

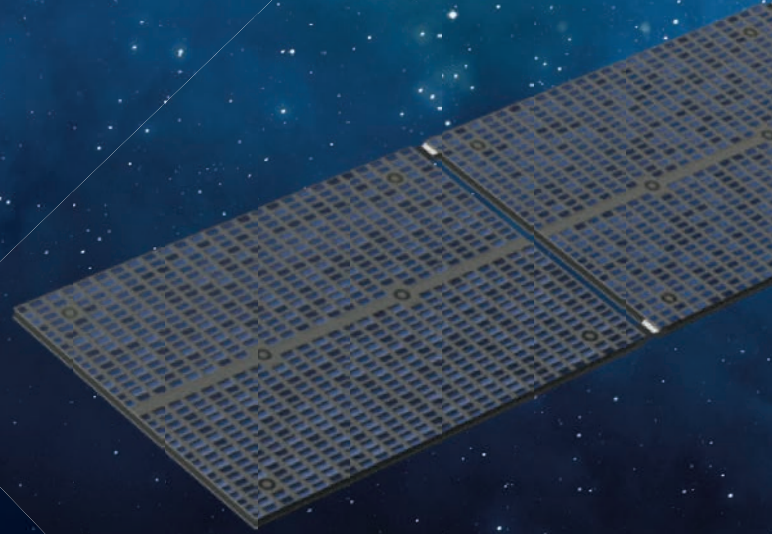
# TÜRKSAT 6A

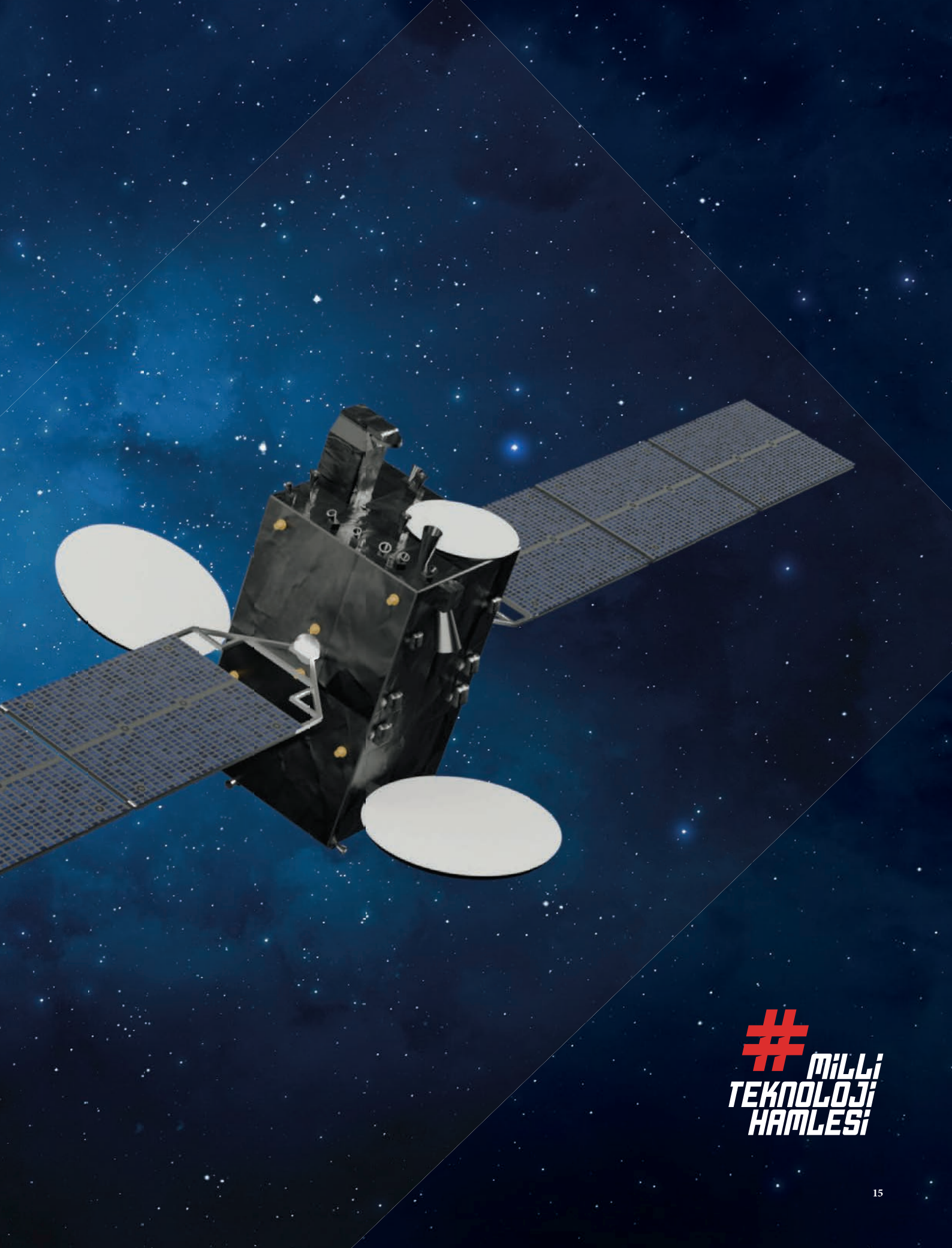
## Türkiye'nin İlk Yerli ve Millî Haberleşme Uydusu Uzayda

