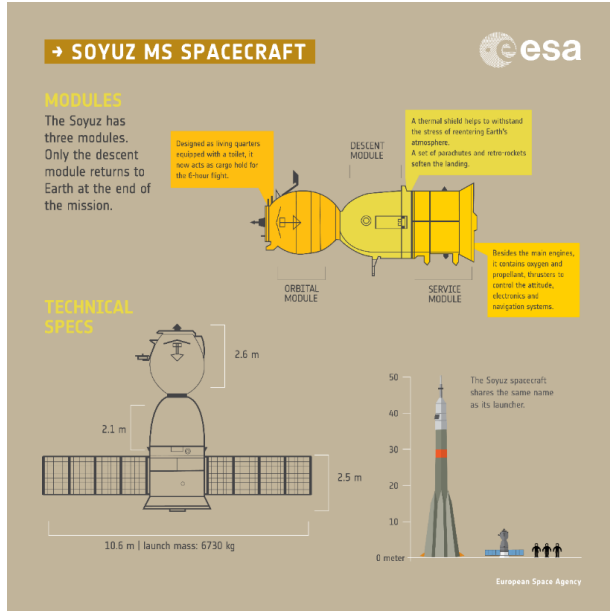
Avrupa uzay teknolojisinde önde gelen oluşumlardan birine ESA'ya sahiptir. ESA'nın geçmişten bugüne kadar yaptığı önemli çalışmalar mevcuttur. Uydu, roket veya uzay aracı teknolojilerden başta Avrupa'nın ihtiyaçlarına göre üretim, fırlatma ve işletme operasyonlarını yürütmektedir. şekil 18'da Avrupa'nın roket ve araç filosu gösterilmiştir. şekil 18'de soldan sağa doğru Ariane 5, Vega, Vega-C, Ariane 62, Ariane 64, Space Rider aracı sıralanmıştır.



Şekil 18. Avrupa'nın Fırlatma Roketi ve Aracı Ailesi
Kaynak: (ESA, 2024i).

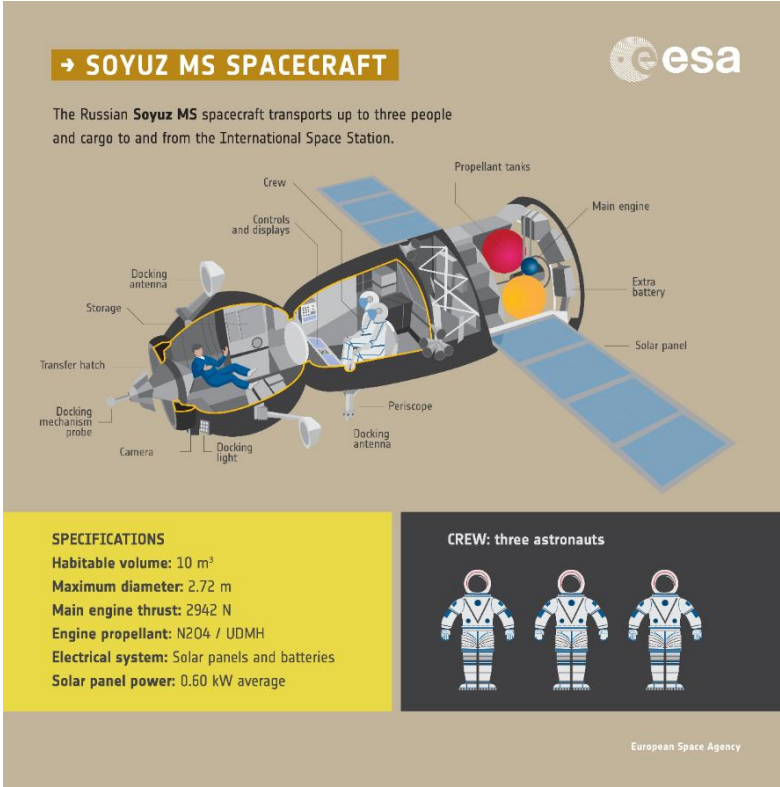
7.2.5.4. Soyuz

Rusya'nın geliştirdiği Soyuz roketi 1960'lerden günümüze kadar kullanılmış ve aktif olarak kullanılmaktadır. Soyuz roketi iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm roket bölümüyken ikincisi mürettebatın ve kargoların taşınabilmesini sağlamaktadır. Üst kısımda yer alan kapsülün ilk kısmı yörünge modülüdür. Soyuz roketi Şekil 19 ve 20'de detaylı olarak gösterilmiştir (NASA, 2024).



Şekil 19. Soyuz Roketi ve Uzay Aracı
Kaynak: (ESA, 2024j).

Mürettebat bu kısımda yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmektedir. Yörünge modülü bir otobüs büyüklüğündedir ve ISS' bağlantı buradan gerçekleştirilir. İkinci bölüm ise iniş modülüdür. Bu kısımda ISS'ten ayrılış, iniş ve roketin fırlatılması sürecinde Astronotların veya Kozmonotların bulunduğu yerdir. Üçüncü kısım ise yaşam destek sistemlerinin olduğu bölümdür. Bu bölümde güneş panelleri, batarya, motor vb. teknik sistemler bulunmaktadır (NASA, 2024 ESA, 2024l).



Şekil 20. Soyuz Uzak Aracı
Kaynak: (ESA, 2024k).

Tarihte ilk kez 2011'de Avrupa Uzay Limanı'ndan Soyuz roketi fırlatılmıştır. Bu Avrupa ve Rusya arasında önemli iş birliklerinden sayılmaktadır. Avrupa'dan fırlatılan soyuz geliştirilen Soyuz-2 aracıdır. İlk versiyonuna kıyasla yaklaşık 2 katı fırlatma kapasitesine Soyuz- yaklaşık 50 yıldır başarılı bir şekilde görevlerini tamamlamaktadır (ESA, 2024l). Ayrıca NASA'nın uzay aracı programı sonlandığı 2011'den SpaceX'in 2020'de ISS'e insanlı gerçekleştirdiği başarılı

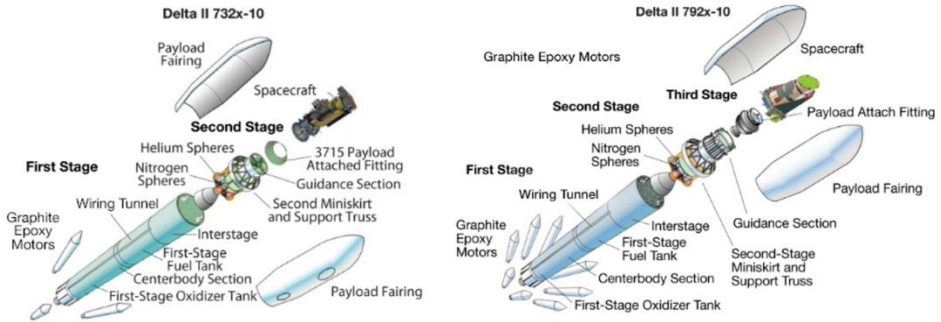
fırlatmaya kadar ABD’li Astronotların uzaya erişiminde Soyuz kullanılmıştır (NASA, 2024; ESA, 2024I).

7.2.6. United Launch Alliance (ULA)

ULA, ABD merkezli uzaya erişim hizmeti sağlayan ve ilgili teknolojileri üreten bir şirkettir. ULA, 2006 yılında Boeing ve Lockheed Martin şirketlerinin iştirakiyle kurulmuştur. Uzay görevleri için güvenilir, hassas ve esnek fırlatma sistemlerine sahiptir. ULA, özellikle ABD hükümeti, NASA vb. kurum ve kuruluşlar için fırlatma hizmeti sağlamaktadır. ULA Canaveral Cape Canaveral Uzay Kuvvetleri Üssü ve Vandenberg Uzay Kuvvetleri Üssünde faaliyetlerini sürdürmektedir. ULA Delta II, Delta IV, Atlas V ve gelecekte hepsinin yerini alması beklenen Vulcan roket filosuna sahiptir (ULA, 2024). Şirket 2006’dan bu yana 150’den fazla fırlatma gerçekleştirerek sektördeki konumunu pekiştirmiştir.

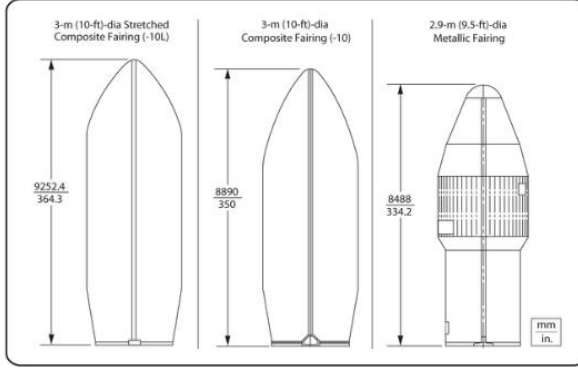
7.2.6.1. Delta II

İlk fırlatmasını 1989’da yapan Delta II toplamda 155 görevi başarıyla tamamlamıştır. Toplamda 39m yüksekliğe sahip olan Delta II LEO’ya yaklaşık 6 ton faydalı yük taşıyabilmektedir. (ULA, 2024).



Şekil 21. Delta II Roketleri
ULA, (2024).

Geliştirilmiş Delta II 792x10 daha fazla taşıma kapasitesine ve 3 aşamalı bir fırlatma teknolojisine sahiptir.

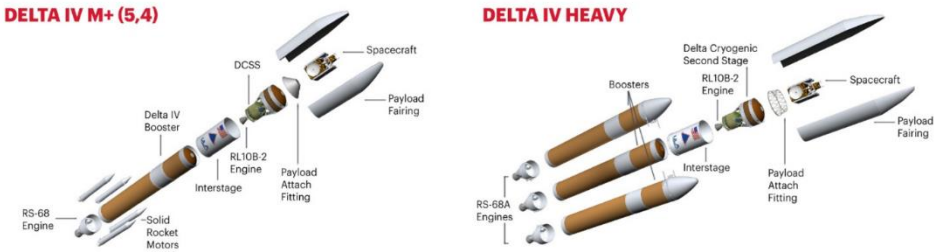


Şekil 22. Delta II Roketinin Faydalı Yük Kısımı
ULA, (2024).

Delta II, üç farklı faydalı yük taşıma kapasitesine sahiptir. İlk versiyonu 2.9 m çapında olup geliştirmeler ile çapı genişletilip ve boyu yükseltilmiştir. Buradaki amaç faydalı yük taşıma kapasitesini artırmaktır. Delta II'nin 732x-10 ve 792-10 versiyonları şekil 21'de gösterilmiştir.

7.2.6.2. Delta IV ve Delta IV Heavy

Delta Roketleri, Delta IV Heavy, iki veya dört katı yakıtlı Delta IV M (Medium) olmak üzere üç farklı konfigürasyondan oluşmaktadır. Farklı konfigürasyonda güçlendirici, üst aşama fırlatma ve faydalı yük kısımları aynıdır. Delta Heavy'de ana güçlendiriciyi desteklemek için ek iki tane daha sıvı yakıtlı roket güçlendiricisi kullanıldı. ULA, (2024).



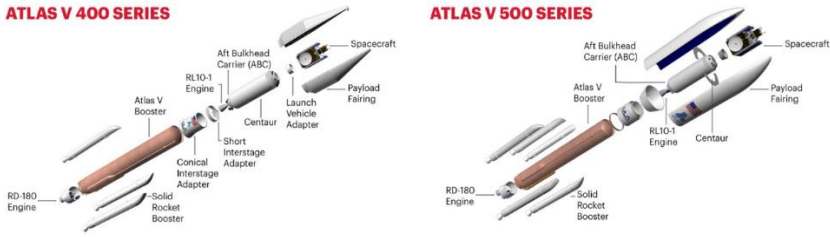
Şekil 23. Delta IV M ve Delta IV Heavy Roketleri
ULA, (2024).

İlk fırlatması 20 Kasım 2002'de yapılan Delta IV M orta ağırlıktaki yükleri taşıyabilmektedir. LEO'ya yaklaşık 12 ton faydalı yük taşıma kapasitesine sahiptir. Fakat 2019 yılında emekliye ayrılmıştır ULA, (2024).

Delta IV Heavy ise daha ağır yüklerin taşınmasında kullanılmaktadır. LEO'ya yaklaşık 29 ton faydalı yük taşıma kapasitesine sahiptir. Ayrıca Mars ve ötesine faydalı yük taşımalarını da gerçekleştirebilmektedir. Delta IV Heavy gelecekte Vulcan roketinin devreye alınmasıyla emekliye ayrılacaktır. Roketlerin tekrar kullanılamaması fırlatma başı maliyetleri artırdığı için kullanımı efektif değildir ULA, (2024).

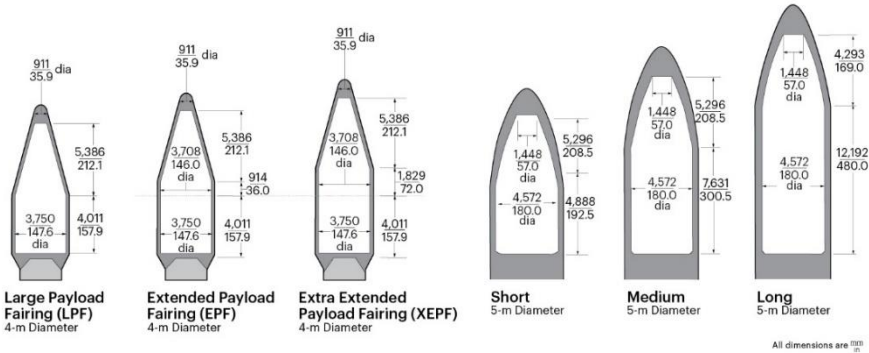
7.2.6.3. Atlas V

Atlas V roketi orta ve ağır yüklerin uzaya fırlatılmasında veya taşınmasında kullanılmaktadır. İlk fırlatması 21 Ağustos 2002'de gerçekleştirilen roket aktif olarak kullanılmaktadır. Fakat Vulcan roketinin kullanılmaya başlanmasıyla emekliye ayrılacaktır (ULA, 2024).



