

Büyük Kâşiflerin Sonuncusu Cassini



1960'ların başında, gezegenler arası yolculuklar Venüs, Mars ve Jüpiter ile sınırlı kalacakmış gibi görünüyordu. Uzay araçlarının, en gelişmiş roketleri kullansalar bile, uzak gezegenlere ulaşmalarının onlarca yıl alacağı düşünülüyordu. Ancak kısa bir süre sonra "kütleçekim desteği" olarak anılan yeni bir teknik ortaya atıldı. Böylece Güneş Sistemi'nin tüm gezegenlerine makul zamanlarda ulaşma olanağı doğmuş oldu.

BU TEKNİK, ilk olarak 1973'te Mariner 10 uzay aracında kullanıldı. Merkür'e gidecek olan Mariner 10, önce Venüs'ün çekim alanına sokularak hızı artırıldı, sonra da Merkür'e yönlendirildi. Böylece hem hedefe daha kısa sürede ulaşıldı hem de yakıttan tasarruf sağlandı. Yakıttan tasarruf sağlandı çünkü kullanılan yakıt, uzay aracını, sadece Venüs'ün çekim alanına sokacak yakıttı. Venüs'ün çekim alanı, Mariner 10'a, Merkür'e gitmesi için gereken hızı kazandırdı. Sonraki uzay çalışmalarından Pioneer 11, Voyager 1, Voyager 2, Galileo ve Ulysses'te de aynı teknik kullanıldı.

Çok etkili bir teknik olan "kütleçekim desteği"nde, gezegenlerin di-

zilişleri önem taşır. Bu nedenle bilim adamları, her istedikleri tarihte fırlatma yapamazlar. Kütleçekim desteğinden yararlanılacak gezegenlerin uygun konumlara gelmesi beklenir.

Geçen ay, Satürn'e doğru yola çıkan Cassini adlı uzay aracı da bu tekniği kullanıyor. O da doğrudan Satürn'e yönelmek yerine önce öteki bazı gezegenlerin yörüngelerine girip hız kazanacak.

Olası binlerce güzergâhı inceleyen proje tasarımcıları, Cassini için ilginç bir rota çizmişler. Rota, VVDJ (Venüs-Venüs-Dünya-Jüpiter) olarak anılıyor. Buna göre hedefi Satürn olan Cassini, önce ters yöndeki Venüs'e gidecek. On dört ay arayla, iki kere Venüs'ün çekim alanına girip hız kazandıktan sonra Dünya'ya yö-

nelecek. Dünya'nın kütleçekim desteğini de alıp sonuncu kez hız kazanmak üzere Jüpiter'e gidecek.

Bu dört kütleçekim desteği ile Cassini, 6 yıl 9 ayın sonunda Satürn'e ulaşacak. Böylelikle de Cassini projesinin ilk bölümü (yaklaşık 3 milyar kilometre süren yolculuk) tamamlanmış olacak.

Projenin ikinci bölümü, Satürn turlarından oluşuyor. Cassini, 4 yıl sürecek olan bu bölümde; yaklaşık 1,7 milyar kilometre yol kat edecek, Satürn'ün çevresinde 70 farklı yörüngede binlerce kez dönecek ve en büyük uydusu Titan'a 40'a yakın sefer düzenleyecek. Ayrıca küçük uydular; Mimas, Enceladus, Dione, Rhea ve Iapetus'a yakın uçuşlar yapacak. Böylelikle, Satürn Sistemi

(uyduları, halkaları ve gezegenin kendisi) hakkında toplayabildiği kadar bilgiyi toplayacak.

NASA'nın, Güneş Sistemi'ni araştırmaya yönelik programının bir parçası olan Cassini projesi, tam anlamıyla uluslararası bir proje. Avrupa'nın 16 ülkesinden ve Amerika'daki 33 eyaletten 200'ün üzerinde bilim adamı yıllardır bu proje üzerinde çalışıyor. Gelmiş geçmiş en ağır uzay araçlarından biri olan Cassini (5650 kg) aynı zamanda bilimsel cihazlar açısından da en iyi donanmış olanı. 27 farklı bilimsel çalışma yapabilecek 18 cihaza sahip. Cihazlardan ikisini Avrupalı bilim adamlarının yönettiği ve Amerikalı bilim adamlarının da yer aldığı gruplar geliştirmiş. Öteki cihazları ise Amerikalıların yönettiği ama Avrupalıların da bulunduğu gruplar üretmiş.

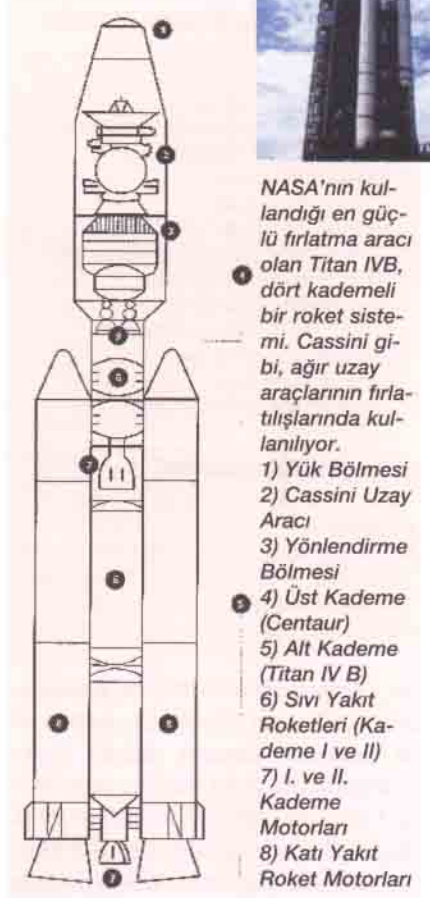
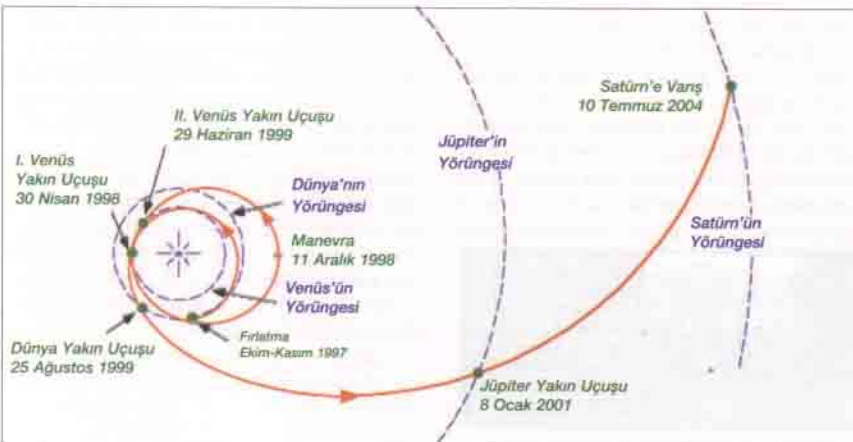
Cassini'nin belki de en ilginç özelliği, beraberinde başka bir uzay aracını daha Satürn'e götürecektir. Adı Huygens olan, bu mini uzay aracı, ESA tarafından imal edilmiş. Bu nedenle projenin adı, Cassini/Huygens Projesi olarak da geçiyor. Huygens'in görevi, Satürn'ün en büyük ve ilginç uydusu Titan'a inip bilimsel incelemeler yapmak. Bunun için 6 bilimsel cihaz taşıyor. Bu cihazlar da yine Amerikalı ve Avrupalı bilim adamlarının birlikte çalıştığı gruplar tarafından geliştirilmiş.