Dr. Özlem Kılıç Ekici [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Türk mühendisleri ve teknisyenleri tarafından geliştirilen TÜRKSAT 6A, 9 Temmuz 2024'te SpaceX firmasının Falcon 9 roketi ile fırlatılarak uzaydaki yolculuğuna başladı.

TÜBİTAK UZAY'daki yer istasyonunda tüm süreci anbean takip eden ekibin verdiği ateşleme ve manevra komutları sayesinde uzayda tamamen kendi sistemleriyle görev yapacağı yörüngesine ulaşan ilk yerli yer sabit (jeosenkron) uydumuz TÜRKSAT 6A ile birlikte ülkemiz kendi ürettiği haberleşme uydusunu uzayda işleten 11 ülkeden birisi oldu.





# **MILLI**  
**TEKNOLOJİ**  
**HAMLESİ**



**T**ürkiye’de uzay araştırmaları kurulan gözlemevleri, tedarik edilen haberleşme ve geliştirilen yer gözlem uyduları ile başladı. Ülkemiz açısından özellikle son birkaç yıldır uzay araştırmalar ve teknolojileri alanındaki çalışmalarda hepimizi gururlandıran ve heyecanlandıran başarılar imza atıyoruz.

Türkiye Uzay Ajansı (TUA) 13 Aralık 2018 tarihinde faaliyetlerine başladı. Milli Uzay Programı kapsamında gelecek on yıl için belirlenen hedefler ve Türkiye’nin uzaydaki yol haritası da 9 Şubat 2021’de duyuruldu. 2023’ün Nisan ayında ilk metre altı çözünürlüğe sahip yer gözlem uydumuz İMECE yörüngedeki yerini aldı.

Milli Uzay Programı hedeflerinden ilki insanlı uzay göreviyle gerçekleştirmiş oldu. 19 Ocak 2024’te insanlı ilk uzay bilim misyonu kapsamında ilk Türk

astronotumuz Alper Gezeravcı Space X’e ait Dragon uzay aracı ile uzaya fırlatıldı. Uluslararası Uzay İstasyonu’nda 18 gün boyunca, 13 bilimsel deneyi başarıyla tamamladı. İkinci astronotumuz Tuva Cihangir Ataşever de 8 Haziran’da yörünge altı araştırma uçuşunu başarıyla tamamlayarak bu süreçte 7 farklı deney gerçekleştirdi.