Şekil 24. Atlas V Roketleri
ULA, (2024).

Atlas V roketleri, LEO'ya ilk üretimden son geliştirilen modele kadar yaklaşık 10 ton ile 20 ton arasında faydalı yük taşıma kapasitesine sahiptir. Faydalı yük taşıyan kısımları çeşitli görevler için 4 ile 5 m arasında farklı boyutlarda tasarlanmıştır (ULA, 2024).



Şekil 25. Atlas V Faydalı Yük Kısım
ULA, (2024).

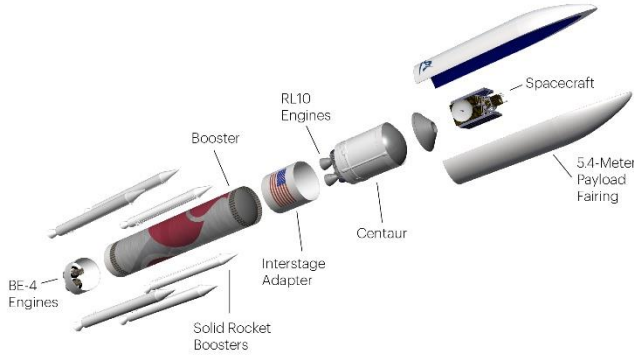
Atlas roketi NASA'nın birçok uzay görevinde kullanılmıştır.

- Mars Perseverance, (2020)
- New Horizons, (Plüton'un keşfi, 2006)
- Juno (Jüpiter'in keşfi, (2011)
- Mars Curiosity, (2011)

Ayrıca 2024'te Boeing'in Starliner kapsülünün ISS'e fırlatılmasını da gerçekleştirmiştir.

7.2.6.4. Vulcan

Gelecekte ULA'nın diğer roketlerinin yerini alacak olan Vulcan roketinin hem kapasitesi yüksek hem de daha uygun işletme maliyetlerine sahip olması önemli bir özelliğidir ULA, (2024).



Şekil 26. Atlas V Roketi
ULA, (2024).

Vulcan, tek güçlendirici veya iki, dört ve altı katı yakıtlı güçlendirici olmak üzere dört farklı konfigürasyonda sunulmaktadır.



Şekil 27. Vulcan Roketinin Faydalı Yük Kısımı
ULA, (2024).

Vulcan'ın faydalı yük taşıma kısmı 15,5 m ve 21,3 m lik farklı görevleri tamamlayabilmek için tasarlanmıştır. LEO'ya yaklaşık 27 ton faydalı yük taşıma kapasitesiyle gelecekte uzaya erişim için önemli görevlerde rol alabilecektir (ULA, 2024).

Vulcan;

- Ticari iletişim ve farklı görev yüklerine sahip uydularının taşınmasında
- ABD hükümeti veya NASA görevlerinde
- Asteroid veya Derin uzay görevlerinde

Önemli bir taşıma aracı olması muhtemeldir.

7.2.7. RocketLab

RocketLab, Yeni zellanda ve ABD'deki fırlatma alanlarında yörüngeye küçük ve orta boyutlu uydu fırlatma hizmeti vermektedir. Fırlatmaların çoğu Yeni Zelanda'dan yapılmaktadır (RocketLab, 2024). RocketLab'ın Electron ve taşıma kapasitesi yüksek Neutron roketleriyle yörünge taşımacılığı faaliyetlerine katılmaktadır.

7.2.7.1. Electron

Electron roketi sıvı yakıtlı ilk aşama ve tek motorlu ikinci aşamadan oluşan roket teknolojisiyle LEO'ya yaklaşık 300 kg'lık küçük uyduları taşımaktadır.



Şekil 28. Electron Roketi
(RocketLab, 2024).

Sıvı yakıtlı ilk aşama ve tek motorlu ikinci aşamadan oluşan roket teknolojisiyle LEO'ya yaklaşık 300 kg'lık küçük uyduları taşımaktadır. Elektrik pompalarıyla çalışan ilk roket olma özelliğine sahiptir. Ayrıca ikinci aşama

motorları 3D baskı teknolojisiyle üretilmektedir. Bu durum ise maliyet etkin sonuçları ortaya koymaktadır (RocketLab, 2024).



Şekil 29. Electron Roketinin Faydalı Yük Kısımı
Kaynak: (RocketLab, 2024).

RocketLab'ın roket ailesi;

- Orta ve küçük uydu fırlatma
- Uzayda bilimsel araştırmaların gerçekleştirilmesi
- Uzayda yeni teknolojilerin test edilmesi vb.

Görevleri yerine getirebilme kabiliyetine sahiptir. Ayrıca Neutron roketini daha yüksek kapasiteli uydu fırlatmaları, uzay ve derin uzay araştırmaları için geliştirmektedir (RocketLab, 2024).

7.2.8. Space One

Space One, Japonya merkezli uzay teknolojileri üreten bir şirkettir. Şirket küçük uydu taşımacılığı alanına yoğunlaşmış olup uzay taşıma sistemlerinin geliştirilmesini ve ticarileştirilmesini hedeflemektedir. Space One şirketi Japonya'daki Kii Uzay Liman'ını kullanarak fırlatma operasyonlarını gerçekleştirmektedir. Space One, geliştirdiği Karios ile uydu fırlatma operasyonlarını gerçekleştirmeyi hedeflemektedir (Space One, 2024a; (Space One, 2024b).

7.2.8.1. Karios

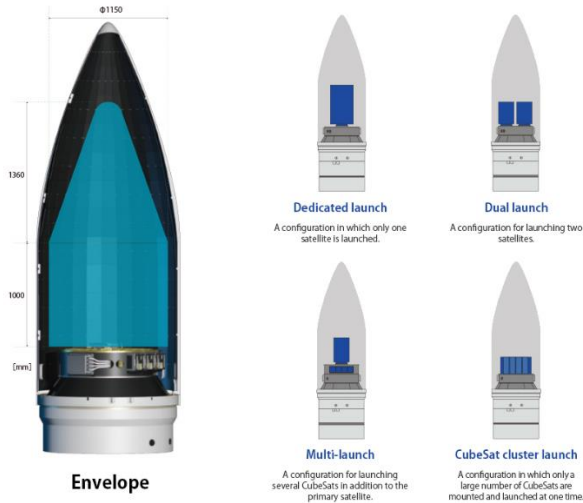
Şekil 30'da Karios roketinin temsili fırlatma süreci gösterilmektedir. Karios, katı yakıtlı bir roket olup ticari uydu fırlatma faaliyetlerinde kullanılması

hedeflenmektedir. Karios'un üst kısmı ise sıvı roket teknolojisine sahiptir. Yaklaşık 18 metre uzunluğa 23 metrik ton ağırlığındadır. Roketin çapı 1.35 metre faydalı yük taşıyan kısmın ise 1.50 metre çapı bulunmaktadır (Space One, 2024b).



Şekil 30. Karios Roketi
Kaynak: (Space One, 2024c).

Karios roketi Yakın Yörüngeye 500 km irtifaya 250 kilogram (kg) kadar küçük uydular taşıyabilmektedir (Space One, 2024b).



Şekil 31. Karios Roketinin Faydalı Yük Kısmı
Kaynak: (Space One, 2024c).

Şekilde görüleceği üzere Karios roketinin faydalı yük taşıyan kısmı 4 farklı modüle sahiptir. Karios roketi (Space One, 2024b);

- Tek bir küçük uydu
- İki farklı küçük uydu
- Birden fazla küp uydu ve bir küçük uydu
- Birden fazla küp uydu

Fırlatma kapasitesine sahiptir. Fakat 2024 yılı Space One şirketinin Karios roketiyle yapmış olduğu fırlatma başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Fırlatmadan yaklaşık beş saniye sonra roket infilak etmiştir. Roketin otonom kontrol ile kendisini imha ettiği bilinmektedir (Toraman, 2024).

7.2.9. Anteras Roketi

Northrop Grumman tarafından geliştirilen Antares roketi yaklaşık 8 ton faydalı yükü LEO'ya taşıyabilmektedir. Antares, 21 Nisan 2013'te gerçekleştirilen ilk fırlatmanın ardından bu yana aktif olarak kullanılmaktadır. NASA'nın Ticari Yörünge Taşıma Hizmeti (Commercial Orbital Transportation Services COTS) anlaşması gereği 2014'te ISS'e kargo taşımacılığına başlamıştır (Northropgrumman, 2024).

Antares'ın faydalı yük kısmının çap 3,9 m ve 9,9 yüksekliğe toplam ise 40,5 m yüksekliğe sahiptir. Ayrıca iki aşamalı motor teknolojisine sahiptir. Antares'in motorlarında Rus yapımı RD-181 kullanılıyordu. Son süreçte yaşanan olaylar nedeniyle motorlar tedarik edilememiştir. Northrop Grumman bundan dolayı Firefly Aerospace ile işbirliği yaparak Antares 330 isimli yeni bir versiyon geliştirmektedir. Bu kapsamda ISS' görevlerinde ise SpaceX'in Dragon roketleri kullanılacaktır (Northropgrumman, 2024).

7.2.10. Roketsan

Sıvı yakıt teknolojisine sahip SR0.1 sonda roketinin ilk prototipi başarılı bir şekilde 136 km irtifaya erişmiştir. Ayrıca denemede faydalı yük kapsülünün de roketten başarıyla ayrılması önemli bir gelişme olarak kaydedilmiştir. Roketsan'ın deneme aşamasında olan SR 0.1 roketi aktif olarak kullanılmamaktadır. Fakat 2017 ve 2018 yıllarında gerçekleştirilen başarılı denemelerle Türkiye'nin fırlatma alanında faaliyet göstermek, uzaya erişimde kendi imkan ve kabiliyetlerini kazanmak istediğini göstermektedir (Roketsan, 2024a).



Şekil 32. SR 0.1 Roketi (Temsili)
Kaynak: (ROKETSAN, 2024b).

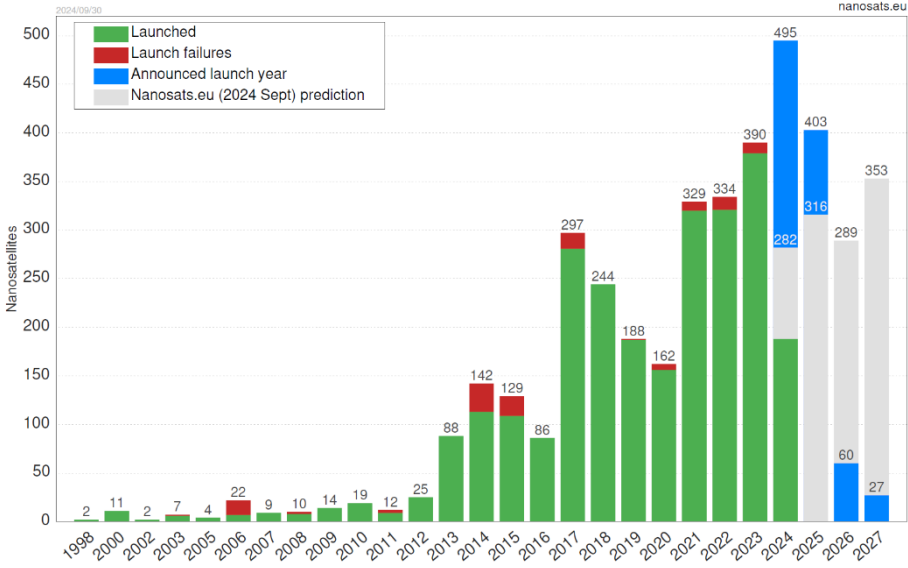
Roketsan SR0.1 roketini Mikro Uydu Fırlatma Sistemi (MUFS) kapsamında geliştirmiştir. Bu projede 100 kg’lık küçük uyduların 400-500 km irtifadaki LEO’ya fırlatılması hedeflenmektedir. Ayrıca 2025-2026 yıllarında deneme faaliyetleri devam edecek olup küçük uydu fırlatma kabiliyeti kazanma açısından oldukça önemlidir (Roketsan, 2024a).

Roketsan gelecekte Şimşek roket ailesiyle yörünge taşımacılığı faaliyetlerini gerçekleştirebilecektir. İlk etapta Şimşek 1 roketi ardından ise Şimşek-2 roketi yaklaşık 40 m uzunluğunda 3 kademeli olarak üretilecek olup 1.5 ton faydalı yük taşıma kapasitesine sahip olması hedeflenmektedir (Roketsan, 2026).



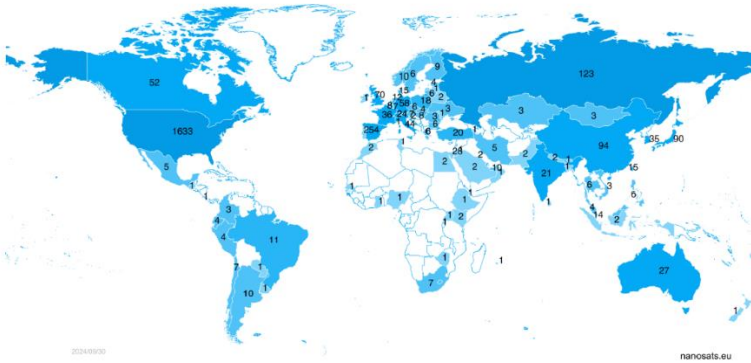
Şekil 33. Şimşek Roketi
Kaynak: Roketsan, (2026).

Türkiye’de Roketsan’ın yanı sıra Fergani Uzay’ın da roket teknolojisi alanında çalışmayı hedeflediği bilinmektedir. İlk uydusunu 2025 yılının Ocak ayında fırlatan Fergani Uzay gelecekte 50 tonluk ve 1.5 ton fırlatma kapasitesine sahip roketleri üretmeyi hedeflediği bilinmektedir.