Voyager 1'in, 1980'de Titan'ın yakınından geçerken gönderdiği veriler ile bu uydunun yoğun bir atmosferi olduğunu ortaya çıkarması, bilim adamlarını çok şaşırtmış. Bu atmosferin, Dünya'da yaşamın başlamasından önceki dönemlerin atmosferine benziyor olması da bu sıradışı uyd-

ya bir sonda gönderme isteği uyanırmış.

Bu isteğin gerçekleşmesi yönünde en önemli adımlar atılmış durumda. 15 Ekim'de, Cassini uzay aracı içindeki Huygens sondası ile birlikte Cape Canaveral Hava Üssü'nden, Titan IVB/Centaur roket sistemi ile fırlatıldı. Bu roket sistemi Amerikalıların elinde bulunan en güçlü fırlatma aracı. Toplam ağırlığı 940 ton olan dört kademeli roketin 840 tonunu yakıtı oluşturuyordu. İlk üç kademe yakıtının tamamının ve dördüncü kademe (Centaur) yakıtının bir kısmının yakılması ile Centaur/Cassini bloğu 12 dakikada Dünya'nın yörüngesine oturdu. Araç, 15 dakika kadar yörüngede kaydıktan sonra uygun konuma geldiğinde, Centaur kademesi ikinci kez ateşlendi. Böylelikle Cassini'yi, Dünya'nın çekiminden kurtaracak itme sağlanmış oldu. Kalan yakıtını 8 dakikada tüketen Centaur, sonraki on dakika içinde Cassini'den koptu. Şu anda Cassini, artık yalnız başına Venüs'e doğru yol almakta.

Centaur'un ayrılmasından hemen sonra Canberra'daki dev anten aracılığıyla Cassini ile iletişim sağlandı. California, Madrid ve Canberra'da iletişim merkezleri bulunuyor. Aralarındaki bağlantı ile Derin Uzay Ağı adlı bir iletişim ağı oluşturuyorlar. Bu merkezlerde 70 m çaplı antenler kullanılarak Cassini ile haberleşiliyor. Cassini'de de x-ışını frekans bandında haberleşen, biri yüksek kazançlı ikisi de düşük kazançlı olmak üzere üç anten bulunuyor. Yüksek kazançlı anten, mesajlarını 8,4 GigaHertz ile gönderirken, gelen ve giden mesajlar karışmasını diye Yer'den, Cassi-



NASA'nın kullandığı en güçlü fırlatma aracı olan Titan IVB, dört kademeli bir roket sistemi. Cassini gibi, ağır uzay araçlarının fırlatılışlarında kullanılıyor. 1) Yük Bölmesi 2) Cassini Uzay Aracı 3) Yönlendirme Bölmesi 4) Üst Kademe (Centaur) 5) Alt Kademe (Titan IV B) 6) Sıvı Yakıt Roketleri (Kademe I ve II) 7) I. ve II. Kademe Motorları 8) Katı Yakıt Roket Motorları

ni'ye gönderilen komutlar 7,2 GigaHertz'te.

Herhangi bir beklenmedik durum ortaya çıkmaz ise Cassini, Aralık 1998'e kadar ana roketlerini hiç kullanmadan yoluna devam edecek. O tarihte, ikinci Venüs yakın uçuşu için önemli bir manevra gerçekleştirecek. Bu manevrada iki ana roketini kullanacak. İki ana roketin yanısıra, uzay aracının değişik yerlerine konulmuş 16 küçük manevra roketi daha bulunuyor. Bu roketler, önceden tahmin edilemeyen hataların yol açacağı rota değişikliklerini düzeltecek manevralarda kullanılacak. Bir başka kullanım alanı da yolculuğu sırasında uzay aracının kendi etrafında dönmemesi için yapılacak küçük manevralar. Bu roketlerde yakıt olarak hidrazin (H_2NNH_2) kullanılıyor. Aslında Cassini'ye konulan hidrazinin ancak yarıya yakın bir kısmı, 4 yıl sürecek olan esas görevde kullanılacak. Geri kalanının, uzatılmış görevde kullanılması planlanıyor.

Projenin herhangi bir safhasında beklenmedik olaylarla karşı karşıya gelinebilir. Bilim adamları bu tür durumlar için hazırlıklıdır. Beklenme-

Yolculukla İlgili Önemli Tarihler

	Tarih	Gün Sayısı
Fırlatılış	15 Ekim 1997	0
1. Venüs Yakın Uçuşu	30 Nisan 1998	198
2. Venüs Yakın Uçuşu İçin Manevra	11 Aralık 1998	423
2. Venüs Yakın Uçuşu	29 Haziran 1999	622
Dünya Yakın Uçuşu	25 Ağustos 1999	680
Jüpiter Yakın Uçuşu	8 Ocak 2001	1181
Bilimsel Gözlemlerin Başlaması	10 Ocak 2004	2244
Satürn Yörüngesine Giriş Manevrası	10 Temmuz 2004	2460
Titan Sondası İçin Manevra	21 Eylül 2004	2533
Huygens'in Cassini'den Ayrılışı	15 Kasım 2004	2588
Titan Yakın Uçuşu İçin Manevra	17 Kasım 2004	2590
Huygens'in Titan'a İnişi	6 Aralık 2004	2609
Görevin Sona Erişi	30 Temmuz 2008	3921
Uzatılmış Görevin Sona Erişi	?	?

Yolculuk Alternatifleri

Güzergâh	Asıl V-V-D-J	İkinci V-V-D	Yedek V-V-D
Fırlatma Dönemi	10.1997-11.1997	12.1997-1.1998	3.1999-4.1999
Varış Tarihi	10 Temmuz 2004	13 Ekim 2006	22 Aralık 2008
Yolculuk Süresi (yıl)	6,7	8,8	9,8
Satürn Turları (yıl)	4	4	4

dik olaylar; insanlardan kaynaklanabilir, kullanılan cihazlarda yazılım ya da donanım hataları olabilir hatta beklenmedik doğa olayları yaşanabilir. Olma olasılığı yüzde birden daha düşük (hatta milyonda bir olasılıklı) olumsuz durumlara karşı hazırlanmış planlar var. Bu planların yanısıra

Cassini'de de birtakım önlemler alınmış ve bazı yedeklemeler yapılmış durumda. Örneğin esas bilgisayarda bir sorun çıkması durumunda devreye girecek iki uçuş bilgisayarı ve iki yön kontrol bilgisayarı bulunuyor. Kullanılacak belleğin de bir yedeği var.

Eğer beklenmedik olumsuz durum, bu tür önlemlerle ve acil durum planları ile ortadan kaldırılamazsa diye alternatif senaryolar da hazırlanmış. Örneğin, fırlatmada herhangi bir nedenle gecikme olasılığı gözönüne alınarak, ek olarak iki değişik fırlatma dönemi ve rota daha belirlenmiş. Cassini'nin fırlatılışı 4 Ekim-6 Kasım 1997 tarihleri arasındaki bir aylık "asıl" fırlatma döneminde gerçekleştirilemeseydi, Aralık 1997-Ocak 1998 tarihleri arasındaki "ikinci" fırlatma dönemi beklenenecekti. Eğer o da olmasaydı, Cassini'nin fırlatılışı Mart-Nisan 1999 tarihleri arasındaki "yedek" fırlatma döneminde gerçekleştirilecekti.