Ülkemizdeki uzay teknolojileri alanının ve uzay çalışmaları için gerekli altyapının geliştirilmesi ve bu alandaki dışa bağımlılığımızın azaltılmasını amaçlayan Milli Uzay Programı kapsamında belirlenen hedefler doğrultusunda planlanan tüm çalışmalar ve projeler İMECE devam ediyor.

Ülkemizin uydu çalışmalarında önemli bir adım olan TÜRKSAT 6A uydusu 8 Temmuz’u 9 Temmuz’a bağlayan gece, Türkiye saati ile 02.30’da SpaceX firmasının

ABD’nin Florida eyaletinde bulunan Cape Canaveral fırlatma merkezinden, Falcon 9 roketi ile uzaya gönderildi.

Fırlatmadan 36 dakika sonra uydumuz başarıyla roketten ayrıldı. Fırlatma süreci başarılı bir şekilde gerçekleşen ve geçici yörüngesine ulaşan uydumuzdan fırlatmadan 67 dakika sonra ilk sinyal alındı.

TÜRKSAT 6A’ya kesintisiz iletişim kurabilmek için ihtiyaç duyuduğu enerjiyi sağlayacak olan güneş panelleri 32.479 km irtifada saat 05.24’de (TSI) açıldı. Paneller güneşi dik görecek şekilde uydu güneşe doğru yönlendirildi. Güneş panelleri, rokete sığabilmesi için katlanmış ve açılma mekanizmaları gerili olarak rokete yerleştirilmişti.

TÜRKSAT 6A, her biri 10 metre uzunluğunda olan iki güneş paneli kanadına sahip. Toplamda 37,6 metrekare alan kaplayan bu paneller, GÖKTÜRK-2’nin güneş panellerinden 10 kat daha fazla güc üretebilecek kapasitede. Ömrünün başında 9,2 kW’a kadar güc üretebilen bu sistem, 15 yıl boyunca uydumuzun enerji ihtiyaını karşılayacak.

TÜRKSAT 6A’nın yörünge transfer süreci yaklaşık 10 gün sürdü, bu yolculuk esnasında kimyasal itki sistemi kullanılarak 5 büyük ateşleme gerçekleştirildi.

TÜRKSAT 6A, roketten ayrıldığı andan ilk ateşlemeye kadar, enberi noktası 300 km, enöte noktası 70.000 km olan eliptik bir yörüngede ilerledi. Ülkemizin uzay tarihinde bir ilk olan yörünge transferi manevrası 10 Temmuz'da başarıyla tamamlandı. İlk itki ateşlemesi yaklaşık 82 dakika sürdü ve TÜRKSAT 6A'yı transfer yörüngesinden görev yörüngesine ulaştırmak için planlanan manevralardan ilki gerçekleştirilmiş oldu. Bu ateşleme ile fırlatıcının bıraktığı ayrılma yörüngesinde 24 derece olan yörünge eğikliği 8 dereceye düşürüldü ve 300 km olan enberi irtifası 10.000 km'ye çıkartıldı. TÜRKSAT 6A'da bulunan 2,4 ton kimyasal itki yakıtının (hidrazin ve oksitleyici) yaklaşık 673 kilosu bu ilk itki ateşlemesi esnasında kullanıldı. Bu ateşleme ile uyduyu nihai yörüngesine ulaştıracak 5 adımdan ilki gerçekleşti.

#### Enberi ve Enöte

Elips bir yörüngeye sahip herhangi bir nesnenin etrafında tur attığı büyük kütleli nesneye olan uzaklığının en kısa olduğu yere enberi, en uzak olduğu yere enöte denir. Tam bir çembersel yörüngede hareket eden nesnelere için bir enberi veya enöte yoktur. Çünkü bu nesnelere etrafında tur attıkları daha büyük kütleli nesneye veya nesnelere her zaman aynı mesafede olur.