Şekil 34. Yıllar İtibariyle Fırlatma Sayıları
Kaynak: (Kulu, 2024).

Şekil 34’te küçük uydu fırlatma sayıları gösterilmektedir. Görüleceği üzere geçmişe göre 2017 ve sonrası uydu fırlatma sayıları toplam olarak artmıştır. Gelecekte planlanan fırlatmalardan da anlaşılacağı üzere gelecekte uzay taşımacılığı operasyonları artacaktır (Kulu, 2024).



Şekil 35. Küçük Uydu Fırlatmalarının Coğrafi Dağılımı
Kaynak: (Kulu, 2024).

ABD uzay teknolojilerinin üretim merkezi olarak bilinmektedir. Uzaya erişimi uygun maliyetlerle güvenilir bir şekilde sağlamayı misyon edinmiş SpaceX, Blue Origin, vb. birçok ABD merkezli şirket bulunmaktadır. ABD’li şirketler uzay teknolojilerini kullanarak yeni iş modellerinin geliştirilmesinde inovatif çözümler üretmektedir. Yeni iş modelleriyle 35’te gösterildiği gibi en çok fırlatma gerçekleştirilen ülke konumuna getirmektedir (Kulu, 2024).

Roketler ilk etapta barışçıl olmayan nedenlerle kullanılmaya başlanmış olmasına rağmen gelinen noktada uzaya erişim için kullanılmaktadır. Uzay’a erişimi sağlayan roketler lojistik faaliyetlerde, taşımacılık operasyonlarının omurgasını oluşturmaktadır. V-2 Roketinin geliştirilmesi uzay faaliyetlerine ivme kazandırmıştır. Özellikle günümüzde hala kullanılan iki aşamalı sıvı veya katı yakıtlı roketlerle birçok başarılı fırlatma gerçekleştirilmektedir. Roketler, uydu fırlatma, bilimsel faaliyetler, kargo veya faydalı yük taşımacılığı, uzay ve derin uzay araştırmalarına önemli katkılar sunmaktadır.

SpaceX ve Blue Origin’in geliştirdiği tekrarlı kullanıma imkan veren roketler uzay faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi sürecinde maliyet etkin sonuçlar üretmesi nedeniyle sektöre önemli katkı sağlamıştır. Verilere göre 10 kg’nin altındaki uyduların (nano uydu) % 75’nin SpaceX’in Falcon 9 roketiyle yörüngeye taşınması sektördeki maliyet etkinliğinin öneme işaret etmektedir (Kulu, 2024). Ticari uyduların fırlatma sayılarındaki artış sektörün büyüyeceğini ve taşıma operasyonlarında alternatiflerin de artması gerekmektedir. Sektörde taşıma operasyonlarının gerçekleştirilmesi için farklı şirketler kurulacak olup uzay ekosistemine katkı sağlayacaktır.

Türkiye özelinde üretilen Delta V’nin SORS roketi, üretilmesi planlanan ROKETSAN’ın Şimşek Roketleri ve Fergani Uzay’ın uzayın roketleri Türkiye’deki şirketlerin de bu alanda gelecekte faaliyet göstererek uzay ekosistemine dahil olacağını göstermektedir. Ayrıca Delta V’nin üzerinde çalıştığı hibrit motor teknolojisi de uzay içi erişim ve ulaşım faaliyetlerinde önemli rol oynayacaktır.

Roket ve uzay araçları, uzaya erişimi ve uzay taşımacılığını gerçekleştirilmesini sağlayan en önemli unsurlardır. Bu alanda 2025 yılının ocak ayında iki aşamadan oluşan SpaceX’in Starship ve Blue Origin’in Newglenn roketleri yarı başarılı fırlatma operasyonları gerçekleştirmiştir. SpaceX’in Starship’i 7. denemesinde ikinci aşama uzay aracı teknik hatalar nedeniyle infilak etmiştir. Fakat ilk aşama tekrar kullanılabilen roket başarılı bir şekilde platforma iniş sağlamıştır. Blue Origin’in Newglenn roketi ise ilk aşaması başarıyla yörüngeye girerken ilk aşama tekrar kullanılabilen roketi başarısız bir iniş gerçekleştirmiştir. Bu gelişmeler uzay teknolojilerinin gelişiminin devam ettiğini edinilen bilgi birikimin gelecekte uzaya erişimi kolaylaştıracaktır. Newglenn ikinci fırlatmasında başarılı sonuçlar elde etmiştir.

7.3. KAYNAKÇA

- Blue Origin, (2024). <https://www.blueorigin.com/>, (Erişim Tarihi: 13.09.2024).
- ESA, (2024a). https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Europe_s_Spaceport/Arianespace_at_Europe_s_Spaceport, (Erişim Tarihi: 18.09.2024).
- ESA, (2024b). https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Launch_vehicles/Europe_s_launchers, (Erişim Tarihi: 18.09.2024).
- ESA, (2024c). https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Vega/Vega-C, (Erişim Tarihi: 18.09.2024).
- ESA, (2024d). https://esa.int/ESA_Multimedia/Images/2022/08/Vega_evolution, (Erişim Tarihi: 18.09.2024).
- ESA, (2024e). https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Launch_vehicles/Ariane_5, (Erişim Tarihi: 18.09.2024).
- ESA, (2024f). https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2011/06/Ariane_5_ECA, (Erişim Tarihi: 18.09.2024).
- ESA, (2024g). https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Launch_vehicles/Ariane_6_overview, (Erişim Tarihi: 18.09.2024).
- ESA, (2024h). https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Space_Rider/Space_Rider_spacecraft_user_guide_update, (Erişim Tarihi: 18.09.2024).
- ESA, (2024i). https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2019/06/Europe_s_rockets, (Erişim Tarihi: 18.09.2024).
- ESA, (2024j). https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/06/Soyuz_MS_spacecraft_infographic_-_Modules_and_Specs, (Erişim Tarihi: 18.09.2024).
- ESA, (2024k). https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/06/Soyuz_MS_spacecraft_infographic, (Erişim Tarihi: 18.09.2024).
- ESA, (2024l). https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/Launch_vehicles/Soyuz, (Erişim Tarihi: 18.09.2024).
- Ignatius, J. K., Sankaran, S., Kumar, R. A., Satyanarayana, T. N. V., & Chakravarthy, S. R. (2008). Suppression of jet noise by staged water injection during launch vehicle lift-off. *International Journal of Aeroacoustics*, 7(3-4), 223-241.
- Ishimatsu, T., de Weck, O. L., Hoffman, J. A., Ohkami, Y., & Shishko, R. (2016). Generalized multicommodity network flow model for the earth-moon-mars logistics system. *Journal of Spacecraft and Rockets*, 53(1), 25-38.
- Kulu, E. (2024). CubeSats & Nanosatellites—2024 Statistics, Forecast and Reliability. In *Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC (Vol. 2024)*.

- Morganstanley, (2024). <https://www.morganstanley.com/ideas/investing-in-space/>, (Erişim Tarihi: 13.12.2024).
- NASA, (2024). <https://www.nasa.gov/international-partner-rockets-and-spacecraft/#SoyuzCrew>, (Erişim Tarihi: 20.09.2024).
- Northropgrumman, (2024). <https://www.northropgrumman.com/space/antares-rocket>, (Erişim Tarihi: 07.10.2024)
- RocketLab, (2024). <https://www.rocketlabusa.com/about/>, (Erişim Tarihi: 13.10.2024).
- ROKETSAN, (2024a). <https://www.roketsan.com.tr/tr/medya/haberler/turk-roketi-ilk-kez-sivi-yakitla-uzayda>, (Erişim Tarihi: 29.10.2023)
- ROKETSAN, (2024b). <https://www.roketsan.com.tr/tr/urunler/mikro-uydu-firlatma-sistemi>, (Erişim Tarihi: 29.10.2023)
- ROKETSAN, (2026). <https://x.com/roketan/status/1953754905488879726/photo/1>, (Erişim Tarihi: 25.01.2023)
- Snead, J. (2004). Architecting rapid growth in space logistics capabilities. In 40th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit (p. 4068).
- Space One, (2024a). https://www.space-one.co.jp/about/index_e.html, (Erişim Tarihi: 24.11.2024).
- Space One, (2024b). https://www.space-one.co.jp/vehicle/index_e.html, (Erişim Tarihi: 24.11.2024).
- Space One, (2024c). <https://www.space-one.co.jp/assets/img>, (Erişim Tarihi: 24.11.2024).
- SpaceX, (2024a). <https://www.spacex.com/media/falcon-users-guide-2021-09.pdf>, (Erişim Tarihi: 14.09.2024).
- SpaceX, (2024b). <https://www.spacex.com/>, (Erişim Tarihi: 14.09.2024).
- SpaceX, (2026). <https://www.spacex.com/vehicles/falcon-9>, (Erişim Tarihi: 25.01.2026).
- Toraman, Y. (2024). Space logistics and risks: A study on spacecraft. Politeknik Dergisi, 1-1.
- ULA, (2024). <https://www.ulalaunch.com/rockets>, (Erişim Tarihi: 09.10.2024)
- Zero2infinity, (2024). <https://www.zero2infinity.space/>, (Erişim Tarihi: 15.09.2024).

SEKİZİNCİ BÖLÜM

UZAY LOJİSTİĞİNDE TAŞIMACILIK VE RİSKLER

8.1. Yörünge Taşımacılığında Riskler

Uzay yeryüzünden farklı riskleri içerisinde barındırmaktadır. Uzay lojistiği ve yörünge taşımacılığında başarılı olabilmek için süreçteki riskleri göz önünde bulundurarak operasyonun gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Uzay görevleri kapsamında tedarikten başlayarak görev sonuna kadar gerçekleştirilecek lojistik faaliyetler insanlı veya insansız görevlerde geri dönüş ile tamamlanmaktadır. Bu süreç içerisinde uzayda farklı risklerle karşılaşılabilir. Bu riskler süreç, teknik ve çevresel riskler başta olmak üzere, insani hatalardan kaynaklanan riskler, tedarik ve test riskleri, lisans ve sertifikasyon riskleri olarak sıralanabilir. Tez çalışmasında küp uyduların yörünge taşımacılığına odaklanıldığı için süreç, teknik ve çevresel risklere incelenmiştir. Mevcut tez çalışmasına yönelik olarak süreç teknik ve çevresel riskler kategorize edilmiştir. Gelecekte özellikle çevresel riskler, uzay lojistiğinde ve yörünge taşımacılığında çözülmesi gereken önemli bir sorun olacaktır.

Yörünge taşımacılığı dış kaynak kullanım sürecinde tercih edilen taşıma aracının etkileneceği muhtemel riskler incelenmiştir.

8.1.1. Süreç Riski

Lojistik faaliyetlerde süreci başarıyla tamamlamak oldukça önemlidir. Lojistik süreç riski, karşılaşılacak olaylar nedeniyle operasyonlarda sürecin aksaması, gecikmeler yaşanması ya da tamamlanamaması ihtimalidir (Toraman ve Merdivenci 2025).

Mevcut çalışmada süreç riskleri (Toraman, 2025a; Toraman ve Merdivenci 2025);

- Küp uydu üretiminde tedarik riski,
- Üretimdeki gecikmeler nedeniyle taşıma faaliyetlerinin aksama riski,
- Gecikmelerin nedeniyle artan maliyet riski,
- Başarısız test sonuçları nedeniyle yeniden üretim riski,
- Roket ve faydalı yük taşıyan kısmın ayrılmaması riski,
- Atmosferden geçişte yanlış hesaplama sonucu yaşanacak riskler,
- Fırlatma sırasında yükün zarar görmesi riski,
- Fırlatma sırasında yükün rokete zarar verme riski,

vb. olarak sıralanabilir. Uzay lojistiği kapsamında taşımacılık faaliyetinin başarıyla tamamlanabilmesi için lojistik süreçlerin etkili ve verimli yönetimi yüksek performans, maliyet ve zaman açısından oldukça önemlidir (Fuchs &

Wohinz 2009; Toraman, 2025a). Uzun lojistiği kapsamında Falcon 9 ile küp uydur taşımacılığının süreç risklerine maruz kalma algısı veya düşüncesi adaptasyon ve kullanım sürecini negatif etkileyecektir. Fakat kullanıcıların çeşitli risklere karşı hazırlıklı bir teknolojiye sahip olma algısı sürece pozitif katkı sunacaktır. Örneğin; fırlatma sırasındaki patlama nedeniyle Karios roketinin taşıdığı uydular kullanılmaz hale gelmiştir. Taşımacılık süreci başarısızlıkla sonuçlanmıştır.

8.1.2. Teknik Risk

Lojistik faaliyetlerde özellikle taşımacılıkta kullanılan teknik ekipman, taşıma araçları, donanımsal ve yazılımsal hatalar nedeniyle sürecin başarıyla tamamlanamama ihtimalidir. Teknik riskler uzun lojistiğinde küp uyduların yörüngeye taşınmasında süreci olumsuz etkileme potansiyeline sahiptir.