Bu tarihler, kütleçekim desteğinden yararlanılacak gezegenlerin konumlarına göre belirleniyor. İlk fırlatma döneminde gezegenlerin sıralanışı, Cassini'yi Satürn'e en kısa zamanda ulaştıracak şekilde. Öteki tarihlerde Cassini'ye verecekleri kütle çekim desteği daha azalacaktı. Dolayısıyla Cassini'nin hızı da düşecek ve Satürn'e daha geç ulaşacaktı. Ancak Cassini ilk fırlatma döneminde başa-

Cassini'ye Hayır

Cassini'de elektrik üretmek için kullanılan 33 kg plütonyumdan dolayı Amerika'da (ve de İnternette) Cassini karşıtı bir kampanya başlatılmıştı.

Plütonyum (Pu), insan için zararı ve öldürücü olabilecek maddelerden biri. Bir gram plütonyum-238 izotopu kuramsal olarak 1 milyon kişiyi akciğer kanseri yapabiliyor. Cassini'de ise 33 kg yüklü.

Pu-238, Çernobil gibi nükleer santrallerde bir yan ürün olarak ortaya çıkan Pu-239 izotopundan çok daha aktif bir madde. Pu-239'un yarılanma süresi 24 000 yıl iken, Pu-238'inki sadece 87,8 yıl. Yani Pu-238, Pu-239'dan yaklaşık 280 kat daha hızlı alfa parçacıkları yayıyor. Ancak bu alfa parçacıklarını durdurmak çok kolay. Üzerimizdeki giysiler bile bunları durdurmak için yeterli. Plütonyumun tehlikeli olabilmesi için insan vücuduna girmiş olması gerekiyor. Çünkü vücutta uzun yıllar ışımaya devam eden radyoaktif madde kansere yol açıyor.

Cassini karşıtları da zaten plütonyumun bir kaza sonucu atmosfere karışmasından ve yüz milyonlarca insanın onu solumasından korkuyorlar. Fırlatma esnasında ya da Dünya yörüngesinden çıkarken meydana gelebilecek bir kaza sonucunda plütonyum (patlamanın etkisiyle) parçalanarak ya da yanarak atmosfere karışabilirdi. Cassini'yi fırlatacak olan Titan IVB roket sisteminin kullanıldığı daha önceki 20 fırlatmadan birinde arıza çıkmış. Yani istatistiksel olarak, %5'lik bir başarısızlık

olasılığı söz konusuydu. Bunu, NASA da kabul ediyordu.

Ancak Cassini karşıtlarını asıl korkutan olay, uzay aracının Venüs dönüşünde hız kazanmak için tekrar Dünya'nın çekim alanına sokulması. Daha önce, Galileo adlı uzay aracı Jüpiter'e giderken de aynı teknik kullanılmış ve yine protestolara neden olmuştu. 16 Ağustos 1999'da, Cassini 69 000 km/saat hızla ve yalnızca 800 km üstümüzden geçecek. Ufak bir hesap hatası ya da arıza, Cassini'nin 33 kg plütonyumla birlikte dünyaya düşmesine yolaçabilir. Ayrıca Dünya çevresinde başıboş dolaşan küçüklü büyüklü yüzbinlerce uzay enkazından herhangi birinin, yakıt tanklarına çarpması da uzay aracını düşürebilir.

Benzer bir kaza, daha geçen yıl, 17 Kasım 1996'da meydana geldi. Ruslara ait Mars 96 uzay aracı, içindeki 225 g plütonyum ile birlikte Şili-Bolivya sınırına düştü. Parçalar 25 000 km²'lik bir alana saçıldı. 1978'de fırlatılan Sovyet casus uydusu Cosmos 954 de 45 kg uranyum taşımaktaydı. Dört ay sonra Kanada'nın kuzeybatısına düştü. Kimseye birşey olmadı ama haftalar süren temizleme çalışmalarında bulunan uranyum parçalarının bir kısmı toz zerrecikler kadar



Cassini Karşıtları, Başkan Clinton'a mektup yazmakla yetinmeyip Beyaz Saray önünde protesto gösterisi de yapıyorlar. Aynı sırada Cassini taraftarları da 50 m ilerde gösteri yapıyorlardı.

küçüktü. 1964 yılında ise, ABD donanmasına ait SNAP-9A adlı uydu atmosferde yanarak dünyaya düştüğünde, yaklaşık 1 kg plütonyum atmosfere karışmıştı. California'daki Berkeley Üniversitesi'nden Prof. John Gofman, o tarihten bu yana Dünya'daki akciğer kanseri vakalarının artışı bu olaya bağlıyor.

Benzer nükleer aygıtlar, Ruslar ve Amerikalılar tarafından yaklaşık 40 yıldır kullanılıyor. Amenkallara ait, nükleer madde yüklü 26 uzay aracından 3'ünde (ki bunlardan biri 3,5 kg plütonyum taşıyan Apollo 13) kaza olmuş. Rusların, nükleer madde taşıyan 41 uzay aracında meydana gelen kaza sayısı ise 9.

Cassini karşıtları, NASA'nın uzay çalışmalarında zaman zaman başarısızlığa uğradığını ve kazaların olabildiğini anımsatıyorlar. "NASA yetkilileri, Uzay Mekiği Challenger'daki kazadan önce de, böyle bir patlamanın olasılığının yüzbinde bir olduğunu söylüyorlardı" diyorlar. Satürn'e yönelik bilimsel çalışmalar uğruna (kaza olasılığı düşük olsa bile) böyle bir riske girilmemesi gerektiğini savunuyorlar. Önerileri, plütonyum yerine, ESA'ya bağlı İtalyan bilim adamlarının geliştirdiği, verimliliği yüksek, yeni güneş panellerinin kullanılması. Bir diğer öneri de güneş panelleri teknolojisini, böyle bir yolculuk için yeterli hale gelinceye kadar (5-10 yıl) bu çalışmaların bekletilmesi. Nasıl olsa Satürn olduğu yerde duruyor diyorlar.

Cassini Karşıtları'nın internet adresi; <http://www.animatedsoftware.com/cassini/index.htm>

nyla gönderildiği için artık bu senaryoların bir önemi kalmadı.

Yolculuk boyunca Cassini'nin bilimsel cihazları çalıştırılmayacak. Sadece, zaman zaman çalışır durumda olup olmadıkları kontrol edilecek ve kalibrasyonları yapılacak. NASA, askeri ve sivil amaçlı kullanımlar için nükleer enerjili yakıt kullanan roketlerin geliştirilmesini ulusal uzay politikası olarak benimsiyor. Cassini'nin bilimsel cihazları için gerekli olan enerji de plütonyum-238'in doğal bozunumundan elde edilecek. Bunun gibi, Güneş'ten uzak gezegenlere yapılan yolculuklarda, NASA elektrik elde etmek için güneş panelleri yerine plütonyum kullanmayı tercih ediyor. Bilimsel cihazlar, Cassini'nin Satürn'e varmasına 6 ay kala çalıştırılacak. Gözlem sonuçları, her biri 2 GigaBitlik iki bellekte depolanacak. Antenler, incelemeler için Satürn'e doğrultulduğunda gelen veriler önce bu belleklerde tutulacak. Sonra antenler Dünya'ya çevrilecek ve belleklerdeki bilgiler Dünya'ya gönderilecek. Hergün yaklaşık bir CD dolusu bilgi aktarılacak.