Türk mühendislerimiz TÜBİTAK UZAY'daki yer istasyonunda tüm süreci anbean takip etti. İlk ateşleme sonunda elde edilen geçici yörünge için ölçüm ve analizlerini yaparak

ilk ateşlemenin sonuçlarını değerlendiren ekip TÜRKSAT 6A'yı üçüncü yörüngesine ulaştırmak için 12 Temmuz'da 69,8 dakika süren ikinci itki ateşlemesini gerçekleştirdiler. Geliştirilen algoritmalara, ilk ateşleme sırasında elde edilen verilerin yüklenmesi ile 1 derece hata payı olan uydu yönelimi ateşleme boyunca milli derece hassasiyetinde tutuldu. Her bir ateşlemenin hem öncesinde hem sonrasında TÜBİTAK UZAY ekibi detaylı yörünge hesapları yaptı.

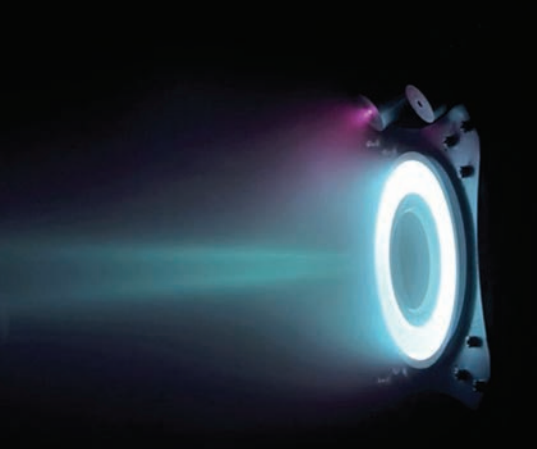
TÜRKSAT 6A'yı görev yörüngesine yaklaştırmak için planlanan üçüncü ateşleme 14 Temmuz'da gerçekleştirildi. İkinci ateşlemenin ardından elde edilen 0,6 derecelik yörünge eğikliği üçüncü ateşleme ile 0,05 dereceye düştü ve 32.032 km olan enberi irtifası ise 35.791 km'ye kadar çıktı. Böylece uydumuz daha dairesel bir yörüngeye yerleşti. Bu yörüngede uydumuz, Dünya etrafındaki bir turunu 39,7 saatte tamamladı.



Yaklaşık 7 dakika süren bu yörünge transferi manevrası için 58,6 kilogram kimyasal itki yakıtı kullanıldı.

Yer istasyonundaki proje ekibinin yerli olarak geliştirdiği yazılım sayesinde uydumuzun kimyasal itki sistemine ilişkin uzölçümler (uzaktaki bir sisteme ait verilerin yerinde toplanması ve bu verilerin alıcı ekipmanlara iletilmesi) anlık takip edilerek ateşlemenin başından sonuna kadar sistemin sorunsuz bir şekilde ilerlediği gözlemlendi.

Planlanan 5 ateşlemeden dördüncüsü 16 Temmuz'da, sonuncu ateşleme de 18 Temmuz'da gerçekleştirilerek uydumuz görev yapacağı 35.786 km'deki yörüngesine yerleşti.



TÜRKSAT 6A'nın Hall Etkili İtki Motoru (HALE-1500)

TÜRKSAT 6A'nın yörünge transferi manevraları kimyasal itki sistemi ile gerçekleştirildi.

TÜRKSAT 6A uydusunda kimyasal itki alt sistemine ek olarak Doğu-Batı manevralarını gerçekleştirmek için bir de Elektrikli İtki Sistemi bulunmaktadır.

Yüksek verimlilikle çalışan ve ksenon gazı kullanan bu sistem, diğer itki sistemlerine kıyasla daha az yakıt tüketerek uyduya daha fazla manevra kabiliyeti kazandırıyor. Nisan 2023'te fırlatılan ilk yerli elektrikli itki sistemli uydumuz İMECE'deki sistem 300W güce sahip. Daha yüksek bir yörüngede görev yapacak ve çok daha büyük bir uydu olan TÜRKSAT 6A için 1500W güç üretebilen elektrikli itki sistemi kullanılıyor. TÜBİTAK UZAY tarafından üretilen bu sistem, 10.000 sınıfı temiz oda özellikli mekanik ve elektriksel üretim atölyelerinde geliştirildi. Tasarım, üretim ve test süreçlerinin gerçekleştirildiği laboratuvarında ikisi büyük olmak üzere üç vakum tankı bulunduğu, bu tankların itki sistemlerinin performansını ölçmek ve analiz etmek için kullanılan çeşitli test düzenekleriyle donatılmış. Bu testleri gerçekleştirmek için kurulan vakum tanklarında; itkiyi ölçmeye yarayan itki standı, kuyruk gazı özelliklerini belirlemek için faraday ölçüm sistemi ve ısı özellikleri belirlemek için ısı ölçüm sistemi gibi kritik cihazlar yer alıyor.