Mevcut araştırmada teknik riskler (Toraman, 2025a; Toraman ve Merdivenci 2025);

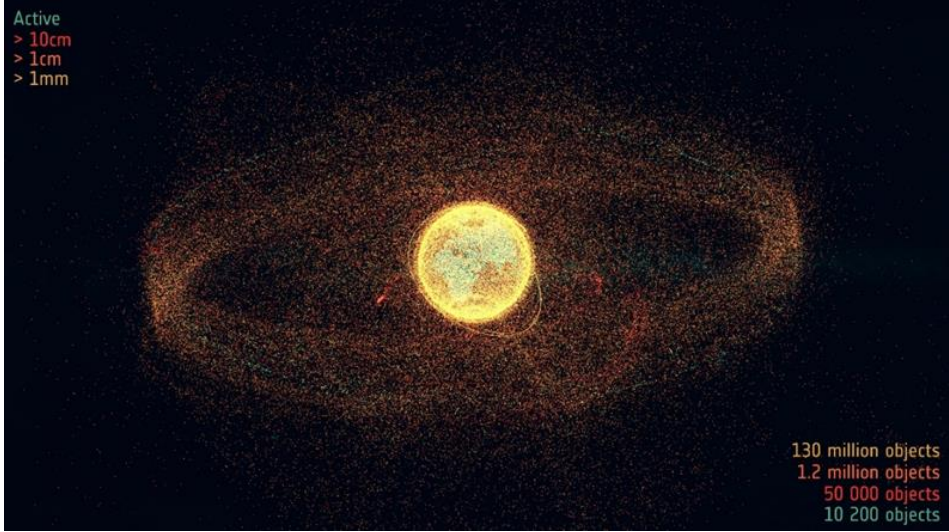
- Uydunun sistem testlerinde yapılan hata riski,
- Fırlatma (Taşıma) araçlarındaki motor arızası riski,
- Taşıma aracıyla yer istasyonunun iletişim kuramama riski,
- Taşıma aracındaki aviyonik cihaz arızası riski,
- Uydur ile yer istasyonunun iletişim kuramama riski,
- Uydunun Taşıma aracından ayrılmama riski,

vb. olarak sıralanabilir. Teknik risklerin önceden belirlenerek olası senaryoların hesaplanması ve önlenmesi taşıma faaliyetlerinin tamamlanabilmesi için önemlidir. Aksi halde teknik ekipman, taşıma araçları, donanımsal, yazılımsal vb. hatalar nedeniyle taşıma faaliyetleri başarısızlıkla sonuçlanacaktır. (Seastrom, 2004; Toraman, 2025a; Fuchs & Wohinz 2009). Örneğin; Boeing'in CST-Starliner uzun aracının başarılı fırlatma sonucunda taşıdığı astronotların ISS'e ulaşmasını sağlamıştır. Fakat itki sistemlerindeki arıza nedeniyle astronotlar ISS'te geçici olarak mahsur kalmıştır.

8.1.3. Çevresel Riskler

Lojistik faaliyetlerde kullanılan araçların, taşıma öncesinde ve taşıma esnasında tekrarlı kullanılabilen roketlerde geri dönüş süreci de dahil olmak üzere farklı zamanlarda Dünya, Yörünge ve Uzun'ın doğal ortamından etkilenme ihtimalidir. Özellikle artan uzun faaliyetleri yörüngede uydur enkazlarının artmasına neden olmuştur. Yörüngede bulunan uydur enkazları hem yörünge taşımacılığında hem de uydunun yörüngeye yerleştirilmesinin ardından yaşanacak olası çarpışmalarda önemli bir risk faktörüdür. Yörüngedeki cisimlerin sayısı Şekil 2.37'de gösterilmiştir. Gelecek projeksiyonlarında 100 yıl sonra 10 cm'den daha büyük cisim veya parçaların yaklaşık iki katına çıkması

beklenmektedir (ESA, 2025c). Bu durum yörünge taşımacılığının geleceğinde çevresel risklerin daha önemli olacağını göstermektedir. Uydu enkazlarının yanı sıra radyasyon, iyonlaşma, olumsuz hava koşulları ve asteroitler de önemli çevresel risklerdendir.



Şekil 1. Yörüngelerdeki Uzay Enkaz (Çöp) Yoğunluğu

Kaynak: ESA, (2025c).

Mevcut araştırmada çevresel riskler (Toraman, 2025a; Toraman ve Merdivenci 2025);

- Dünya'daki olumsuz hava koşullarından etkilenme riski
- Uzay'daki olumsuz hava koşullarından etkilenme riski
 - Güneş radyasyonu
 - Kozmik radyasyon
- İyonlaşma riski,
- Uzay çöpü (enkazı) ile çarpışma riski,
- Asteroit ile çarpışma riski,

vb. olarak sıralanabilir. Çevresel riskler, son süreçte birçok fırlatma faaliyetinin başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olmuştur. Örneğin; Falcon 9 güçlendiricisi başarılı bir fırlatmanın ardından deniz platformuna iniş yaparak görevini tamamlamıştır. Fakat deniz platformunun dünyadaki olumsuz hava koşulları (rüzgar ve dalga) nedeniyle devrilerek kullanılmaz hale gelmiştir (Toraman ve Merdivenci 2025).

Son olarak ABD Federal İletişim Komisyonu (Federal Communications Commission, FCC) tarafından 2022 yılında yayınlanan raporda kullanım ömrünü

tamamlayan uyduların yörüngeden çekilmesi için belirlenen süre 25 yıldan 5 yıla düşürülmüştür. Ayrıca raporda diğer önemli bir hususta uydu görev süresini tamamladığında yörüngeden çekileme imkanı bulunmayan uydular özelindedir. Kısaca uydunun kendi itki sistemleri bulunmuyorsa ve görev sonu yörüngeden çekilemeyecekse sürdürülebilir Uzay Trafik Yönetimini (UTY) sağlamak ve yörüngedeki enkaz oluşumunu azaltmak için 550-600 km üzerine çıkışına müsaade edilmemesi yönünde karar vermişlerdir (FCC, 2025). Yörünge taşımacılığında etkinlik ve verimlilik sağlayabilmek için evrensel riskleri azaltıcı tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Kaynakça

- ESA, (2025c). https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/ESA_Space_Environment_Report_2025/, Erişim Tarihi: 07.04.2025
- FCC, (2025). <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-22-74A1.pdf>, Erişim Tarihi: 31.07.2025
- Fuchs, H., & Wohinz, J. W. (2009). Risk management in logistics systems. *Advances in Production Engineering & Management*, 4(4), 233-242.
- Seastrom, J. W., Peercy Jr, R. L., Johnson, G. W., Sotnikov, B. J., & Brukhanov, N. (2004). Risk management in international manned space program operations. *Acta Astronautica*, 54(4), 273-279.
- Toraman, Y. (2025a). Space Logistics and Risks: A Study on Spacecraft. *Politeknik Dergisi*, 28(2), 573-584.
- Toraman. Y., & Merdivenci, F. (2025). Uzay Lojistiğinde Taşımacılık ve Risk. *Uzay Teknolojileri, Uygulamaları ve Lojistiği*, (I). içinde, 229-242, Nobel Bilimsel Eserler, Anakra

DOKUZUNCU BÖLÜM

UZAY LOJİSTİĞİ, TAŞIMA HUKUKU VE

SİGORTACILIK

9.1. Uzak Hukuku

Uzak lojistiği, uzayda bilimsel araştırma, keşif veya uzak görevlerinin ve uydular aracılığıyla haberleşme, iletişim, uzaktan algılama, vb. ticari faaliyetlerin gerçekleştirilebilmesi için Yakın Dünya Yörüngesinden (LEO) başlayarak malzeme, bilgi, mürettebat ve bilgi akışını yönetmek, uygulamak ve kontrol etmeyi ifade etmektedir. Uzak lojistiğinde tedarik sürecinden başlayarak üretim, depolama, taşıma, barınma, korunma, hizmet sağlanma vb. faaliyetlerin tamamını ifade etmektedir. Ayrıca görev bitiminde mürettebatın, uzayda toplanan örneklerin ve bilimsel verilerin başarıyla Dünya'ya dönüşünü (Re-Entry) ifade etmektedir. Bu kapsamlı süreçte birden fazla devletten özel veya kamu şirketlerinin aynı anda faaliyette bulunması hem uzak içinde hem de Dünya'da ikinci ve üçüncü taraflara olumsuz etkileri olabilmektedir. Farklı parametrelerin varlığı riskleri, bu riskler ise hak kaybına veya zarara neden olabilmektedir. Söz konusu hak kaybı hukukun özel bir alanı olan “Uzak Hukuku” kurallarıyla düzenlenmeye çalışılmıştır (AB, 2026).

Hukuk, ülkeler hem kendi iç işleyişini ve düzenini sağlamak hem de kişiler arasındaki ilişkiyi düzenleyerek toplumsal nizamı sağlamak adına, uyulmadığında ise cezai yaptırıma tabi olduğu ve uyulması zorunlu kurallar bütünüdür (Kelsen, 1957). Fakat uzak lojistiği ve taşımacılığı sürecinde birden fazla ülke, o ülkelerde yaşayan kişiler veya uzak faaliyetinin gerçekleştirilmesi nedeniyle süreçle ilgisi olmayan fakat faaliyet sonucu zarara uğrayan üçüncü ülkeler veya vatandaşları olabilir. Bu nedenle birden fazla ülkeyi ilgilendiren uzak faaliyetlerinin düzenlenebilmesi için uzak hukukunun uluslararası nitelikte olması ve uluslararası kabul görmesi gerekmektedir. Uzak hukukunda bilinen ilk çalışma Birleşmiş Milletler (BM) nezdinde gerçekleştirilmiştir (Akyol ve Burger Erdem, 2025).

Dış Uzayın Barışçıl Kullanım Komitesi (Committee on the Peaceful Uses of Outer Space-COPUOS) çalışmalarıyla uluslararası uzak hukukunun geliştirilmesi için 1959 yılında kurulmuştur. Bu komite BM nezdinde uzak hukuku çalışmalarına başlamıştır. Uzak Hukuku'nun temeli 27 Ocak 1967'de Birleşmiş Milletlerde imzaya açılan ve 10 Ekim 1967'de imzalanarak “Outer Space Treaty-Uzak Andlaşması” yürürlüğe girdiğinde atılmıştır (UNOOSA, 2026a). Türkiye'de ise 13.07.1967'de kabul edilmiş olup, 24.07.1967 tarihli 12655 sayısıyla Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Uluslararası

Uzay Andlaşmasının yanı sıra ulusal uzay faaliyetlerinin düzenlenmesinde BM’de kabul edilen beş andlaşma temel alınarak ABD, Çin, Rusya, Japonya, Hindistan, Lüksemburg, BAE vb. ülkeler iç hukuklarında kanun, yönetmelik ve yönergeler ile düzenlemiştir (Akyol ve Burger Erdem, 2025; Sarıkaya, 2020). Sonraki bölümde uzay andlaşmaları sırasıyla incelenecektir.

9.1.1. Dış Uzay Andlaşması - Outer Space Treaty (10 Ekim 1967)

Devletlerin Uzayda, Ay ve Diğer Gök Cisimleri Dahil Olmak Üzere, Araştırma ve Kullanım Faaliyetlerini Düzenleyen İlkeler Andlaşmasıyla, uluslararası uzay hukuku konusunda temel çerçeveyi oluşturmaktadır (UNOOSA, 2026a);

- a. Uzay araştırmaları ve kullanımı, tüm ülkelerin yararına ve çıkarlarına uygun olarak gerçekleştirilecek ve tüm insanlığın alanı olacaktır;
- b. Uzay, tüm devletlerin keşif ve kullanımına açık olacaktır;
- c. Uzay boşluğu, egemenlik iddiasıyla, kullanım veya işgal yoluyla ya da başka herhangi bir yolla ulusal mülkiyete konu edilemez;
- d. Devletler, nükleer silahları veya diğer kitle imha silahlarını yörüngeye veya gök cisimlerine yerleştiremez veya bunları başka herhangi bir şekilde uzaya konuşturamaz;
- e. Ay ve diğer gök cisimleri yalnızca barışçıl amaçlar için kullanılacaktır;
- f. Astronotlar insanlığın elçileri olarak kabul edilecektir;
- g. Devletler, ister hükümet kuruluşları ister hükümet dışı kuruluşlar tarafından yürütülsün, ulusal uzay faaliyetlerinden sorumlu olacaktır;
- h. Devletler, uzay cisimlerinin neden olduğu zararlardan sorumlu olacaktır;
- i. Devletler, uzayın ve gök cisimlerinin zararlı kirlenmesinden kaçınılmalıdır.

Madde I

Ay ve diğer gök cisimleri de dahil olmak üzere uzayın keşfi ve kullanımı, ekonomik veya bilimsel gelişmişlik düzeylerine bakılmaksızın tüm ülkelerin yararına ve çıkarlarına uygun olarak gerçekleştirilecek ve tüm insanlığın alanı olacaktır.

Ay ve diğer gök cisimleri de dahil olmak üzere uzay, her türlü ayrımcılık yapılmaksızın, eşitlik temelinde ve uluslararası hukuka uygun olarak tüm devletlerin keşif ve kullanımına açık olacaktır ve gök cisimlerinin tüm alanlarına serbest erişim sağlanacaktır.

Ay ve diğer gök cisimleri de dahil olmak üzere uzayda bilimsel araştırmalarda özgürlük sağlanacak ve Devletler bu tür araştırmalarda uluslararası işbirliğini kolaylaştıracak ve teşvik edecektir.

Madde II

Ay ve diğer gök cisimleri de dahil olmak üzere uzay, egemenlik iddiasıyla, kullanım veya işgal yoluyla veya başka herhangi bir yolla ulusal mülkiyete konu edilemez.

Madde III

Andlaşmaya taraf devletler, uluslararası barış ve güvenliğin korunması, uluslararası işbirliği ve anlayışın geliştirilmesi amacıyla, Birleşmiş Milletler Şartı da dahil olmak üzere uluslararası hukuka uygun olarak, ay ve diğer gök cisimleri de dahil olmak üzere uzayın araştırılması ve kullanımıyla ilgili faaliyetleri yürüteceklerdir

Madde IV

Andlaşmaya taraf devletler, Dünya'nın yörüngesine nükleer silah veya başka herhangi bir kitle imha silahı taşıyan cisimler yerleştirmemeyi, bu tür silahları gök cisimlerine kurmamayı veya bu tür silahları uzayda başka herhangi bir şekilde konuşlandırmamayı taahhüt ederler.