Cassini, Satürn'ün yörüngesine varmasına 19 gün kala, en uzak uydusu olan Phoebe'nin 50 000 km kadar yakınından geçecek. Satürn'ün bu uydusu, diğer uyduların dönüş yönünün tersi yönde dönüyor. Bu nedenle bilim adamları, Phoebe'nin, yörüngeye sonradan girmiş yabancı

bir madde (bir asteroid ya da kuyruklu yıldız) olduğunu düşünüyor. Uydunun sıra dışı özelliklerinin nedenini bulmak, bilim adamları için çok önemli bir bilimsel hedef. Phoebe, Satürn'e çok uzak olduğu için Cassini ona bir daha bu kadar yaklaşmayacak. Dolayısıyla bu yakın ge-

Cassini'ye Evet

Cassini'deki bilimsel cihazların çalışabilmesi için 600-700 Watt'lık güce gereksinim var. NASA, bu gereksinimi karşılamak için üç radyoizotop ısı jeneratörü (Radioisotope Thermal Generator -RTG) kullanıyor. RTG'lerin yakıtı da plütonyum-238. Bu cihazlar, birer nükleer reaktör değil. Elektrik üretirken füzyon ya da fisyon süreçlerinden yararlanmıyorlar. Hatta hareketli parçaları bile yok. Herhangi bir kaza durumunda bomba gibi patlamaları da söz konusu değil. Radyoaktif bir madde olan plütonyumun, doğal bozunumu sırasında ısı ortaya çıkıyor. RTG'ler de bu ısıyı elektrığe çeviriyor. Çok hafifler. NASA tarafından da 1964'ten beri kullanılıyorlar. Bugüne kadar 26 uzay uçuşunda kullanılmışlar. Isıya dayanıklı ve suda çözümleri zor.

NASA yetkilileri, Cassini karşıtlarının ileri sürdükleri "RTG yerine güneş panellerinin kullanılması" önerisini uygulanabilir bulmuyorlar. Uzay aracının, Güneş'ten pek uzaklaşmadığı kısa mesafeli yolculuklarda, NASA zaten güneş panellerini tercih ediyor. Pathfinder, Mars Global Surveyor, Viking 1, Viking 2 ve Mariner serisi uzay araçlarında hep güneş panelleri kullanılmış. Ancak Jüpiter'e, Satürn'e ve Güneş Sistemi'nin dışına yapılan yolculuklarda zorunlu olarak RTG kullanılıyor. Voyager 1, Voyager 2, Pioneer 10, Pioneer 11, Galileo ve Ulysses'te güç kaynağı hep RTG. Yani NASA, güneş panellerini kullanmadığı yolculuklarda RTG'yi kullanıyor.

Cassini'de de yine zorunluluktan dolayı kullanılıyorlar. Cassini karşıtlarının önerdiği, ESA'nın

yeni güneş panelleri açıldıkları zaman 500 m² alan kaplıyorlar. Cassini'yi Satürn'e götürecek ve 4 yıllık çalışmalar sırasında yapacağı manevralarda kullanılacak yakıt zaten çok ağır. Bu paneller de konulsaydı Cassini iyice ağırlaşacaktı. Ayrıca bu panelleri, roketin (Cassini ile beraber Centaur roketinin de bulunduğu) ön bölümüne sığdırmak da mümkün değildi. Bu durumda geriye, en hafif ve etkili sistem olarak RTG'ler ve plütonyum kalıyordu.

Cassini'de kullanılan plütonyum, şimdiye kadar bir uzay aracında kullanılan en büyük miktar; 33 kg. Onsekiz küçük plaka halinde yerleştirilmiş. Plakaların çevresinde grafitten yapılmış bir ısı kalkanı var. Ayrıca çarpmalara karşı da iridyumdan yapılmış bir kılıf kaplılar.

NASA'nın olası kazalara yönelik senaryo çalışmalarını da bulunuyor. Onların senaryolarına göre, RTG taşıyan uzay araçlarının fırlatılmaları sırasında bir patlamadan sonra plütonyum plakalar, parçalar halinde yeryüzüne dağılacak. Plütonyumun bu şekilde insan vücuduna girme

olasılığı yok. Parçalar da sonradan yerleri tesbit edilip temizlenecekler. Cape Canaveral Hava Üssü'nün etrafındaki 25 gözlem noktasında (en uzağı 16 km ötede) havadaki radyoaktif madde miktarı sürekli ölçülür. Ayrıca fırlatmalardan sonra, Amerikan Enerji Bakanlığı'na bağlı bir gözlem uçağı da roketlerin izlediği yoldan gider ve geride bırakılan gazlarda radyoaktif madde taraması yapılır.

Diğer bir senaryo da Cassini'nin Venüs dönüşü, Dünya'nın 800 km yakınından geçerken patlaması ya da yanarak düşmesi. NASA'nın çalışmalarına göre bu tür bir kazanın olma olasılığı bir milyonda bir. 1989'da Jüpiter'e gönderilen Galileo adlı uzay aracında da 11 kg Pu-238 bulunuyordu. O da her bir 285 Watt gücünde iki RTG taşıyordu. Cassini gibi o da, doğrudan hedefine gitmek yerine önce başka gezegenlerin yörüngelerine girip kütleçekim desteği aldı. Rotası V-D-D-J idi. Yani Galileo, önce Venüs'ün kütleçekim desteğini aldı. Sonra da Cassini Karşıtları'nın korktuğu, "Dünya Yakın Uçuşu"nu iki kere gerçekleştirdi.

Ancak böyle bir kaza olursa, plütonyum gerçekten de atmosfere kaçacak. NASA yetkilileri, bu durumda plütonyumun uzun süre atmosferin üst kısımlarında asılı kalacağını tahmin ediyor. Yüzeye indiğinde ise büyük bölümü okyanuslara düşecek. Yalnız küçük bir bölümü insanlar tarafından solunacak. NASA yetkilileri, insanların soluyacağı bu dozun da çok düşük olduğunu tahmin ediyor.

NASA'nın Cassini Karşıtları'na karşı hazırladığı internet sayfalının adresi; <http://www.jpl.nasa.gov/cassini/solar.html>



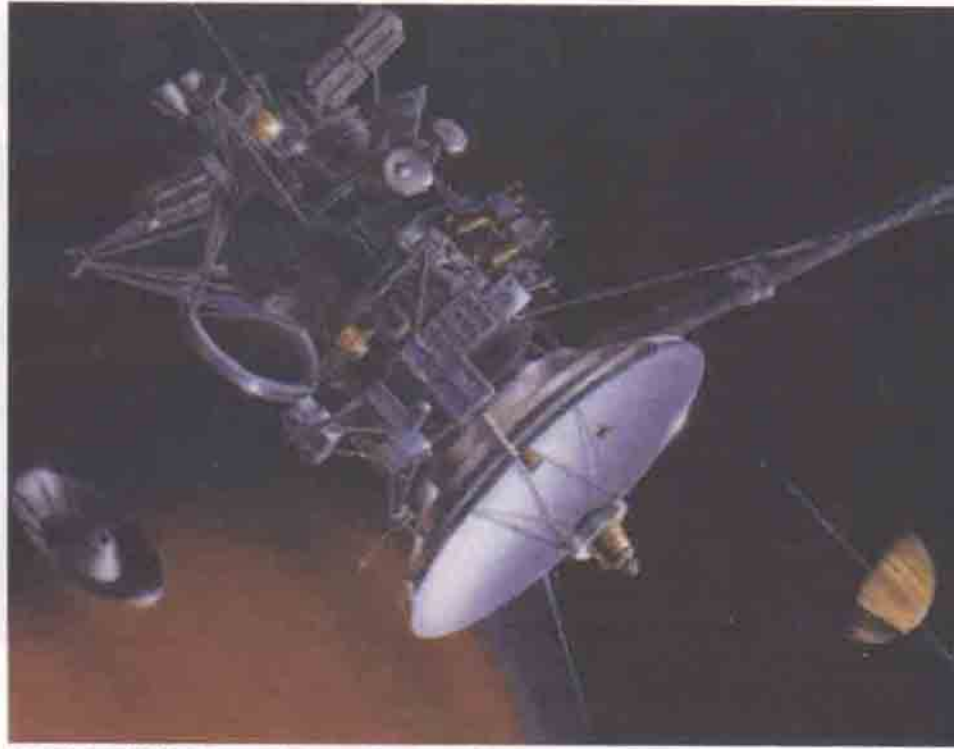
Yanda Galileo uzay aracında kullanılan RTG'lerden birisi görülüyor. Cassini'de kullanılacak olan RTG'ler de hemen hemen bunların aynısı. Her biri 276 Watt elektrik gücü üretecek şekilde tasarlanmış, 56 kg ağırlığında, 42 cm çapında ve 114 cm yüksekliğinde silindirdir.

