

AYLIK POPÜLER BİLİM DERGİSİ

BİLİM ve TEKNİK



YENİ UFUKLAR

TİTAN'A ZİYARET

TEMMUZ 2004 SAYISININ ÜCRETSİZ EKİDİR

HAZIRLAYANLAR

PROF. DR. MEHMET EMİN ÖZEL - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi -Astrofizik Araştırma Merkezi

DOÇ. DR. AYŞEGÜL YILMAZ - ÖMÜR MERİÇ - Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi-Fizik Bölümü

SIRA

Büyük gezegenlerarası keşifler çağında, yeni bir adımdayız: 7 yıldır yolda olan Cassini uzay aracı Temmuz'da hedefine ulaşma durumunda ve bize, Satürn ve uyduları hakkındaki bilgilerimizi yenileme ve tamamlama fırsatı verecek. Hedefte, Satürn'ün kendisi kadar, hatta ondan daha da önemli olan, bu gezi sırasında ana gemiden ayrılacak ayrı bir uzay aracı Huygens tarafından yüzeyine inilerek incelenecek olan Titan var. Yeryüzünde hayatın başlama dönemlerine ilişkin bazı bilgilere ulaşma olasılığı, bu ziyaretin önemini ayrıca artırmakta. Bu ziyaretlerden önce, Titan hakkındaki bilgilerimizi tazelemek, beklentilerimize ulaşma ve elde edilen bilgileri değerlendirme-anlama açısından da önem taşıyor. Bu nedenle, güncel kaynakları da kullanarak hazırladığımız bu gözden geçirmenin tam zamanı olduğunu düşünüyoruz.

Satürn'ün en büyük uydusu Titan'ın keşfi 1655'e kadar gider. O yılın Mart'ında Hollandalı tanınmış fizikçi ve gökbilimci Christian Huygens, yeni tasarlayarak yaptırdığı çok uzun odaklı ve zamanının en ileri optik teknolojilerini içeren teleskopunu Satürn' çevirdiğinde, gezegene eşlik eden küçük

'yıldızı' hemen farkettiler. Takip eden gözlemlerle, gözcü güzellikteki gezegene eşlik eden bu uydusunun adını koydu, yörüngesini belirledi, parlaklığını ve yaklaşık kütlesini hesapladı. Takip eden 300 yıl boyunca onun hakkında bildiklerimiz bunlardan ibaretti.

1940'larda bir başka Hollandalı gökbilimci, Gerard Kuiper, tüm gezegenler ve uydularının yansıttıkları ışığın renk-ayrışımı (spektral) incelemesine başlamıştı. Titan'dan yansıyan ışıktaki, metan gazı CH_4 'ün soğurma bantlarını gördü (Şekil 1). Aynı gaz, Jüpiter ve Satürn'ün ışığında da ko-

TİTAN'DA

layca farkediliyordu. Kuiper bize Titan hakkında diğer çok önemli bir bilgiyi getirdi: Bu ayın bir atmosferi olmalıydı!

Aslında, dev gezegenlerin büyük boyutlu aylarının atmosfere sahip olabilecekleri, ondan 20 yıl kadar önce, Sir James Jeans'ın kuramsal çalışmalarıyla öngörülmüştü. Jeans, o sırada, gezegenlerin sahip oldukları atmosferlerin, hangi koşullarda gezegenlerinden kaçabileceğini hesaplamaya çalışıyordu. Kolayca farkına vardı ki, bir gezegenin sahip olduğu gaz zarfını Güneş Sistemi'nin yaşamı boyunca tutabilmesi için, yeteri büyüklükte yoğunlaşmış (katı ve sıvı) kütleye ve ve çarpışan gaz moleküllerinin kaçış hızlarına erişmesini engelleyecek düşük sıcaklıklara sahip olmalıydı. Hidrojen (H ve H₂) ve helyum (He) gibi düşük molekül ağırlıklarına sahip gazlar çok düşük sıcaklıklarda bile kaçış hızına ulaşabildiklerinden, kolayca gezegeni terkedebiliyorlardı. Metan gibi ağırca ve çok düşük sıcaklıklarda yoğunlaşan gazlar, Titan durumundaki gök cisimleri için uygun atmosfer malzemesi oluşturuyordu.