Ay ve diğer gök cisimleri, Andlaşmaya Taraf Tüm Devletler tarafından yalnızca barışçıl amaçlarla kullanılacaktır. Gök cisimleri üzerinde askeri üs, tesis ve tahkimat kurulması, her türlü silahın denenmesi ve askeri manevraların yapılması yasaktır. Askeri personelin bilimsel araştırma veya diğer barışçıl amaçlarla kullanılması yasaklanmayacaktır. Ay ve diğer gök cisimlerinin barışçıl keşfi için gerekli olan her türlü ekipman veya tesisin kullanımı da yasaklanmayacaktır.

Madde V

Andlaşmaya Taraf Devletler, astronotları uzayda insanlığın elçileri olarak kabul edecek ve kaza, tehlike veya başka bir Taraf Devletin topraklarında veya açık denizlerde acil iniş durumunda onlara mümkün olan her türlü yardımı sağlayacaktır. Astronotlar böyle bir iniş yaptıklarında, uzay araçlarının kayıtlı olduğu Devlete güvenli ve hızlı bir şekilde geri gönderilecektir.

Bir Taraf Devletin astronotları, uzayda ve gök cisimlerinde faaliyet yürütürken, diğer Taraf Devletlerin astronotlarına mümkün olan her türlü yardımı sağlamakla yükümlüdürler.

Andlaşmaya Taraf Devletler, uzayda, ay ve diğer gök cisimleri de dahil olmak üzere, astronotların yaşamı veya sağlığı için tehlike oluşturabilecek herhangi bir olguyu keşfettiklerinde, derhal Andlaşmaya Taraf diğer Devletleri veya Birleşmiş Milletler Genel Sekreterini bilgilendireceklerdir.

Madde VI

Andlaşmaya Taraf Devletler, ister devlet kurumları isterse devlet dışı kuruluşlar tarafından yürütölsün, uzayda, ay ve diğör gök cisimleri de dahil olmak üzere ulusal faaliyetlerden ve bu ulusal faaliyetlerin bu Andlaşmada belirtilen hükümlere uygun olarak yürütölmelerini sağlamaktan uluslararası sorumluluk taşırlar. Devlet dışı kuruluşların uzayda, ay ve diğör gök cisimleri de dahil olmak üzere faaliyetleri, Andlaşmaya Taraf ilgili Devlet tarafından yetkilendirilmeyi ve sürekli denetimi gerektirir. Uzayda, ay ve diğör gök cisimleri de dahil olmak üzere faaliyetler uluslararası bir kuruluş tarafından yürütöldüğünde, bu Andlaşmaya uyum sorumluluğu hem uluslararası kuruluşa hem de bu kuruluşa katılan Andlaşmaya Taraf Devletlere aittir.

Madde VII

Andlaşmaya taraf olan ve uzaya, ay ve diğör gök cisimleri de dahil olmak üzere, bir cisim fırlatan veya fırlatılmasını sağlayan her devlet ve bu cismin fırlatıldığı topraklara veya tesislere sahip olan her taraf devlet, söz konusu cisim veya bileşen parçalarının Dünya'da, havada veya uzayda, ay ve diğör gök cisimleri de dahil olmak üzere, diğör bir taraf devlete veya onun gerçek veya tüzel kişilerine verdiği zararlardan uluslararası olarak sorumludur.

Madde VIII

Andlaşmaya Taraf Devlet, uzaya fırlatılan bir cismin kayıtlarında yer aldığı devlet, uzayda veya bir gök cismi üzerinde bulunduğü süre boyunca, söz konusu cisim ve üzerindeki personel üzerinde yargı yetkisini ve kontrolünü elinde bulunduracaktır. Uzaya fırlatılan cisimlerin, bir gök cismi üzerine indirilen veya inşa edilen cisimler de dahil olmak üzere, ve bunların bileşen parçalarının mülkiyeti, uzayda veya bir gök cismi üzerinde bulunmaları veya Dünya'ya geri dönmeleriyle etkilenmez. Bu tür cisimler veya bileşen parçaları, kayıtlarında yer aldıkları Andlaşmaya Taraf Devletin sınırları dışında bulunursa, söz konusu Taraf Devlete iade edilir ve bu Devlet, talep üzerine, iadeden önce kimlik bilgilerini sağlayacaktır.

Madde IX

Ay ve diğör gök cisimleri de dahil olmak üzere uzayın araştırılması ve kullanımında, Andlaşmaya Taraf Devletler işbirliği ve karşılıklı yardım ilkesine göre hareket edecek ve uzayda, ay ve diğör gök cisimleri de dahil olmak üzere tüm faaliyetlerini, Andlaşmaya Taraf diğör tüm Devletlerin ilgili çıkarlarını dikkate alarak yürüteceklerdir. Andlaşmaya Taraf Devletler, uzayın, ay ve diğör gök cisimleri de dahil olmak üzere, zararlı kirlenmesini ve ayrıca Dünya'nın

çevresinde, dünya dışı maddelerin girişinden kaynaklanan olumsuz değişiklikleri önlemek amacıyla uzay araştırmaları yapacak ve keşiflerini gerçekleştirecek ve gerektiğinde bu amaçla uygun önlemler alacaktır. Bir Andlaşmaya Taraf Devlet, kendisi veya vatandaşları tarafından uzayda, ay ve diğer gök cisimleri de dahil olmak üzere planlanan bir faaliyet veya deneyin, diğer Taraf Devletlerin uzayın, ay ve diğer gök cisimleri de dahil olmak üzere, barışçıl araştırma ve kullanımındaki faaliyetlerine potansiyel olarak zararlı müdahalede bulunacağına inanmak için bir neden bulursa, bu tür bir faaliyet veya deneye başlamadan önce uygun uluslararası istişarelerde bulunacaktır. Andlaşmaya taraf bir devlet, başka bir taraf devletin uzayda, ay ve diğer gök cisimleri de dahil olmak üzere, planladığı bir faaliyet veya deneyin, uzayın, ay ve diğer gök cisimleri de dahil olmak üzere, barışçıl keşif ve kullanımına yönelik faaliyetlere potansiyel olarak zararlı müdahalede bulunacağına inanmak için gerekçesi varsa, söz konusu faaliyet veya deneye ilgili istişare talebinde bulunabilir.

Madde X

Bu Andlaşmanın amaçlarına uygun olarak, ay ve diğer gök cisimleri de dahil olmak üzere uzayın araştırılması ve kullanımında uluslararası işbirliğini teşvik etmek amacıyla, Andlaşmaya Taraf Devletler, diğer Taraf Devletlerin bu Devletler tarafından fırlatılan uzay cisimlerinin uçuşunu gözlemleme fırsatı verilmesi yönündeki taleplerini eşitlik temelinde değerlendireceklerdir. Bu gözlem fırsatının niteliği ve hangi koşullar altında verilebileceği, ilgili Devletler arasında yapılacak Andlaşma ile belirlenecektir.

Dış Uzay Andlaşması, toplam 17 maddedir ve diğer madde sürecin yürütülmesiyle ilgilidir.

9.1.2. Kurtarma Andlaşması - Rescue Agreement (3 Aralık 1968)

Astronotların Kurtarılması, Astronotların Geri Dönüşü ve Uzaya Fırlatılan Nesnelerin Geri Dönüşü Hakkında Andlaşma; Dış Uzay Andlaşması'nın V. ve VIII. maddelerinin unsurlarını detaylandıran Andlaşma, Devletlerin tehlikede olan astronotları kurtarmak ve onlara yardım etmek için mümkün olan tüm adımları atacaklarını ve onları derhal fırlatan Devlete geri göndereceklerini; ayrıca Devletlerin, talep üzerine, fırlatan Devletin toprakları dışında Dünya'ya geri dönen uzay cisimlerinin kurtarılmasında fırlatan Devletlere yardım sağlayacaklarını öngörmektedir (UNOOSA, 2026a);

Madde I

Sözleşmeye Taraf olan her bir ülke, kendi yetki alanındaki topraklarda, açık denizlerde veya herhangi bir devletin yetki alanı dışında kalan herhangi bir yerde,

bir uzay aracının personelinin kaza geçirdiğini, zor durumda kaldığını, acil iniş yaptığını veya istenmeyen bir iniş gerçekleştirdiğini öğrenirse veya bu durumu tespit ederse, derhal şunları yapacaktır:

- (a) Fırlatma yetkilisine bildirimde bulunmak veya fırlatma yetkilisini tespit edip derhal iletişime geçememesi durumunda, elindeki tüm uygun iletişim araçlarıyla derhal kamuoyuna duyuru yapmak;
- (b) Birleşmiş Milletler Genel Sekreterini bilgilendirmek; Genel Sekreter de elindeki tüm uygun iletişim araçlarıyla bilgiyi gecikmeksizin yaymalıdır.

Madde II

Kaza, tehlike, acil durum veya istenmeyen iniş nedeniyle bir uzay aracının personeli bir Sözleşmeye Taraf Devletin yetki alanındaki bir bölgeye inerse, söz konusu Devlet derhal onları kurtarmak ve gerekli tüm yardımı sağlamak için mümkün olan tüm adımları atacaktır. Attığı adımları ve ilerleyişini fırlatma yetkilisine ve Birleşmiş Milletler Genel Sekreterine bildirecektir. Fırlatma yetkilisinin yardımı, hızlı bir kurtarmaya yardımcı olacaksa veya arama ve kurtarma operasyonlarının etkinliğine önemli ölçüde katkıda bulunacaksa, fırlatma yetkilisi, arama ve kurtarma operasyonlarının etkin bir şekilde yürütülmesi amacıyla Sözleşmeye Taraf Devlet ile işbirliği yapacaktır. Bu tür operasyonlar, fırlatma yetkilisiyle yakın ve sürekli istişare içinde hareket edecek olan Sözleşmeye Taraf Devletin yönlendirmesi ve kontrolü altında olacaktır.

Madde III

Bir uzay aracının personelinin açık denizlere veya herhangi bir Devletin yargı yetkisi altında olmayan başka bir yere indiğine dair bilgi alınır veya bu durum tespit edilirse, bunu yapabilecek durumda olan Sözleşmeye Taraf Devletler, gerekirse, söz konusu personelin hızlı bir şekilde kurtarılmasını sağlamak için arama ve kurtarma operasyonlarında yardımda bulunacaklardır. Attıkları adımları ve ilerlemeyi fırlatma yetkilisine ve Birleşmiş Milletler Genel Sekreterine bildireceklerdir.

Madde IV

Kaza, tehlike, acil durum veya istenmeyen iniş nedeniyle bir uzay aracının personeli bir Sözleşmeye Taraf Devletin yetki alanına giren bir bölgeye inerse veya açık denizlerde ya da herhangi bir Devletin yetki alanı dışında başka bir yerde bulunursa, güvenli bir şekilde ve derhal fırlatma yetkili makamının temsilcilerine iade edilmelidir.

Madde V

1. Bir uzay cisminin veya bileşenlerinin kendi yetki alanındaki topraklara, açık denizlere veya herhangi bir Devletin yetki alanı dışında kalan herhangi bir yere Dünya'ya geri döndüğüne dair bilgi alan veya bunu keşfeden her bir Sözleşmeye Taraf Devlet, fırlatma yetkilisine ve Birleşmiş Milletler Genel Sekreterine bildirimde bulunacaktır.
2. Uzay cisminin veya bileşenlerinin bulunduğu bölge üzerinde yargı yetkisine sahip olan her bir Sözleşmeye Taraf Devlet, fırlatma makamının talebi üzerine ve talep edilmesi halinde bu makamın yardımıyla, cismi veya bileşenlerini kurtarmak için mümkün gördüğü adımları atacaktır.
3. Fırlatma yetkisinin talebi üzerine, uzaya fırlatılan cisimler veya bunların bileşen parçaları, fırlatma yetkisinin toprak sınırları dışında bulunursa, fırlatma yetkisinin temsilcilerine iade edilir veya onların kullanımına sunulur; bu temsilciler, talep üzerine, iadedden önce tanımlayıcı verileri sağlarlar.
4. Bu maddenin 2. ve 3. paragraflarına bakılmaksızın, yetki alanı altındaki topraklarda keşfedilen veya başka bir yerde kurtarılan bir uzay cisminin veya bileşenlerinin tehlikeli veya zararlı nitelikte olduğuna inanmak için gerekçesi bulunan bir Sözleşmeye Taraf Devlet, fırlatma yetkilisine bunu bildirebilir; bu yetkili, söz konusu Sözleşmeye Taraf Devletin yönlendirmesi ve kontrolü altında, olası zarar tehlikesini ortadan kaldırmak için derhal etkili adımlar atacaktır.
5. Bu maddenin 2. ve 3. paragrafları uyarınca bir uzay nesnesinin veya bileşenlerinin kurtarılması ve iadesine ilişkin yükümlülüklerin yerine getirilmesinde ortaya çıkan masraflar, fırlatma yetkilisi tarafından karşılanacaktır.

Kurtarma Andlaşması, toplam 10 maddedir ve diğer madde sürecin yürütülmesiyle ilgilidir.

9.1.3. Sorumluluk Sözleşmesi- Liability Convention (1 Eylül 1972)

Uzay Cisimlerinin Yol Açtığı Zararlardan Doğan Uluslararası Sorumluluk Sözleşmesi; Dış Uzay Andlaşması'nın VII. Maddesini detaylandıran Sorumluluk Sözleşmesi, Fırlatan Devletin, uzay cisimlerinin Dünya yüzeyinde veya uçaklarda neden olduğu hasarlar için tazminat ödemekle ve uzaydaki kusurlarından kaynaklanan hasarlar için de sorumlu olacağını öngörmektedir. Sözleşme ayrıca, tazminat taleplerinin çözülmesi için prosedürler de düzenlemektedir (UNOOSA, 2026a; TBMM, 2026);

Madde I

Bu Sözleşme'de yer alan:

- a) "Zarar" terimi insan hayatı kaybı, yaralanmalar ve insan sağlığına verilen diğer zararları veya devlet malları ile hükmi şahıslar ve hükümetlerarası kuruluşların mallarının kaybı ile bu mallara verilen zararları,
- b) "Fırlatma" terimi, fırlatma teşebbüsünü de içerir.
- c) "Fırlatan Devlet" terimi,
 - i - Bir uzay cismini fırlatan veya fırlattıran devleti,
 - ii - Ülkesinden veya tesislerinden uzay cismini fırlatılan devleti,
- d) "Uzay Cismi" terimi, bir uzay cismini meydana getiren kısımlarla, fırlatma aracı ve onu oluşturan kısımları içerir.