çişin büyük önemi var. Ancak yolculuğun belki de en önemli olayı, saatte 90 000 km hızla Satürn'e yaklaşan Cassini'nin yörüngeye girmek için yapacağı manevra. Bu sırada Cassini, ana roketlerini bir saat kadar ters yönde ateşleyecek. Böylelikle hızını düşürüp Satürn'ün yörüngesinde kalacak. Manevranın tamamı 100 dakika kadar sürecek ve Cassini her şeyi otomatik olarak yapacak. Yani komutlar Dünya'dan gönderilmeyecek. Çünkü o konumdayken mesajların Cassini'ye ulaşması 80 dakika sürüyor olacak.

Eğer yörüngede kalmakta başarısız olursa, yıllar süren çalışmalar ve harcanan yaklaşık 3,4 milyar dolar boşa gidecek. Çünkü Cassini, büyük bir hızla uzayın derinliklerine doğru yol alıyor olacak.

Başarılı olması halinde Cassini, periyodu 5 ay süren ilk yörüngesine girecek. Sonra da 4 yıl boyunca 70'e yakın farklı yörüngede dolanacak. Zaman zaman da Satürn'den uzaklaşıp yakındaki beş buzdan uyduyu inceleyecek. Ayrıca Titan'a da kırka yakın uçuş yapacak.

İlk olarak 1655 yılında Christiaan Huygens tarafından gözlenen Titan, bilim adamları açısından Güneş Sistemi'nin belki de en ilginç cismi. Bir uydu olmasına rağmen, 5 150 km'lik çapıyla Merkür ve Plüton gezegenlerinden daha büyük. Titan hakkındaki bilgilerimiz; yerden yapılan gözlemlere, Hubble Uzay Teleskobu'nun gönderdiği verilere ve de en



Fırlatılıştan 2588 gün sonra içinde altı bilimsel cihaz bulunan Huygens sondası Cassini'den ayrılacak ve Satürn'ün en büyük uydusu olan Titan'a inişe geçecek.

önemlisi Voyager 1 ve Voyager 2'nin, 1980 ve 1981 yıllarında Titan'ın yakınından geçerken gönderdiği şaşırıcı verilere dayanıyor. Yine de elde çok fazla bilgi olduğu söylenemez. Ama çok şaşırıcı oldukları söylenebilir. Çünkü bu bilgilere göre Titan'ın 400 km kalınlığında turuncu bir atmosferi var. Bu kalın atmosfer, gezegenin yüzeyini görmemizi engelliyor. Atmosferde en bol bulunan gaz azot. Aynen Dünya'da olduğu gibi. Bunun yanında metan, etan, ase-

tilen, etilen ve hidrojen siyanür de var. Oksijen ise çok çok az. Titan'ın atmosferi, bu haliyle Dünya'nın milyarlarca yıl önceki (yaşamın başlangıcından önce) atmosferine benziyor.

Bilim adamlarına göre, Titan'ın yüzeyinde metan-etan karışımı göller, denizler ve okyanuslar bulunma olasılığı yüksek. Kutuplarında ise sıvı azot gölleri olabilir. Sıcaklık -200°C kadar. Hızı saatte 250 km'yi bulan rüzgârların estiği tahmin ediliyor.

Bilim adamları bu düşüncelerin doğru olup olmadığını merak ediyorlar. Acaba gerçekten de Titan'da göller, denizler, dağlar, vadiler, nehirler var mı? Yağmur (metan) yağıyor mu? Atmosferin gerçek bileşimi nasıl? Uydu ne kadar güneş ışığı alıyor? Ve en önemlisi Titan'da yaşam var mı? İşte tüm bu soruların yanıtlarını bulmak için de bu ilginç uyduya bir sonda göndermeye karar vermişler. 1982 yılının Kasım ayında, NASA ve ESA işbirliğiyle gerçekleştirilecek "ortaklaşa Titan sondası" fikri ortaya atılmış. Proje çalışmaları 1990'da başlatılmış ve Mayıs 1997'de (fırlatmadan beş ay önce) uzay aracı bitirilip NASA'ya teslim edilmiş.

310 kg ağırlığındaki uzay aracına, bu uyduyu keşfeden Hollandalı ast-

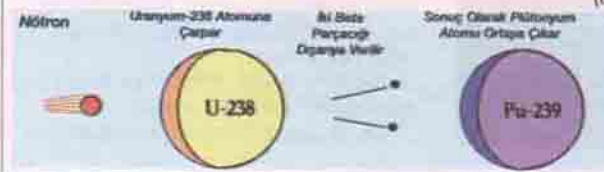
Plütonyum

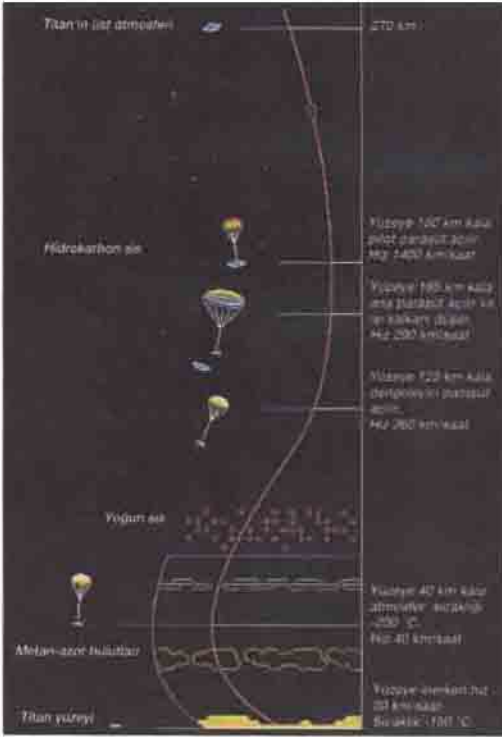
Plütonyum (Pu) normal şartlar altında katı olarak bulunan, insan yapımı, radyoaktif bir metal. Gümüş renginde. Kokusu ve tadı yok. 1940 yılında Amerika'da keşfedilmiş. Uranyum kullanılarak üretiliyor. Doğada da çok az miktarda bulunuyor. Nükleer reaktörlerde, bir yan ürün olarak büyük miktarlarda ortaya çıkıyor. Büyük bir reaktör her yıl 230 kg kadar Pu üretiliyor. Bu da dünya çapında yılda 75 ton Pu üretiliyor demek. 1950'ler ve 1960'larda yapılan nükleer silah denemelerinin bir mirası olarak da biyosferimizde birkaç ton Pu dağılmış durumda. Pu-239 izotopunu nükleer silahlarda kullanırken (1945, Naga-

zakı) Pu-238 izotopu uzay araçlarında elektrik üretiminde kullanılıyor.