Titan'da gözlenen metan hangi miktarda ve orandaydı? Atmosferinde başka hangi gazlar vardı? Buralarda nasıl ortaya çıkmışlardı? Uydunun yüzey koşulları nelerdi? Bulutları var mıydı? Jüpiter ve Satürn'ün aksine, Titan atmosferinde H ve He beklenmiyordu. Ancak, yeryüzündeki en büyük teleskoplar bile, bu 1 milyar km ötedeki gök cismi için fazla şey gösteremiyorlardı. 1980'e ulaştığımızda, Titan atmosferi hakkındaki bilgilerimiz ve tahminlerimiz çok belirsizdi. Örneğin, yüzeydeki atmosfer basıncı hakkındaki modellere göre bu değer, yeryüzü basıncının 50'de biri de, 20 katı da olabilirdi!

Neyse ki yardım 3 yıldır yoldaydı! Voyager 1 (Gezgin 1) adlı gezegenlerarası uzay aracı, Kasım 1980'de Titan'ın 4000 km yakınından geçecek



Hubble Uzay Teleskopu HST tarafından 6.8.1995'te alınan bu resimde Titan, yatay durumdaki gezegen halkalarına ve Satürn'ün diskinde oldukça yaklaştığı durumdadır. Bu 4 renkli kompozit görüntüde Titan, solda halkaların hemen üstünde turuncu rengeyle fark ediliyor. Titan'ın Satürn diski üzerindeki gölgesine dikkat ediniz.

bir yörünge üzerindeydi. Bu, yeryüzü gözlem uydularının yüksekliklerinden pek de farklı bir uzaklık değildi. Araç üzerindeki tüm gözlem ve kayıt sistemleri işe koyuldu. Birkaç gün içinde, Titan hakkındaki bilgilerimiz tümüyle yenilendi. Voyager'dan gelen verilerin bir bölümü hâlâ inceleniyor ve Hubble Uzay Teleskopu (HST) ve diğer büyük teleskoplarla yapılacak gözlem tekliflerinde temel argümanlar olarak kullanılıyor.

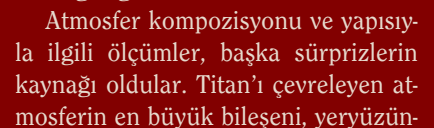
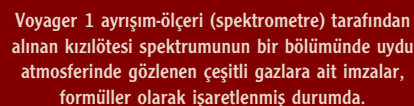
Titan'ın Oluşumu ve İç Yapısı

5150 km'lik çapıyla Merkür gezegeninden (çapı 4800 km) büyük bir ay olan Titan, iri uydular arasında da Jüpiter'in ayı Ganimed'i (çapı 5270 km) izler. Aslında onu, Jüpiter'in Europa, Ganimed ve Kalisto'su, Neptün'ün Triton'u ve Plüton-Karon sisteminin de dahil olduğu iri-buzcul aylar grubunun bir üyesi saymak gerekir. Ortak ve farklı yönleriyle, Güneş Sistemi'nin diğer daha küçük buzcul üyeleri (örneğin, Plüton-ötesi küçük gezegenler Kora (Qouora), Sedna ya da kuyruklu yıldızlar) arasındaki ilişkiler de şu an-

da tümüyle açıklığa kavuşmuş değildir. Bildiğimiz, tüm bu Güneş'e çok uzak cisim ya da cisimciklerin su buzu ve kum-benzeri silikatlar ve düşük sıcaklıklardaki oluşumları sırasında bu yapıda hapsedilmiş ya da donmuş, erimiş gazlar içerdikleri. Bunların son kompozisyonlarını belirlemede, yalnızca Güneş'ten uzaklık değil, uyduların ana gezegenlerine göre konumları da önemli görünüyor. Burada da sıcaklık temel değişken. Örneğin hesaplar, Jüpiter'in oluşum sırasında çok fazla ısı yaydığını ve hatta belli oranda 'ışıldığını' gösteriyor.