Madde II

Fırlatan Devlet, kendi uzay cisminin yeryüzünde ve uçuş halindeki uçaklara verdiği zararlar dan dolayı tazminat ödenmesinden mutlak olarak sorumlu olacaktır.

Madde III

Yeryüzünden başka bir yerde, bir Fırlatan Devletin uzay cismine veya uzay cismini içinde bulunan insanlara veya mallara, başka uzay cismini tarafından verilen zararlar da, zarar veren uzay cismini Fırlatan Devlet, zarar ancak kendisinin ve hareketlerinden sorumlu olduğu kişilerin herhangi bir kusurundan kaynaklanmı şsa sorumlu olur.

Madde IV

1- Yeryüzünden başka bir yerde, bir Fırlatan Devletin uzay cismine veya uzay cisminin içinde bulunan insanlar ve mallara, başka bir Devlet uzay cismini tarafından verilen zararlar da ve bu zarar nedeniyle bu üçüncü Devlete veya üçüncü Devletin hakiki ve hükmi şahıslarına zarar verilmesi halinde, ilk iki Devlet, üçüncü Devlete karşı, aşağıda belirtilen sınırlar içinde müştereken ve müteselsilen sorumlu olacaklardır:

- a) Üçüncü Devlete yeryüzünde ve üçüncü Devletin uçuş halindeki uçağına zarar verilmesi halinde, bu iki Devletin üçüncü Devlete karşı sorumlulukları mutlak tır.
- b) Eğer bir üçüncü Devletin uzay cismine veya uzay cisminin içinde bulunan insanlar ve mal lara yeryüzünden başka bir yerde zarar verilmiş se, bu iki Devletin üçüncü Devlete karşı sorum lulukları her birinin veya her birinin hareketlerinden sorumlu oldukları kişilerin kusuruna dayanır.

- 2- Bu maddenin birinci fıkrasında müşterek ve müteselsil sorumluluğun öngörüldüğü tüm durumlarda, verilen zarardan dolayı tazminat yükümlülüğü ilk iki Devlet arasında kusurlu oldukları oranda paylaştırılacaktır. Bu Devletlerden her birinin kusurunun ne kadar olduğu belirlenemezse, tazminat yükü eşit olarak paylaştırılır. Bu paylaşım, üçüncü Devletin, müştereken ve müteselsilen sorumlu olan fırlatan Devletlerden herhangi birisinden veya fırlatan Devletlerin tümünden Sözleşme'de öngörülen tazminatın tamamını istemesine engel teşkil etmeyecektir.

Madde V

- 1- İki veya daha çok Devlet bir uzay cismini birlikte fırlatırlarsa, bundan doğan tüm zararlar dan müştereken ve müteselsilen sorumlu olacaklardır.
- 2- Zararı tazmin eden bir Fırlatan Devletin, ortak fırlatmada yer alan diğer katılımcı Devletlere karşı rücu hakkı vardır. Ortak fırlatmaya katılan Devletler müştereken ve müteselsilen sorumlu ol dukları mali yükün paylaşımına ilişkin anlaşma yapabilirler. Bu anlaşmalar, zarar gören bir Dev letin, müştereken ve müteselsilen sorumlu olan Fırlatan Devletlerin birisinden veya hepsinden, iş bu Sözleşme'de öngörülen tazminatı talep etme hakkına halel getirmeyecektir.
- 3- Toprakları veya tesisleri uzay cisminin fırlatılmasında kullanılan bir Devlet, ortak fırlatmaya katılmış sayılır.

Madde VI

- 1- Bu maddenin 2. fıkrası hükmü saklı kalmak kaydıyla, Fırlatan Devlet, zararın tamamının veya bir kısmının, talep eden Devletin, bu Devletin temsil ettiği hakiki veya hükmi şahısların ağır ihmali sonucu veya zarar verme kasdı ile yapılmış bir eylem veya eksik işleminden meydana geldiğini is pat ettiği ölçüde mutlak sorumluluktan kurtulur.
- 2- Zararın, Fırlatan Devletin, özellikle Birleşmiş Milletler Şartı ile Ay ve Diğer Gök Cisimleri Dahil, Uzayın Keşif ve Kullanılmasında Devletlerin Faaliyetlerini Yöneten ilkeler Hakkında Anlaş ma da dahil olmak üzere, uluslararası hukuka uygun olmayan bir faaliyetinden ileri geldiği durum larda Fırlatan Devlet hiçbir şekilde sorumluluktan kurtulamaz.

Madde VII

Fırlatan Devletin uzay cisminin sebep olduğu zararlarda, işbu Sözleşme hükümleri,

- a) Fırlatan Devletin vatandaşlarına uygulanmayacaktır;

- b) Fırlatma anından sonra veya uzay cisminin düşmesine kadar olan zaman içerisinde uzay cisminin çalıştırılması işlemlerine katılan yabancı ülke vatandaşlarına veya Fırlatan Devletin daveti üzerine, uzay cisminin fırlatılması ve geri dönmesine tahsis edilen alanın çok yakınında bulunan yabancı ülke vatandaşlarına uygulanmaz.

Madde VIII

- 1- Zarara uğrayan veya hakiki veya hükmi şahısları zarar gören bir Devlet, bu zarardan dolayı Fırlatan Devlete tazminat talebinde bulunabilir.
- 2- Eğer uyrukluğunda bulundukları Devlet tazminat talebinde bulunmazsa, başka bir Devlet, topraklarında bulunan hakiki ve hükmi şahısların gördükleri zarar nedeniyle, Fırlatan Devletten tazminat talebinde bulunabilir.
- 3- Eğer ne uyrukluğunda bulundukları Devlet ne de toprakları üzerinde zarar meydana gelen Devlet tazminat talebinde bulunmaz veya bu yöndeki talebini belirten bir bildirimde bulunmazsa, başka bir Devlet, toprakları üzerinde devamlı oturan kişilerin uğradıkları zarar nedeniyle Fırlatan Devletten tazminat talebinde bulunabilir.

Madde IX

Fırlatan Devletten tazminat talebi, diplomatik kanallardan yapılacaktır. Fırlatan ilgili Devletle diplomatik ilişkisi bulunmayan her Devlet, bir üçüncü Devlete, tazminat talebinde bulunması ve Fırlatan Devlet nezdinde bu Sözleşme'den doğan menfaatlerini koruması için talepte bulunabilir. Talep eden Devlet, kendisinin ve Fırlatan Devletin, Birleşmiş Milletler üyesi olmaları kaydıyla, Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri aracılığı ile de talepte bulunabilir.

Madde X

- 1- Fırlatan Devletten, tazminat talebi zararın meydana gelmesinden veya sorumlu olan Fırlatan Devletin belirlenmesinden itibaren bir yıl içinde yapılabilir.
- 2- Eğer bir Devlet, zararın meydana geldiğinden haberdar değilse veya sorumlu Fırlatan Devleti tespit edememişse, sözkonusu fiilleri öğrendiği tarihten itibaren bir yıl içinde talebi kabul olunur. Ancak, hiçbir durumda, bu süre, sözkonusu Devletin gerekli özeni göstermesi halinde fiillerden haberdar olabileceği tarihten itibaren bir yılı geçemez.
- 3- Bu maddenin 1. ve 2. fıkralarında belirtilen süreler zararın kapsamının tam olarak bilinmediği durumlarda da uygulanır. Ancak böyle bir durumda, Talep Eden Devletin belirlenen tarihin ötesinde, zararın boyutlarının kesin

olarak belirlendiği andan itibaren bir yıllık sürenin bitimine kadar, talebini yeniden gözden geçirme ve ek belgeleri sunma hakkı vardır.

Madde XI

- 1- Bu Sözleşme dolayısıyla Fırlatan Devlete sunulacak tazminat talebi, Talep Eden Devlete, menfaatlerini temsil ettiği hakiki veya hükmi şahıslara açık olan iç hukuk yollarının önceden tüketilmesini gerektirmez.
- 2- İşbu Sözleşme'nin hiç bir hükmü bir devletin veya temsil edebileceği hakiki veya hükmi şahısların. Fırlatan Devletin adli veya idari mahkemelerine veya kurumlarına, bu Sözleşme dolayısıyla başvuru yapmalarına engel teşkil etmez. Ancak, bir Devlet, Fırlatan Devletin adli veya idari makamları nezdinde takip konusu yaptığı veya ilgili taraf Devletleri bağlayan diğer bir uluslararası Sözleşmenin uygulanması çerçevesinde daha önce tazminat talebinde bulunduğu zararlar için bu Sözleşme'ye göre ayrıca tazminat talebinde bulunamaz.

Madde XII

Fırlatan Devletin, bu Sözleşme dolayısıyla, zarar için ödemek zorunda olacağı tazminat mik tarı, zarar gören hakiki veya hükmi şahısların, Devlet veya Uluslararası Kuruluşların, eğer zarar meydana gelmeseydi elde edebilecekleri çıkarları ihya edecek şekilde, uluslararası hukuk ile adalet ve hakkaniyet ilkelerine uygun olarak, tespit edilir.

Madde XIII

Talep Eden Devlet ile bu Sözleşme dolayısıyla tazminat ödemek zorunda olan Devletin başka bir tazminat biçimi kararlaştırmadıkları hallerde, tazminat tutarı, Talep Eden Devletin parasıyla veya bu Devletin talebi üzerine, tazminatı ödemek zorunda olan devletin parasıyla ödenir.

Sorumluluk Andlaşması, toplam 28 maddedir ve diğer madde sürecin yürütülmesiyle ilgilidir.

9.1.4. Kayıt Sözleşmesi- Registration Convention (15 Eylül 1976)

Uzaya Fırlatılan Nesnelerin Kayıt Altına Alınmasına İlişkin Sözleşmesi; Dış Uzay, Kurtarma ve Sorumluluk Andlaşmalarında ifade edilen uzay cisimlerinin tanımlanmasına yardımcı olacak bir mekanizma sağlanması arzusuna dayanarak, Aralık 1961 tarihli 1721B (XVI) sayılı kararla kurulan Birleşmiş Milletler Uzaya Fırlatılan Cisimler Kaydı'nın kapsamını genişletti ve Taraf Devletlerin uzay cisimleriyle ilgili sorumluluklarına ilişkin konuları ele alınmıştır (UNOOSA, 2026a);

Madde I

1. Bu Sözleşmenin amaçları doğrultusunda:
 - (a) "Fırlatan Devlet" terimi şu anlama gelir:
 - i. Bir uzay cismini fırlatan veya fırlatılmasını sağlayan bir Devlet;
 - ii. Bir uzay cisminin fırlatıldığı toprak veya tesise sahip Devlet;
 - (b) "Uzay cismi" terimi, bir uzay cisminin bileşen parçalarının yanı sıra fırlatma aracını ve onun parçalarını da içerir;
 - (c) "Kayıt Devleti" terimi, II. maddeye uygun olarak bir uzay nesnesinin kaydının tutulduğu fırlatma Devleti anlamına gelir.

Madde II

1. Bir uzay cismi Dünya yörüngesine veya ötesine fırlatıldığında, fırlatan Devlet, tutacağı uygun bir sicile kayıt yoluyla uzay cismini tescil ettirecektir. Her fırlatan Devlet, bu sicilin kurulmasını Birleşmiş Milletler Genel Sekreterine bildirecektir.
2. Herhangi bir uzay cismi için iki veya daha fazla fırlatma devleti bulunması halinde, bu devletler , uzayın araştırılması ve kullanımıyla ilgili devletlerin faaliyetlerini düzenleyen ilkeler hakkındaki Andlaşmanın VIII. maddesinin hükümlerini göz önünde bulundurarak ve fırlatma devletleri arasında uzay cismi ve personeli üzerindeki yargı yetkisi ve kontrolüne ilişkin olarak akdedilmiş veya akdedilecek uygun anlaşmalara hâlel getirmeksizin, bu maddenin 1. paragrafına uygun olarak cismi hangisinin tescil ettireceğine birlikte karar vereceklerdir.
3. Her bir sicilin içeriği ve tutulma koşulları, ilgili sicilin kayıtlı olduğu devlet tarafından belirlenir.

Madde III

1. Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri, IV. maddeye uygun olarak verilen bilgilerin kaydedileceği bir Sicil tutacaktır.
2. Bu Sicildeki bilgilere tam ve açık erişim sağlanacaktır.

Madde IV

1. Her tescil devleti, tescilinde yer alan her uzay cismi hakkında Birleşmiş Milletler Genel Sekreterine mümkün olan en kısa sürede aşağıdaki bilgileri sunacaktır:
 - (a) Fırlatan Devlet veya Devletlerin adı;
 - (b) Uzay nesnesinin uygun bir tanımlayıcısı veya kayıt numarası;
 - (c) Fırlatma tarihi ve bölgesi veya konumu;
 - (d) Temel yörünge parametreleri, şunları içerir:

- i. Düğüm dönemi;
 - ii. Eğilim;
 - iii. Zirve;
 - iv. Perigee;
- (e) Uzay nesnesinin genel işlevi.
2. Her tescil devleti, zaman zaman Birleşmiş Milletler Genel Sekreterine, tescilinde yer alan bir uzay nesnesiyle ilgili ek bilgiler sağlayabilir.
 3. Her tescil devleti, daha önce bilgi ilet  ti  i ve bir zamanlar Dünya yörüngesinde olup artık olmayan uzay cisimleri hakkında, mümkün olan en geniş ölçüde ve en kısa sürede Birleşmiş Milletler Genel Sekreterine bildirimde bulunacaktır.