Pu, kullanılırken özen gösterilmesi gereken yüzlerce zehirli ve öldürücü maddeden biri. İnsan sağlığı için bir tehlike oluşturabilmesi için vücuda girmesi gerekiyor. En olası girme yolu da solunum. Besinler ve su ile vücuda girdiğinde ise büyük bir kısmı atılıyor. Kokusuz ve tatsız olduğu için bir kişinin plütonyuma maruz kaldığının farkına varması mümkün değil. Plütonyum gibi radyoaktif bir maddeye maruz kalındığında, ortaya sağlık açısından olumsuz durumların çıkması ve bu durumların hangi şiddette olacağı bazı etkenlere bağlı. Bu etkenler; maruz kalınan doz (miktar), süre, hangi yoldan maruz kalındığı (temas, solunum, yutma vs),

beraberinde bir başka kimyasal maddeye de maruz kalınması ve kişisel özellikler (yaş, cinsiyet, sağlık durumu).





2,5 saat sürecek olan iniş sırasında Huygens'in kameraları Titan'ı görüntülerken aynı zamanda bilimsel cihazlar da uydü hakkında bilgi toplayacak. Huygens'in Titan yüzeyine inişi resmedilmiş. Arka planda Satürn ve Cassini görülüyor.

ronom, Christiaan Huygens'in adı verilmiş. Aracın içinde altı bilimsel cihaz bulunuyor. Bunlardan ikisini Amerikalı bilim adamlarının yönettiği ve Avrupalı bilim adamlarının da bulunduğu gruplar geliştirmiş. Diğerlerini ise Avrupalıların yönettiği ve Amerikalıların da yer aldığı gruplar geliştirmiş (Cassini'deki durumun tam tersi).

Huygens, 2588 gün süren bir yolculuktan sonra, 15 Kasım 2004'te, Cassini'den ayrılacak ve Titan'a iniş süreci başlayacak. 22 gün süren bir yolculuktan sonra, 6 Aralık 2004'te saatte 20 000 km'lik bir hızla Titan atmosferine giriş yapacak. 12 000°C'ye kadar dayanabilen ısı kalkanı, sürtünmeden doğan ısınmaya karşı aracı korurken aynı zamanda hız kesme işlevini de yerine getirecek. Huygens'in hızı, üç dakika içinde saatte 1 400 km'ye düşecek ve arkadaki ısı kalkanı fırlatılıp 2,5 m çapındaki pilot paraşüt açılacak. Bir dakika sonra, hızı saatte 290 km'ye düştüğünde, ön kalkan da terkedilecek ve aynı anda 8 m çapındaki ana paraşüt açılacak. Yüzeye 150 km kala bilimsel cihazlar çalışır hale geçecek ve gözlemler başlayacak. 15 dakika sonra ve yaklaşık olarak 120 km yükseklikte, ana paraşüt yerini 3 m çaplı

bir diğer paraşüte bırakacak. Huygens bu üçüncü paraşüt ile yaklaşık 2 saatlik bir düşüşten sonra saatte sadece 20 km'lik bir hızla Titan'a inecek.

Bilim adamları bu inişin benzerini, 1995 yılının Mayıs ayında, İsveç'in Kiruna şehrinde denediler. Huygens'in bir modeli, 31,5 km yükseklikten bırakıldı ve yukardaki sürecin bir benzerinden geçen model başarılı bir iniş gerçekleştirdi.

Huygens'te güç kaynağı olarak beş adet LiSO₂ pili kullanılmış. Bunlar sayesinde 2,5 saat gözlem yapılabilecek. Ancak, aracın katı bir zemine iniş yapması durumunda zemindeki esas görev süresi olarak yarım saat düşünülüyor.



2,7 m çapında ve 319 kg ağırlığındaki Huygens sondası, ESA'nın uzun dönemli uzay programının bir parçası. Bu mini uzay aracı 6 bilimsel cihaz içermekte. Cassini'ye yerleştirilerek görülüyor. Görüntüdeki disk Huygens'in 12 000 °C'ye dayanabilen ısı kalkanı. Aynı zamanda, Titan atmosferine girdiğinde, hız kesme işlevi de görecektir.

Bilimsel cihazlarla hem atmosferdeki hem de yüzeydeki karmaşık moleküller incelenecek. Atmosferin yapısı analiz edilecek. Basınç, sıcaklık ve rüzgâr ölçümleri yapılacak. Hava koşullarının ayrıntılı gözlemleri gerçekleştirilecek.

Huygens, katı bir zemin yerine metan-etan karışımı bir göl ya da denize de düşebilir. Böyle bir durumda ise içine düştüğü sıvının, fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenecek.

Huygens çalışmalarını sürdürürken Cassini de Titan çevresinde, ondan gelen verileri belleğinde depoluyor olacak. Huygens'in görevi sona erince Cassini antenini Dünya'ya çevirecek ve belleğindeki verileri Dünya'ya gönderecek. Sonra da Titan'dan ayrılıp Satürn'e yönelecek.

Huygens'in göndereceği verilerin, Dünya'da yaşamın nasıl ortaya çıktığını açıklamaya çalışan kuramlara ışık tutması bekleniyor. Kuramlar belki de kökten değişikliğe uğrayacak.

Bu, ilk Titan görevinden sonra Cassini, Satürn'ü ve halkalarını incelemeye başlayacak. Adını Roma mitolojisindeki "ekim ve hasat" tanrısından alan Satürn, Güneş Sistemi'nin ikinci büyük gezegeni. Hacim olarak Dünya'nın 764 katı. Küt-



Jean-Dominique Cassini (1625-1712), Satürn'ün halkaları arasında gözlediği boşluğu ilk olarak, 1676 yılında elle yaptığı bu resimde gösterir. Halka sistemindeki boşluğun yanısıra Satürn'ün 4 uydusu; Rhea, Tethys, Iapetus ve Dione'yi keşfeder (solda). Hollandalı ünlü astronom Christiaan Huygens (1629-1695) ise kendi geliştirdiği teleskobuyla Satürn'ün bir halka sistemi olduğunu, farkına varan ilk kişidir. Bunun yanında 1655 yılında Titan'ı keşfeder (sağda)



le olarak ise yalnızca 95 katı. Bu nedenle de yoğunluğu sudan düşük olan tek gezegen ($0,69 \text{ g/cm}^3$). O da Jüpiter gibi dev bir gaz topu. Yani bulutların altında ayakta durabileceğimiz katı bir yüzeyi yok. Rengarenk bulutları ise kristal halindeki amonyaktan oluşuyor. Atmosferinin %96'sı hidrojen ve %4'ü de helyum.

Etkileyici "halka sistemi" Satürn'ü, uzayın en güzel görünümlü ci-

simlerinden biri kılıyor. Bu halkaları görebilmek için küçük bir teleskop yeterli. Halkalar ilk olarak 1610 yılında Galilei tarafından gözlenmiş. Ancak o tarihte halkaların konumu ve teleskobun yetersizliği nedeniyle Galilei, halkaları Satürn'ün iki uydusu sanmış.