Jüpiter'in bu sıcak evresinin sonuçlarını, bu gezegenin Galile uydularının yoğunluk dağılımında hemen görebiliyoruz. Yakın uydular İyo ve Europa, uzak uydular olan Ganimed ve Kalisto'dan daha yoğun cisimlerdir. Bir anlamda, Jüpiter dizgesi, Güneş Sistemi'mizin iç ve dış gezegenleri için de bir model olarak alınabilir. Yüksek derecede uçucu malzemeler (gezegenler için H ve He, aylar için su buzu) açısından zengin bileşikler ana gök cisimlerinde uzakta, görelî olarak daha soğuk bölgelerde oluşmuşlardır. Jüpiter'de bu etkilerin yarattığı dramatik sonuçları, İyo gibi 'ateşcil', Europa gi-

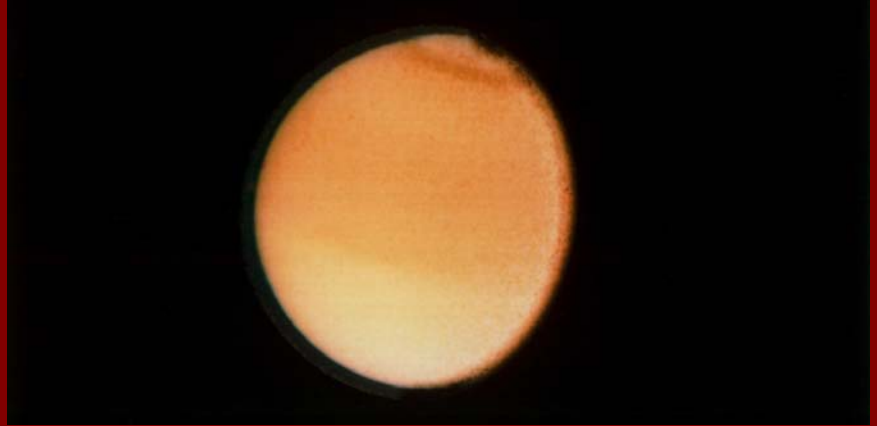
Daha sonraki dönemlerde, Titan'ın yapısındaki taşıl bileşenlerin içerdiği kısa yarı-ömürlü radyoaktif izotoplar, ek bir ısı kaynağı oluşturdular. Dünya ve diğer iç gezegenlerdeki erime ve farklı tabakalar oluşturma sürecine benzer şekilde, bu uzak uydunun da taşıl ve diğer göreceli olarak ağır malzemenin oluşan bir çekirdeği ve buzlar-



de olduğu gibi, molekül haldeki azot (N_2) idi. Gerçekte azotun miktarı yeryüzündekinin 10 katı kadar daha fazlaydı ve sonuçta, atmosfer basıncı deniz seviyesindeki dünya atmosfer basıncının 1,5 katına ulaşıyordu. Yani, kısaca değinilen 'Titan Atmosferi' modellerimizden uç değerlere sahip olanlardan hiç biri doğrulanmadı. Bunlar arasında, yaratıcısının adıyla, 'Donald Hunten modeli' olarak da bilinen, 'yüksek basınç, zengin azot' modeli sıcaklık ve basınç profili olarak en uygunuydu; ancak, uydu yüzeyindeki en yüksek basınç sınırını 20 atmosferden 1,5 atmosfer düzeyine çekmek gerekiyordu.

Voyager ziyaretinden önce atmosferde varlığı belirlenmiş olan metan'ın, oran olarak beklenenden düşük olduğu ve bunun yükseklikle değiştiği (%1-6 arasında) gözlemlendi. Atmosferin üst tabakalarında azot ve metan molekülleri Güneş'in morötesi ışınları ve Satürn'ün manyeto-küresinden yağın elektronların etkisinde sürekli olarak parçalanmaktaydı. Daha sonra bu molekül parçaları, çok düşük (milyonda ya da milyarda birkaçla ifade edilebilecek) oranlarda, fakat dikkati çekecek bir çeşitlilik sergileyerek farklı moleküllere dönüşüyordu. Bunlar arasında, yeryüzünden iyi tanıdığımız etan (C_2H_6), asetilen (C_2H_2), etilen (C_2H_4), propan (C_3H_8) gibi hidrokarbonlar yanında, hidrojen siyanid (HCN), siyanojen (C_2N_2) gibi azot bileşikler, karbonmonoksit (CO) ve karbondioksit (CO_2) gibi oksijen bileşikler