Madde V

Dünya yörüngesine veya ötesine fırlatılan bir uzay cismi, IV. maddenin 1. fıkrasının (b) bendinde belirtilen tanımlayıcı veya kayıt numarasıyla veya her ikisiyle işaretlendiğinde, kayıt devleti, uzay cismi hakkındaki bilgileri IV. maddeye uygun olarak sunarken bu durumu Genel Sekretere bildirir. Bu durumda, Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri bu bildirimini Sicilde kaydeder.

Kayıt Andlaşması, toplam 12 maddedir ve diğer madde sürecin yürütülmesiyle ilgilidir.

9.1.5. Ay Andlaşması - Moon Agreement (11 Temmuz 1984)

Devletlerin Ay ve Diğer Gök Cisimleri   zerindeki Faaliyetlerini Düzenleyen Andlaşma; Ay ve diğer gök cisimlerine uygulanan Uzay Anlaşması'nın birçok hükümünü yeniden teyit etmekte ve detaylandırmaktadır; bu hükümlere göre, söz konusu cisimler yalnızca barışçıl amaçlarla kullanılmalı,   vreleri bozulmamalı ve Birleşmiş Milletler, bu cisimler üzerinde kurulacak herhangi bir istasyonun yeri ve amacı hakkında bilgilendirilmelidir. Ayrıca, Anlaşma, Ay ve doğal kaynaklarının insanlığın ortak mirası olduğunu ve bu kaynakların sömürülmesinin mümkün hale gelmesi durumunda, bu kaynakların sömürülmesini düzenleyecek uluslararası bir rejimin kurulması gerektiğini belirtmektedir (UNOOSA, 2026a);

Madde I

1. Bu Anlaşmanın Ay ile ilgili hükümleri, Dünya hariç olmak üzere, güneş sistemindeki diğer gök cisimleri için de geçerli olacaktır; ancak bu gök cisimlerinden herhangi biriyle ilgili olarak özel yasal normlar yürürlüğe girdiği ölçüde bu durum geçerli değildir.

2. Bu Anlaşma kapsamında Ay'a yapılan atıf, Ay'ın etrafındaki yörüngeleri veya Ay'a doğru veya Ay'ın etrafındaki diğer yörüngeleri de içerecektir.
3. Bu Anlaşma, doğal yollarla yeryüzüne ulaşan dünya dışı maddeler için geçerli değildir.

Madde II

Ay üzerindeki tüm faaliyetler, keşif ve kullanım da dahil olmak üzere, uluslararası hukuka, özellikle Birleşmiş Milletler Şartı'na uygun olarak ve Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından 24 Ekim 1970'te kabul edilen, uluslararası barış ve güvenliğin korunması, uluslararası işbirliği ve karşılıklı anlayışın geliştirilmesi ve diğer tüm Taraf Devletlerin ilgili çıkarlarının gözetilmesi amacıyla Devletler Arasında Dostane İlişkiler ve İşbirliğine İlişkin Uluslararası Hukuk İlkeleri Bildirgesi'ni dikkate alarak gerçekleştirilecektir.

Madde III

1. Ay, tüm Taraf Devletler tarafından yalnızca barışçıl amaçlarla kullanılacaktır.
2. Ayda herhangi bir tehdit, güç kullanımı veya başka herhangi bir düşmanca eylem veya düşmanca eylem tehdidi yasaktır. Aynı şekilde, Dünya, Ay, uzay araçları, uzay aracı personeli veya insan yapımı uzay cisimleriyle ilgili olarak bu tür bir eylemi gerçekleştirmek veya bu tür bir tehditte bulunmak için Ay'ı kullanmak da yasaktır.
3. Taraf Devletler, nükleer silahlar veya diğer kitle imha silahlarını taşıyan nesneleri Ay'ın yörüngesine veya çevresindeki başka bir yörüngeye yerleştirmeyecek veya bu tür silahları Ay'da veya Ay'ın içinde kullanmayacaklardır.
4. Ayda askeri üs, tesis ve tahkimat kurulması, her türlü silahın denenmesi ve askeri manevraların yapılması yasaktır. Askeri personelin bilimsel araştırma veya diğer barışçıl amaçlarla kullanılması yasaklanmamıştır. Ayın barışçıl keşfi ve kullanımı için gerekli olan her türlü ekipman veya tesisin kullanımı da yasaklanmamıştır.

Madde IV

1. Ayın keşfi ve kullanımı tüm insanlığın alanı olacak ve ekonomik veya bilimsel gelişmişlik düzeylerine bakılmaksızın tüm ülkelerin yararına ve çıkarları doğrultusunda gerçekleştirilecektir. Birleşmiş Milletler Şartı'na uygun olarak, mevcut ve gelecek nesillerin çıkarlarına ve daha yüksek yaşam standartlarının ve ekonomik ve sosyal ilerleme ve kalkınma koşullarının teşvik edilmesi ihtiyacına gereken özen gösterilecektir.

2. Taraf Devletler, Ay'ın araştırılması ve kullanımıyla ilgili tüm faaliyetlerinde işbirliği ve karşılıklı yardımlaşma ilkesine göre hareket edeceklerdir. Bu Anlaşma uyarınca uluslararası işbirliği mümkün olduğunca geniş kapsamlı olmalı ve çok taraflı, ikili veya uluslararası hükümetlerarası kuruluşlar aracılığıyla gerçekleştirilebilir.

Madde V

1. Taraf Devletler, mümkün ve uygulanabilir en geniş ölçüde, Ay'ın keşfi ve kullanımıyla ilgili faaliyetleri hakkında Birleşmiş Milletler Genel Sekreteri'ni, kamuoyunu ve uluslararası bilim camiasını bilgilendireceklerdir. Ay'a yönelik her bir görevle ilgili olarak, fırlatıldıktan hemen sonra zaman, amaçlar, konumlar, yörtünge parametreleri ve süreye ilişkin bilgiler verilecek; bilimsel sonuçlar da dahil olmak üzere her bir görevin sonuçlarına ilişkin bilgiler ise görevin tamamlanmasının ardından verilecektir. Altmış günden uzun süren bir görev söz konusu olduğunda, bilimsel sonuçlar da dahil olmak üzere görevin yürütülmesine ilişkin bilgiler otuz günlük aralıklarla periyodik olarak verilecektir. Altı aydan uzun süren görevler için ise, bu bilgilere yalnızca önemli eklemeler daha sonra bildirilmelidir.
2. Bir Taraf Devlet, başka bir Taraf Devletin aynı bölgede veya Ay çevresindeki aynı yörüngede veya Ay'a doğru veya Ay çevresindeki aynı güzergahta eş zamanlı olarak faaliyet göstermeyi planladığını öğrenirse, diğer Devleti kendi faaliyetlerinin zamanlaması ve planları hakkında derhal bilgilendirecektir.
3. Taraf Devletler, bu Anlaşma kapsamındaki faaliyetlerini yürütürken, insan hayatını veya sağlığını tehlikeye atabilecek uzayda (ay dahil) keşfettikleri her türlü olguyu ve organik yaşam belirtilerini derhal Genel Sekretere, kamuoyuna ve uluslararası bilim camiasına bildireceklerdir.

Madde VI

1. Tüm Taraf Devletler, hiçbir ayrımcılık yapılmaksızın, eşitlik temelinde ve uluslararası hukuka uygun olarak Ay'da bilimsel araştırma yapma özgürlüğüne sahip olacaklardır.
2. Bilimsel araştırmalar yürütürken ve bu Anlaşmanın hükümlerini uygularken, Taraf Devletler Ay'dan mineral ve diğer maddelerden örnekler toplama ve çıkarma hakkına sahip olacaklardır. Bu örnekler, bunların toplanmasına neden olan Taraf Devletlerin emrinde kalacak ve onlar tarafından bilimsel amaçlarla kullanılabilir. Taraf Devletler, bu örneklerin bir kısmının diğer ilgili Taraf Devletlere ve uluslararası bilim

camiasına bilimsel araştırmalar için sunulmasının arzu edilirliliğini dikkate alacaklardır. Taraf Devletler, bilimsel araştırmalar sırasında, görevlerini desteklemek için uygun miktarlarda Ay'ın mineral ve diğler maddelerini de kullanabilirler.

3. Taraf Devletler, mümkün ve uygulanabilir en geniş ölçüde, Ay'a yapılacak keşif gezilerinde veya Ay'daki tesislerde görev alacak bilimsel ve diğler personelin değışiminin arzu edilirliliğı konusunda mutabık kalırlar.

Madde VII

1. Ay'ın araştırılması ve kullanımında, Taraf Devletler, söz konusu çevreye olumsuz değışiklikler getirerek, evre dışı maddelerin girişi yoluyla zararlı kirlenmeye neden olarak veya başka şekillerde, mevcut evre dengesinin bozulmasını önlemek için önlemler alacaklardır. Taraf Devletler ayrıca, dünya dışı maddelerin girişi yoluyla veya başka şekillerde, dünyanın çevresini zararlı şekilde etkilemekten kaçınmak için de önlemler alacaklardır.
2. Taraf Devletler, bu maddenin 1. paragrafı uyarınca aldıkları tedbirleri Birleşmiş Milletler Genel Sekreterine bildirecek ve ayrıca, mümkün olan en geniş ölçüde, Ay'a yerleştirdikleri tüm radyoaktif maddeleri ve bu yerleştirmelerin amaçlarını önceden kendisine bildireceklerdir.
3. Taraf Devletler, diğler Taraf Devletlere ve Genel Sekretere, diğler Taraf Devletlerin haklarına hanel getirmeksizin, bu alanların uluslararası bilimsel koruma alanları olarak belirlenmesi ve Birleşmiş Milletlerin yetkili organlarıyla iştişare edilerek özel koruma düzenlemelerinin kararlaştırılması hususunda değerlendirme yapılabilmesi için, ayın bilimsel açıdan özel öneme sahip bölgeleri hakkında rapor vereceklerdir.

Madde VIII

1. Taraf Devletler, bu Anlaşmanın hükümlerine tabi olmak kaydıyla, Ay'ın yüzeyinde veya altında herhangi bir yerde Ay'ın araştırılması ve kullanımıyla ilgili faaliyetlerini sürdürebilirler.
2. Bu amaçlar doğrultusunda Taraf Devletler özellikle şunları yapabilirler:
 - (a) Uzay araçlarını aya indirmek ve aydan fırlatmak;
 - (b) Personellerini, uzay araçlarını, ekipmanlarını, tesislerini, istasyonlarını ve kurulumlarını Ay yüzeyinin herhangi bir yerine veya altına yerleştirmek.
1. Personel, uzay araçları, ekipman, tesisler, istasyonlar ve kurulumlar, Ay yüzeyinin üzerinde veya altında serbestçe hareket edebilir veya hareket ettirilebilir.

2. Taraf Devletlerin bu maddenin 1. ve 2. paragraflarına uygun faaliyetleri, diğer Taraf Devletlerin ay üzerindeki faaliyetlerine müdahale etmeyecektir. Böyle bir müdahalenin meydana gelebileceği durumlarda, ilgili Taraf Devletler bu Anlaşmanın 15. maddesinin 2. ve 3. paragraflarına uygun olarak istişarelerde bulunacaklardır.

Ay Andlaşması, toplam 21 maddedir ve diğer madde sürecin yürütülmesiyle ilgilidir.

Dış Uzak, Kurtarma, Sorumluluk, Kayıt ve Ay Andlaşmalarının her biri, uzayın, uzayda yürütülen faaliyetlerin ve uzaydan elde edilebilecek her türlü faydanın, uluslararası iş birliğini teşvik etmeye vurgu yaparak, tüm ülkelerin ve insanlığın refahını artırmaya adanması gerektiği fikrini vurgulamaktadır. Uluslararası uzay hukukunu oluşturan beş andlaşma ile herhangi bir ülkenin uzayı sahiplenmemesi, silah kontrolü, keşif özgürlüğü, uzay cisimlerinin neden olduğu hasarlardan sorumluluk, uzay araçlarının ve astronotların güvenliği ve kurtarılması, uzay faaliyetlerine ve çevreye zararlı müdahalelerin önlenmesi, uzay faaliyetlerinin bildirilmesi ve kayıt altına alınması, uzayda bilimsel araştırma ve doğal kaynakların kullanımı ve anlaşmazlıkların çözümü gibi konuları ele almakta düzenlemekte ve cezai müeyyideleri ortaya koymaktadır (UNOOSA, 2026a).

9.2. Uzay Taşımacılığı ve Sorumluluklar

Uzay lojistiği ve taşımacılık faaliyetlerinden doğan sorumluluklar Dış Uzay Andlaşması ve Sorumluluk Sözleşmesiyle hukuki çevresi belirlenmiştir. Diğer bölümlerde uzay taşımacılığı detaylı olarak incelenmiştir. Bu kısımda ise birçok riski barındırdığı için uzay taşımacılığı sürecinde doğacak zarardan kimin veya kimlerin sorumlu olacağı ve zararın tanzimi için izlenecek yol incelenecektir.

Uzay faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi sürecinde uzay cisminin, uzay cismine, uzay cismi içinde bulunan insanlara veya mallara, uzayda ya da yeryüzünde her türlü cisme verilecek zararlardan dolayı tazminat ödenmesinden mutlak olarak sorumluları bulunmaktadır. Bu sorumluluk ilk olarak Dış Uzay Andlaşmasının VII maddesi ve ilgili maddenin detaylandırılmasıyla ortaya çıkan “Sorumluluk Sözleşmesiyle” de uzay faaliyetlerinden dolayı ortaya çıkan zararın ve giderilmesinin çözüm yolu ve süreci düzenlenmiştir.

Uzay taşımacılığı; yer taşımacılığı, yörünge taşımacılığı, yörüngeler arası taşımacılık, yörünge dışı taşımacılık ve tersine taşımacılık ile Dünya’ya geri dönüş süreci gibi birden fazla taşıma aşamalarından oluşmaktadır. Bu taşıma sürecinin farklı aşamalarında doğacak zararın sorumluluğu da farklılaşmaktadır.