Bu halkalar aslında toz ve kayalardan oluşan kuşaklar. Çoğunluğu birkaç santim çapında ancak araların-

da ev büyüklüğünde parçaların da yer aldığı, irili ufaklı milyarlarca kaya parçası. Bu kaya parçaları aşırı derecede soğuk. Muhtemelen su ve öteki maddelerin buzlarından ya da yüzeyleri buz ile kaplı kayalardan oluşmakta. Parlaklıkları da buradan geliyor.

Sistemde dairesel yedi asıl halka bulunuyor. Halkaların kalınlıkları birkaçyüz metre ile bin kilometre

Uzay'da Nükleer Enerji

Osman Kemal Kadiroğlu

Prof. Dr. H.Ü. Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü

Uzaya gönderilecek bir uydunun içinde nükleer yakıt bulunması nükleer karşıtlarını hemen harekete geçirdi. Uzay aracının fırlatılması sırasında olabilecek bir kazanın olma olasılığı ve sonuçları abartılarak insanlar korkutulmaya çalışıldı. Oysa, nükleer enerji kullanan ilk uydular bu değildir. Uzayda halen çalışan veya çalışmayan kırk kadar uyduda nükleer enerji kullanılmıştır. Ne fırlatma sırasında ne de kullanımda bir sorun yaşanmıştır.

Nükleer enerji, uyduların elektrik sistemlerine güç sağlanması konusunda, uzak ve uzun süreli uçuşlar için en ekonomik çözüm olarak kendisini göstermiştir. Uzayda, dünyada çalışmakta olan nükleer santrallerdekinden biraz farklı yöntemlerle çalışan, santrallerde ağırlık önemli bir sınır koşulu olur. Ayrıca, uzayda onanın olanağının da yok denecek kadar az olması, nükleer enerjilerden elektrik sağlayan sistemlerin hareketli parçalarının sayılarının en aza indirilmesi gerektirir.

Nükleer enerjinin uzay uygulamalarında ilk aklı gelen radyoaktif pillerdir. Bu sistemlerin hiç hareketli bileşenleri yoktur. Pu-238 gibi uzunca yan ömürlü, alfa parçacıkları yayımlayan bir izotopun radyoaktif bozulması nedeniyle ortaya çıkan ısı enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Yan iletkenler veya en basitinden bir ısı çift ile bu gerçekleştirilebilir. Birbirine ergitilerek bağlanmış farklı metallere yapılan iki telin bağlan-

ti noktası ısıtılınca termoelektrik özellikleri nedeniyle bir akım geçer. Bazı yarı iletkenler ısıtılınca termoelektrik özellikleri nedeniyle bir elektrik akımı doğururlar. Radyoaktif piller de bu tür sistemlerden yararlanır. Günlük yaşamımızda kalp hastaları bu buluştan yararlanmaktadırlar.

Bir başka yöntem de termiyonik deşistricilerdir. Isıtılan bir seyreltilmiş gaz veya buharlaşmış bir metal elektron yayımlamaya başlar. Elektronların bir başka metal yüzey üzerine toplanması ile elektrik akımı elde edilir. Gazı veya sıvı metali ısıtan kaynak bir radyoaktif element olduğu gibi bir nükleer reaktör de olabilir.

Sovyetlerin uzaya 1957 yılında yolladıkları uydular nedeniyle ABD'de başlatılan programlar çerçevesinde, uzayda kullanılacak nükleer sistemlerle ilgili çalışmalar da başlatılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda radyoaktif pillerin yanı sıra uzayda kullanılabilecek nükleer reaktörler de tasarlanmış, yapılmış ve denenmiştir. Bu reaktörlerin bir önemli görevi de uzay aracına uzayda manevralar için gerekli itici güç sağlamasıdır.

NERVA projesi olarak bilinen ve bir uzay aracına itme gücünü verebilecek bir nükleer reaktörün tasarımı, yapımı ve denenmesi 1970 yılına dek sürmüştür. Uzay aracında bulunan bir sıvı hidrojen tankından alınan sıvı hidrojen, uzay aracının motorlarını ve itici lülesini dışardan soğuttuktan sonra, gaz fazında nükleer reaktöre girer ve burada grafitten yapılmış nükleer yakıt elemanlarını soğutarak 2500°C kadar ısıtılıp lüleden hızla dışarıya bırakılır. Bu denli yüksek sıcaklıkta çalışacak nükleer yakıtın ve makine parçalarının tasarlanması yapılmış gerçekten bir mühendislik başarısıydı. 1964-1969 yılları arasında, Nevada'da, bu tip 12 reaktör bir çok kez

başarıyla çalıştırıldı ve denendi. Bu reaktörlerin amacı Ay'daki bir üssün veya Mars'a yapılacak insanlı bir yolculuğun enerji gereksinimini karşılamaktır. ABD'nin insanlı uçuşlara son vermesiyle bu program da kesintiye uğradı.

Diğer taraftan Sovyetler, ABD'ninki kadar gelişmemiş teknolojileri nedeniyle yaptıkları ağır uzay araçlarının enerji gereksinimlerini nükleer enerjiden elde ediyorlardı. Sovyet uydularının çok büyük bir kısmı radyoaktif pillerin yanı sıra TOPAZ ve BOAR adı verilen nükleer reaktörler de kullanıyorlardı. COSMOS adı verilen uzay aracı tiplerinde kullanılan bu reaktörleri Batı bir kaza sonunda iyice tanıdı. Kanada'nın kutup bölgesine düşen bir casus uydusunda bu tip bir reaktör vardı.

Sovyetlerin geliştirdikleri uzay reaktör teknolojisi artık Rusya'ya bir gelir kaynağı oldu. ABD, 1994 yılında bir kaç TOPAZ reaktörü satın aldı ve Rusya'daki tasarımı ve yapımı merkezle ortak bir proje başlattı. ABD'nin uzak mesafelere yollayacağı uzay araçlarına yakın bir gelecekte Rus yapımı TOPAZ reaktörleri güç sağlayacak. Sağlanacak güç, itme gücünden çok uzay aracında bulunan sistemlerin çalıştırılması için gerekli olan elektrik enerjisini sağlamakla kullanılacak.

TOPAZ reaktörleri, bir kaç kW'tan bir kaç MW'a kadar güç verebilen sistemlerdir. Bu reaktörlerde soğutucu olarak kullanılan sezyum reaktör içinde buharlaşır ve elektron yayımlayıcıları uyardıktan sonra ısısını ışımaya yoluyla uzaya atarak soğur. Uzun dönemde TOPAZ ve NERVA tipi reaktörlerin de kullanıldığı uzay araçlarının insanları Mars'a taşıyacağı veya Ay'a kurulacak üsse enerji sağlayacağı düşünülebilir.