Tamamlanması yaklaşık 10 yıl süren TÜRKSAT 6A Projesi'nde, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı

ile TÜRKSAT müşteri, TÜBİTAK UZAY proje yöneticisi, ASELSAN, TUSAŞ ve CTECH firmaları ise proje yürütücüsü kurumlar olarak yer alıyor. %80'in üzerinde yerlilik oranı ile tasarlanan TÜRKSAT 6A uydusunun tüm ekipmanları kurumların kendi temiz odaları kullanılarak geliştirildi ve üretildi. Sonrasında tüm ekipmanlar Ankara TUSAŞ'taki Uzay Sistemleri Entegrasyon ve Test Merkezi'nde bir araya getirilerek sistem seviyesi testlere tabi tutuldu.

TÜRKSAT 6A'nın toplamda 396 çevresel ve fonksiyonel testten geçtiği belirtiliyor. Uyduya, fırlatma sırasında oluşacak yüksek basınç, titreşim ve akustik yüklerin simüle edildiği mekanik testler; uzaydaki aşırı sıcaklık değişimleri ve vakum ortamına dayanıklılığın test edildiği ısıl vakum testleri; iletişim donanımlarının performans kontrolünün yapıldığı ve antenlerin kapsama alanlarının doğrulandığı anten performans testleri; uzayda enerji kaynağı olan güneşten maksimum verim almak için güneş panellerinin sorunsuz şekilde açıldığının test edildiği güneş paneli açılma testleri; uydu ile fırlatıcının uyumluluğunu ve uydunun fırlatıcıdan sağlıklı bir şekilde ayrılmasının test edildiği ayrılma ve şok testi gibi testler uygulandı. Ayrıca, yerli yazılımlar ile çalışan uçuş bilgisayarı, güç düzenleme ve dağıtım birimleri, ara yüz kontrol donanımları, yıldız izler, güneş algılayıcı, tepki tekeri, elektrikli itki alt sistemi ve haberleşme ekipmanları gibi yerli imkânlarla üretilen 24 farklı türde toplamda 84 adet

Farklı ülkeler tarafından haberleşme, yer gözlem, meteoroloji, astronomi, uzay araştırma istasyonu, navigasyon, gözetleme gibi çeşitli görevler için uzaya gönderilen yapay uyduların büyük çoğunluğu alçak yer yörüngesinde (LEO - yeryüzünden 160-2.000 km yükseklikte) bulunur. Diğerleri de bulunuş yoğunluğuna göre sırasıyla yer sabit yörüngede (GEO – yeryüzünden 35.786 km yükseklikte), orta yer yörüngesinde (MEO – yeryüzünden 2.000-35.786 km yükseklikte) ve Ekvator’u kesen eliptik yörüngelerde konumlandırılmıştır. Türkiye 1994’te TÜRKSAT 1A uydusu ile başladığı yolculuğuna hâlihazırda aktif olan 6’sı haberleşme (TÜRKSAT 3A, TÜRKSAT 4A, TÜRKSAT 4B, TÜRKSAT 5A, TÜRKSAT 5B, TÜRKSAT 6A) ve 3’ü yer gözlem (GÖKTÜRK 2, GÖKTÜRK 1, İMECE) uydusu ile devam ediyor.