9.2.1. Yer Taşımacılığı, Sorumluluk ve Sigortalama

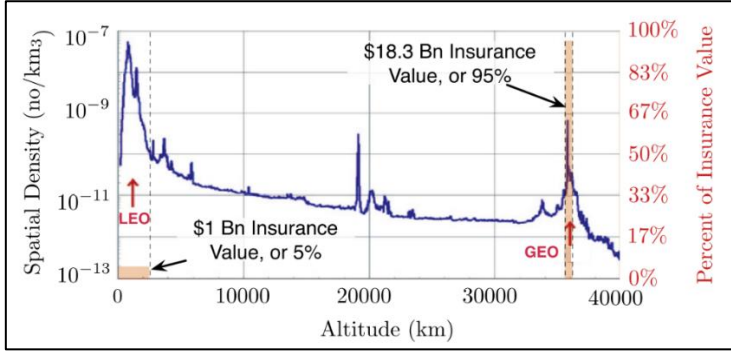
Yer taşımacılığı, uzay taşımacılığının ilk aşamasını oluşturmaktadır. Uzay aracı, uydu, teleskop veya farklı bilimsel Faydalı yüklerin üretim alanlarından fırlatma alanlarına doğru taşınmasını ifade etmektedir. Fırlatma öncesinde taşımacılık süreci yeryüzünde gerçekleştiği için dış kaynak kullanılan firmanın sorumluluğundadır. Bu kapsamda genelde taşımaya konu olan faydalı yüke taşıma sigortası kapsamına alınır. Fakat kapsamlı bir sigortalama yapıldığında fırlatma hazırlık süreci de dahil edilerek tüm fırlatma hazırlık süreçleri dahil edilerek roketin motorlarının ateşlenerek harekete geçince teminat sona erer. (Munichre, 2026).

Uzaya erişimin ardından artan faaliyetlerle, 1960'lerden itibaren uzay sigortacılığı ve poliçeler hazırlanmıştır. Özel firmaların da uzaya olan ilgisinin artmasıyla şirketlerin özellikle uzay araçlarının kaybı nedeniyle sigortalama ihtiyacını doğurmuştur. Uzayın yeni bir ticari alan haline gelmesi uzay sigortacılığını da geliştirmiştir (Hall, 2007) Uzay sigortacılığı, uzayda veya yeryüzünde varlıklara verilen hasar ve yükümlülükleri karşılanmasını ifade etmektedir. Yükümlülükler ve hasardan doğacak tazminat özellikle Uzay Hukukunda Dış Uzay Andlaşması ve Sorumluluk Sözleşmesi kapsamında belirlenmiştir. Uzay sigortacılığında ana referans noktası BM'de kabul edilen Uzay Hukukunun temelini oluşturan andlaşmalardır. Başlangıçta fırlatma sırasında meydana gelen kazaları konu alan uzay sigortacılığı, fırlatma sürecinde meydana gelen kazalar ve sorumlulukları, yörüngede gerçekleşen kazalar ve üçüncü taraflara verilen hasar veya yeniden yörüngeye girerek karada, denizde ya da uçaklarda bulunan insanlara veya mülklere verilen hasarı konu edinmiştir. (Hall, 2007; Wang, 2016).

9.2.2. Yörünge Taşımacılığı, Sorumluluk ve Sigortalama

Yörünge, yörüngeler arası, yörünge dışı, uzaydaki bir cisme veya gezegene gerçekleştirilecek taşımacılığı, uzay taşımacılığında roketin motorlarının ateşlenmesiyle başlayarak hedeflenen yörüngeye veya cisme erişip faydalı yüklerini bırakmasıyla veya faaliyete başlanmasıyla tamamlanmaktadır.

Bu kapsamda yine yörünge taşımacılığı sigortasıyla, taşımacılık sürecinde faydalı yükün görebileceği zarar teminat altına alınmış olur. Ayrıca faydalı yükün yörünge içerisinde görevi sürecinde ayrıca sigortalanarak teminat altına alınabilir. Ayrıca uzay cisimlerinin uzayda faaliyetlerine başladıktan sonra süreç içerisinde irtibatın kopması veya kontrolün kaybedilmesi nedeniyle diğer uzay cisimlerine veya dünyada neden olacağı zararları kapsayan sigorta poliçeleri de bulunmaktadır.



Şekil 1. LEO'dan GEO'ya Enkaz Yoğunluğu

Kaynak: (Toraman, 2025).

Şekil 1'de gösterildiği gibi LEO ve GEO faaliyetlerinin yoğun olması özellikle uzay enkazlarının bu yörüngelerde artmasına neden olmuştur. Uzay enkazı çevresel riski beraberinde getirmektedir. Bu durum ise uzay araçlarının çarpışmalara karşı direncinin artırılmasına neden olmuştur. Ayrıca çarpışma riskinin olması uyduların sigorta maliyetlerini de artırmıştır. Riskler ayrıca maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Sigorta maliyetleri de Şekil 1'de gösterilmiştir. LEO'da uydu faaliyet yoğunluğun yüksek olmasına rağmen toplam sigorta değerinin %5 olması yüksek ticari değere sahip uyduların GEO'da olmasıyla açıklanabilir (Toraman, 2025).

Ayrıca son süreçte uzay yolculuklarının sadece bilimsel faaliyetlerden ibaret olmadığı bilinen bir gerçekliktir. Uzay seyahatleri, yörünge otelleriyle kısa süreli turizm aktiviteleri riskin yüksek olduğu bir alan olması nedeniyle uzay sigortacılığının kapsamını genişletmektedir. Uzay turizm faaliyetlerinin artması için sigorta poliçelerinin geliştirilmesi ayrıca büyük bir öneme sahiptir (Bensoussan, 2010).

9.2.2.1. Uzay Taşımacılığı ve Sorumluluk

Uzay hukuku uluslararası bir nitelikte olduğu için anlaşma gereği ortaya çıkan zayıftan devletler sorumludur. Uluslararası uzay hukukunda yörünge taşımacılığı sürecinde, uzay cisminin (roket) başka bir uzay cismine (üçüncü ülke), uzay cismi içinde bulunan insanlara veya mallara veya yeryüzünde herhangi bir cisme ya da kişiye verilen zararlardan dolayı tazminat ödemesinden mutlak sorumlu olacaktır. Uzay cismi, uzay aracı, uydu veya farklı bir faydalı yük olabilir.

Burada önemli olan husus ise roketin fırlatıldığı ülkedir. Eğer fırlatan ülkede ikinci bir ülke fırlatmayı gerçekleştirdiyse, fırlatmanın yapıldığı ülke ve

fırlatmayı gerçekleştiren ülke üçüncü bir devlete karşı müteselsilen sorumludur. Fırlatmayı zel bir işletme gerçekleştirdiyse fırlatmanın yapıldığı devlet fırlatmayı gerçekleştiren ülkeye, fırlatmayı gerçekleştiren ülke ise yerleşik firmaya zararı rücu ettirebilir. Söz konusu iki devlet zarardan sorumlu olduğu kısım kusurlu olduğu oranla sınırlıdır. Kusur oranı belirlenemezse iki devlette eşit oranda sorumluluk sahibidir. Ortak fırlatmalarda ise ortakların tamamı kusurlu sayılır ve tazminatı kusuru oranında sorumlu olacaklardır. Zararın tamamını tazmin eden devlet diğer ortakla rücu etme hakkı vardır.

Ancak fırlatman yapılmasından sonra zarar gören devletin, ağır ihmali sonucu veya zarar verme kastı ile yapılmış bir eylem veya eksik işleminden meydana geldiği fırlatan devlet tarafından ispat ettiği ölçüde mutlak sorumluluktan kurtulur.

Fırlatan devletin uzay cisminin, kendi ülke vatandaşlarına zarar verdiğinde uzay hukuku uygulanmaz. Ayrıca uzay cisminin çalıştırılmasını ve uzaydaki operasyonunu geekleştiren yabancı ülke vatandaşları (personel) ve uzay cisminin geri dönüşü için tahsis edilen alanın yakınında bulunan yabancı ülke vatandaşları için uygulanmaz.

Geçmişte uzay faaliyetlerinde yaşanılan olumsuzluğun verdiği zarar nedeniyle uzay hukuku şu şekilde uygulanmıştır. Sovyetler Birliği’nin ait nükleer reaktörü bulunan Kosmos-954 isimli uydusu 24 Ocak 1978’de atmosfere yeniden girdiğinde parçalanarak Kanada’nın kuzey bölgelerine düşmüştür. Radyoaktif enkazın Kanada topraklarına düşmesi sonucu nedeniyle oluşan zararlar için Kanada uluslararası uzay hukuku kapsamında tazminat talebinde bulunmuştur. Talebin gerekçesi ise sorumluluk sözleşmesiyle açıklanmıştır. Dava aılması ve sorumluluğun belirlenmesi ardından 1981’de Sovyetler Birliği ve Kanada anlaşmışlardır. Sovyetler Birliği’nin 3.000.000 milyon Kanada doları tazminat ödemesini iki tarafta kabul etmiştir (UNOOSA, 2026a).

Verilen örnekte ve 9.1. bölümünde Uzay Hukuk’unu oluşturan maddeler incelendiğinde zarara neden olan uzay cisminin sahibi ve fırlatıldığı ülke oluşacak zarardan sorumludur. Uzay cisimlerindeki mülkiyet kavramı 1976’daki kayıt sözleşmesindeki *“Bir uzay cismi Dünya yörüngesine veya ötesine fırlatıldığında, fırlatan Devlet, tutacağı uygun bir sicile kayıt yoluyla uzay cismini tescil ettirecektir. Her fırlatan Devlet, bu sicilin kurulmasını Birleşmiş Milletler Genel Sekreterine bildirecektir.”* II. Madde zararın tanzimi için oldukça önemlidir. Uzay cisminin kaydı zararın tazmini açısından bu nedenle önemlidir.

Son olarak Türk Uzay Ajansı (TUA) koordinasyonunda, Somali’de kurulması planlanan Türk Uzay ss projesi, ROKETSAN’ın şimşek-1 ve şimşek-2 roketleri, Delta V’nin uzay motoru teknolojisi, TUSAş’ın büyük uydu üretim kabiliyeti, Tübitak Uzay’ın Ay projesi ve uzay teknolojisi üretim kabiliyeti,

Fergani'nin "Uluğ Bey" isimli Navigasyon uyduları, YTA'sı ve ASELSAN, GUMUSH Aerospace, Hello Space, Plan-S gibi yerleşik ticari firmaların küçük uydu üretim kabiliyeti bir bütünün farklı parçalarını oluşturmaktadır. Türkiye'deki uzay çalışmaları incelendiğinde 3. Parti Lojistik (3PL) kapsamında hizmet alınabilecek yerli bir firmanın bulunmadığı gözlemlenmiştir. Gelecekte Türk Uzay Üssünden fırlatma sürecinde Şimşek roketlerinin yörünge taşımacılığı operasyonlarına destek olabilecek 3 PL firmalarının da hazırlıklarına başlaması gerekmektedir.

Türkiye'nin Savunma sanayisinden edindiği tecrübenin uzay endüstrisine aktarılması ve uzay faaliyetlerine başlanılarak ekonomik gelir elde edilmesi, Türkiye'nin ekonomisine ve Gayri Safi Milli Hasılasına (GSMH) pozitif etki sunacaktır. Uzay lojistiği ve taşımacılık uzaya erişimin ilk aşaması olması nedeniyle alanda gerçekleştirilecek benzer çalışmaların lojistik literatürüne ve akademik çalışmalara ve Türk uzay endüstrisine katkı sunması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- AB, (2026). <https://edb.adalet.gov.tr/Resimler/SayfaDokuman/266202015423110-GENELHUKUK.pdf>, Erişim Tarihi: 07.01.2026
- Akyol, A., ve Burger Erdem, M. (2025). Uzak Lojistiği ve Uzak Hukuku. Toraman (Ed.), (s. 243-262). Nobel Bilimsel Eserler.
- Bensoussan, D. (2010). Space tourism risks: A space insurance perspective. *Acta Astronautica*, 66(11-12), 1633-1638.
- Hall, G. E. (2007). Space debris—an insurance perspective. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part G: Journal of Aerospace Engineering*, 221(6), 915-924.
- Kelsen, H. (1957). MAHZ “HUKUK NAZARİYESİ” NEDİR?. *Journal of Istanbul University Law Faculty*, 22(1-4), 398-417.
- Munichre, (2026). <https://www.munichre.com/en/solutions/for-industry-clients/space-and-satellite-insurance-solutions.html>, Erişim Tarihi: 08.01.2026
- Sarıkaya, S. (2020). *Uzak Hukuku ve Türkiye*. Nobel Bilimsel Eserler.
- UNOOSA, (2026a). <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork>, Erişim Tarihi: 08.01.2026
- UNOOSA, (2026b). https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/nationalspacelaw/bi-multi-lateral-agreements/can_ussr_001.html?utm_source=chatgpt.com
- Resmî Gazete, (2026). https://www5.tbmm.gov.tr/tutanaklar/KANUNLAR_KARARLAR/kanuntbmmc050/kanuntbmmc050/kanuntbmmc05000902.pdf, Erişim Tarihi: 08.10.2025
- TBMM, (2026). <https://www5.tbmm.gov.tr/tutanaklar/TUTANAK/TBMM/d22/c047/tbmm22047081ss0409.pdf>, Erişim Tarihi: 08.10.2025
- Toraman, Y. (2025). Space Logistics and Risks: A Study on Spacecraft. *Politeknik Dergisi*, 28(2), 573-584. <https://doi.org/10.2339/politeknik.1472919>
- Wang, T. (2016). A liability and insurance regime for space debris mitigation. *Science & Global Security*, 24(1), 22-36.