Satürn

Kütlesi	5,69x10 ²⁶ kg
Ekvator yarıçapı	60 268 km
Yoğunluğu	0,69 g/cm ³
Güneşe ortalama uzaklığı	1,4x10 ⁹ km
Güneş etrafında dönüşü	29,5 yıl
Bir günü	10,66 saat

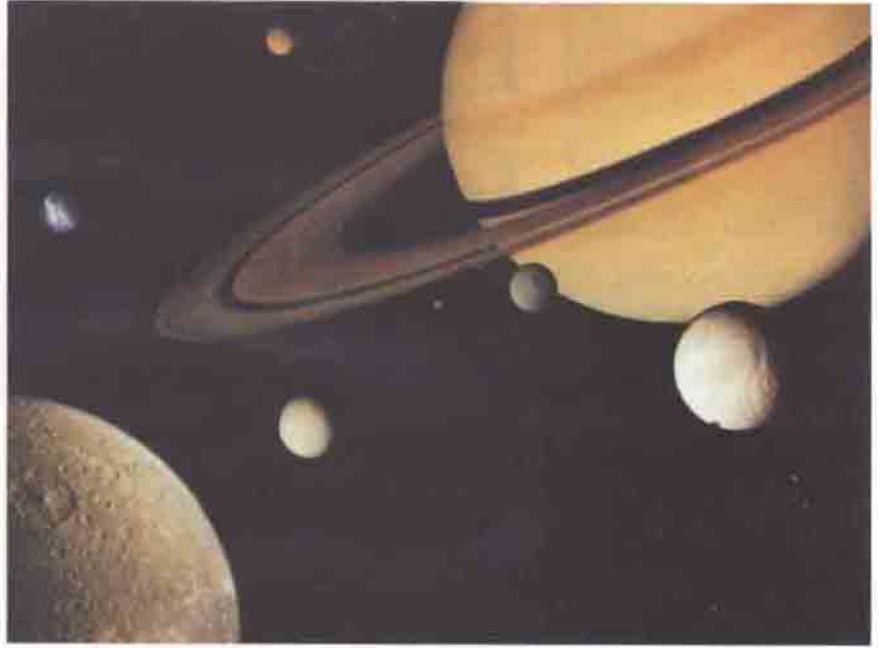
arasında değişiyor. Biz tepesinden bakamadığımızdan bu halkaları elips şeklinde görüyoruz. Halka sistemini, kendi yaptığı teleskobuyla ilk gözleyen Christiaan Huygens, tek bir büyük halka gözleyebilmiş. Jean-Dominique Cassini ise 1675 yılında, daha gelişmiş bir teleskop ile yaptığı gözleminde, halkanın bir bütün olmadığını ve aralarında boşluk bulunan iki halkadan meydana geldiğini keşfetmiş. O boşluk artık Cassini Aralığı diye anılıyor.

Voyager 1 ve 2'nin, 1980 ve 1981 yıllarında gönderdiği verilerden biliyoruz ki aslında aralarında boşluk bulunan yedi asıl halka var. Bunlar da A, B, C, D, E, F ve G halkaları olarak anılıyor ve aslında binlerce ince halkanın bir araya gelmesinden oluşuyor.

Milyarlarca kaya parçasının nasıl olup da böyle etkileyici bir halka sistemi oluşturdukları tam olarak bilinmiyor. Ancak bazı tahminler var. Satürn'ün yörüngesindeki iki uydunun çarpışması sonucunda ya da büyük bir meteorun veya kuyruklu yıldızın uydulardan birine çarpmasıyla oluşmuş olabilirler. Halkalardaki parçacıkların, Satürn etrafında bu şekilde yer alması da Satürn ve yakın uyduların çekim etkilerine bağlıdır.

Satürn, toplam 18 uydusu ile Güneş Sistemi'nin en çok uydusu olan gezegeni. Yeni bulunacak uydularla bu sayı daha da artabilir. Tüm uyduları Satürn'ün ekvator düzleminde döner ve yörüngeleri daireye yakındır. Hepsinin yoğunlukları 2 g/cm³'ten düşüktür. Buradan da %30-40 oranında kaya ve %60-70 oranında sudan oluştuğu tahmin ediliyor.

Titan, Jüpiter'in uydusu Ganymede'den sonra Güneş Sistemi'nin ikinci büyük uydusudur. Merkür ve Plüton'dan bile büyüktür. Titan'ı ilk olarak, 1655 yılında Huygens gözler. Ancak o dönemde Satürn Sistemi'ni tek gözleyen o değildir. Çağdaş Cassini de 1671-1684 yılları arasında yaptığı gözlemlerle Satürn'ün diğer



uydularından Iapetus, Rhea, Tethys ve Dione'yi bulur. Sonraki 300 yıl boyunca Mimas, Enceladus, Hyperion, Phoebe, Epimetheus, Janus, Telessto, Calypso ve Helene keşfedilir. Voyagerlar da Atlas, Pandora, Prometheus ve Pan'ı keşfeder. 1995 yılında da bilim adamları Hubble Uzay Teleskobu'nun gönderdiği fotoğraflarda, uyduları olabilecek 4 cisim tespit etmiştir.

Satürn Sistemi'ni 4 yıl boyunca inceleyecek olan Cassini'nin görev süresi, fırlatılıştan 3921 gün sonra, 30 Temmuz 2008'de sona erecek. Ancak bu, Cassini'nin o tarihten sonra da Dünya'ya bilgi göndermeyeceği anlamına gelmiyor. Mars'a iniş yapan Viking 1 ve Viking 2, 90 günlük esas görev süreleri dolduktan 3 yıl sonra bile Dünya'ya veri aktarmayı sürdürmüşlerdi. Pathfinder ise, 1 hafta olan esas görev süresi çoktan bitmiş olmasına rağmen hâlâ yeni bilgiler gönderiyor. Cassini'nin 4 yıl boyunca yapacağı manevralarda kullanılacağı yakıt, deposundakinin yalnızca yarısı kadar. Elektronik cihazlar için elektrik üreten RTG'ler (Radyoizotop Isı Jeneratörleri) ise daha yıllar boyu üretimlerini sürdürebilir. Bu nedenle bilim adamları, 4 yıllık esas görev süresinden sonra Cassini için yaklaşık 5 yıllık bir "uzatılmış görev" düşünüyorlar. Bu ek görevin hedefleri daha belli değil. Birçok olasılık söz konusu. Örneğin, esas görevi biten Cassini sürekli ola-

rak Titan'ın yörüngesinde kalarak onu gözleyebilir. Ya da Titan'ın kütleçekim desteğinden yararlanarak Satürn Sistemi'ni tamamen terk edip yeni bir gezegeni incelemeye gidebilir. Ancak Satürn Sistemi, uzun uzun incelemek için yeterince ilginç. Ayrıca esas görev esnasında hiç umulmadık gerçeklerle karşılaşılıp onların incelenmesi düşünülebilir. Başka olasılıklar da var; yakın uydular hakkında bilgi toplanması ya da Satürn'e daha da yaklaşarak (esas görev tamamlanmış olduğuna göre biraz risk alınabilir) gezegen ve halkaları hakkında daha ayrıntılı incelemeler yapılması.

Bilim adamları henüz seçimlerini yapmış değiller. Çünkü bunları planlamak için daha çok erken. Büyük bütçeli gezegen araştırma projelerinin sonuncusu olan Cassini/Huygens Projesi'nde, ilk bilgilerin Dünya'ya gelmesine daha yaklaşık 75 ay var.

Çağlar Sunay

Kaynaklar
Moore, P. *Gezegensysteme*, (Çeviri: Özgür Örsal) TÜBİTAK, Ankara, 1996
<http://www.jpl.nasa.gov/cassini>
<http://www.esa.int>
<http://atdrl.atsdr.cdc.gov/0080>
<http://www.jpl.nasa.gov/cassini/rtg>
<http://www.jpl.nasa.gov/cassini/rtg/power.htm>
<http://www.jpl.nasa.gov/cassini/rtg/rtg.htm>
<http://www.animate.dsoftware.com/cassini/bp9708ps.htm>
<http://www.wired.com/news/technology/story/1054.html>
<http://www.secs.org/spacereview/cassini/rtg.html>
<http://loveearth.com/jlinton.htm>
<http://www.ps.org/main/facts/primec.html>
<http://www.flatday.com/space/>
<http://www.afnews.com>
<http://lana.noep.wisc.edu/>