Dergimizin bu sayısı ile birlikte verilen posterde ülkemizin aktif olarak uzayda görev yapan haberleşme ve gözlem uydularını detaylıca inceleyebilirsiniz. Türkiye’nin hem pasif durumda olan hem de aktif olarak görevine devam eden tüm haberleşme ve yer gözlem uyduları, deneysel olarak geliştirilerek uzaya gönderilen mini küp ve cep uyduları ile ilgili daha detaylı bilgiye dergimizin Mart 2022 sayısında yayımlanan posterden ulaşabilirsiniz. Dergimizin elektronik dergi arşivi (son dört sayı hariç) ücretsiz olarak herkesin erişimine açıktır. (services.tubitak.gov.tr/edergi) Ayrıca, *Bilim ve Teknik* dergisinin resmî web sayfasında yayımlanan tüm posterlerimizin pdf dosyaları mevcuttur. (bilimteknik.tubitak.gov.tr/coklu-oran/tum-posterler)



yüksek teknoloji uydu alt sistemi de testlere tabi tutuldu. Türkiye’nin ilk yerli ve milli haberleşme uydusu olan TÜRKSAT 6A, tüm bu testlerden başarıyla geçtikten sonra, fırlatma aracına entegre edilmek üzere 4 Haziran’da ABD’ye Space X tesislerine yollandı. 4,2 ton kütleyle ve 8,4 kilovat güce sahip TÜRKSAT 6A, 50 derece doğu boylamında gerçekleştirilecek yörünge testlerinin ardından, görev yapacağı 42 derece doğu boylamına transfer edilecek. Burada gerçekleştirilecek nihai testlerden sonra uydu TÜRKSAT’a devredilecek. TÜRKSAT 6A’nın üzerinde 16 ana ve 4 yedek Ku-Bant aktarıcı ve X-Bant haberleşme görev yükleri bulunuyor.

TÜRKSAT 6A uydusu bir yer sabit haberleşme uydusu olarak televizyon, radyo yayıncılığı başta olmak üzere acil durum haberleşmesi, mobil uydu

terminalleri vasıtasıyla yayın performansının artırılması gibi görevleri yerine getirerek geniş bir kapsama alanında ülkemizin uydu haberleşme ihtiyaçlarını karşılayacak. Türkiye, Avrupa, Kuzey Afrika ve Asya kıtasının büyük bir bölümü TÜRKSAT 6A’nın kapsama alanı içerisinde olacak. Ayrıca, mevcut uyduların hizmet vermediği Hindistan, Tayland, Malezya ve Endonezya da TÜRKSAT 6A ile kapsama alanına girecek. Hizmet ömrü yaklaşık 15 yıl olan TÜRKSAT 6A, 16 yıldan fazla yakıt ömrüne ve 22,5 yıl üzerinde bir tasarım ömrüne sahip. Tamamen faaliyete geçmesiyle birlikte Türkiye, haberleşme uydularıyla dünya nüfusunun yüzde 65’inden fazlasına yani yaklaşık 5 milyar insana ulaşabiliyor olacak.

TÜRKSAT 6A haberleşme uydusu ile Türkiye, dünyanın önde gelen uydu operatörleri arasındaki yerini sağlamlaştıracak. ■

#### Kaynaklar

- <https://uzaytubitak.gov.tr/turksat-6a/>
- <https://uzaytubitak.gov.tr/turksat-6anin-gunes-panelleri-acilma-testi-basariyla-gerceklestirildi/>
- <https://www.aa.com.tr/tr/analiz/disa-bagimlilikligi-azaltan-turksat-6a-haberlesme-uydusuyla-turkiye-ilk-11-de/3269454>
- <https://x.com/tubitakuzay/status/1808512449118666802/video/3>
- <https://x.com/i/status/1810684603549859972>
- <https://x.com/i/status/1810470143669010674>
- <https://www.youtube.com/watch?v=HuTuv8VALig>
- <https://x.com/i/status/1810459604100227351>
- <https://x.com/i/status/1810472009572225197>
- <https://x.com/i/status/1810282686633652637>