TİTAN atmosferinin kompozisyonu		
Ana Bileşenler:		yüzde oranı
Azot (N_2)		82-99
Metan (CH_4)		1-6
Argon (Ar)		< 1-6
İkincil Bileşenler	milyonda kısım (ppm)	
Hidrojen (H_2)	2000	
Hidrokarbonlar:	26	
Etan (C_2H_6)	20	
Asetilen (C_2H_2)	4	
Etilen (C_2H_4)	1	
Propan (C_3H_8)	1	
Metilasetilen (C_3H_4)	0,03	
Azot Bileşikler	1	
Hidrojen siyanid (HCN)	1	
Siyanojen (C_2N_2)	0,02	
Siyanoasetilen (HC_3N)	0,03	
Asetonitril (C_2H_3N)	0,003	
Oksijen Bileşikler	50	
Karbonmonoksit (CO)	50	
Karbondioksit (CO_2)	0,01	



ri vardı. Beklenenden çok fazla miktarda hidrojen molekülü (H_2) gözlenmesi, bu moleküllerin parçalanmış metan moleküllerinden sürekli olarak taze üretildiğini ve üretim-kaçış dengesinin bu oranlarda sağladığını göstermekteydi.

Titan, genellikle Satürn'ün manyetoküresi içindedir. Ancak, bazan manyetoküre sınırında, bazen de onun dışında, doğrudan Güneş rüzgarı altında olabilir. Voyager1 gözlemleri Titan'ın kendine ait ölçülebilir bir manyetik alanı olmadığını gösterdi. Yani, Güneş, Jüpiter ve Satürn 'rüzgarlarını' oluşturan iyonlar ve manyetik alanlar, Titan'ın üst atmosfer tabakalarıyla doğrudan etkileşebilirler. Atmosferin yüksüz gaz molekülleri, yüksek hızlara sahip olabilen iyonlar ve elektronlarla çarpışarak iyonize olurlar. Bu oluştuğunda, manyetik alanlar taze oluşmuş iyonları uzaklara taşıyabilir. Yani, Titan, bu etkileşimler sonucu, yalnızca hidrojenini değil, diğer gaz bileşenlerini de sürekli şekilde kaybediyor olmalı!

Burada başka bir bilmece çıkar karşımıza: Titan'ın metan ve hidrojeni sürekli olarak parçalanmakta ve bunun bir bölümü uzaya kaçarken bir bölümü de soğuk atmosferde yoğunlaşarak yüzeyde birikmekte. Bugünkü yokolma hızıyla şu an atmosferde gözlenen metan birkaç milyon yılda tükenmiş olmalı. Buysa, uydunun ömrü olan 4,5 milyar yılın binde biri düzeyinde. O zaman, atmosferdeki metanı yenileyen bir kaynak olmalı. Bu, acaba kuyruklu yıldızlar mı, volkanlar mı, toprakaltı kaynakları mı? Şu an bunu bilmiyoruz. Huygens'in açığa çıkardığı önemli sorulardan biri de bu.

Bugün, Titan'da, ilksel (ilkel) hidrojen-zengini yapısından farklılaşma

ve 'evrimleşme'yi sürdüren bir atmosfer var. Bu, yüzeyin çok düşük sıcaklığı nedeniyle, çok da şaşırtıcı değil. Voyager Titan yüzey sıcaklığını 94K (-179 °C) olarak belirledi. Buysa, Güneş'ten o uzaklıktaki atmosfersiz bir gök cisiminden birkaç derece daha yukarıda olan (yani, zayıf da olsa bir sera etkisine işaret eden) bir değer! Bu sıcaklıkta suyun buhar basıncı yok denecek kadar düşüktür. Buysa, Titan'da yüzeyde bulunabilecek katı haldeki suyun (buzun) atmosferdeki fotokimyasal etkileşimlerinde yer almayacağı anlamına gelir. Yani, katı halde olduğundan, Güneş'in morötesi (UV) ışınlarıyla ayrışma gidip metan, hidrokarbonlar, azot bileşikleriyle (nitriller) etkileşebilecek oksijen atomları oluşturamaz. Ancak, Titan'ı olduğu yerden Güneş'e daha yakın bir noktaya (örneğin, Mars yörüngesine) taşıyabileceğimizi düşünsek, atmosferinin karakteri kısa sürede hızla değişecektir. Daha yüksek yüzey sıcaklıkları önemli oranlarda suyu atmosfere taşıyacak ve ortaya çıkacak fazladan oksijen atomları, metan ve yan ürünlerini hızla karbondioksit'e çevirecektir. Buysa, şu anda Mars'ta bulduğumuz, çoğu CO_2 'den oluşan atmosfer demek!

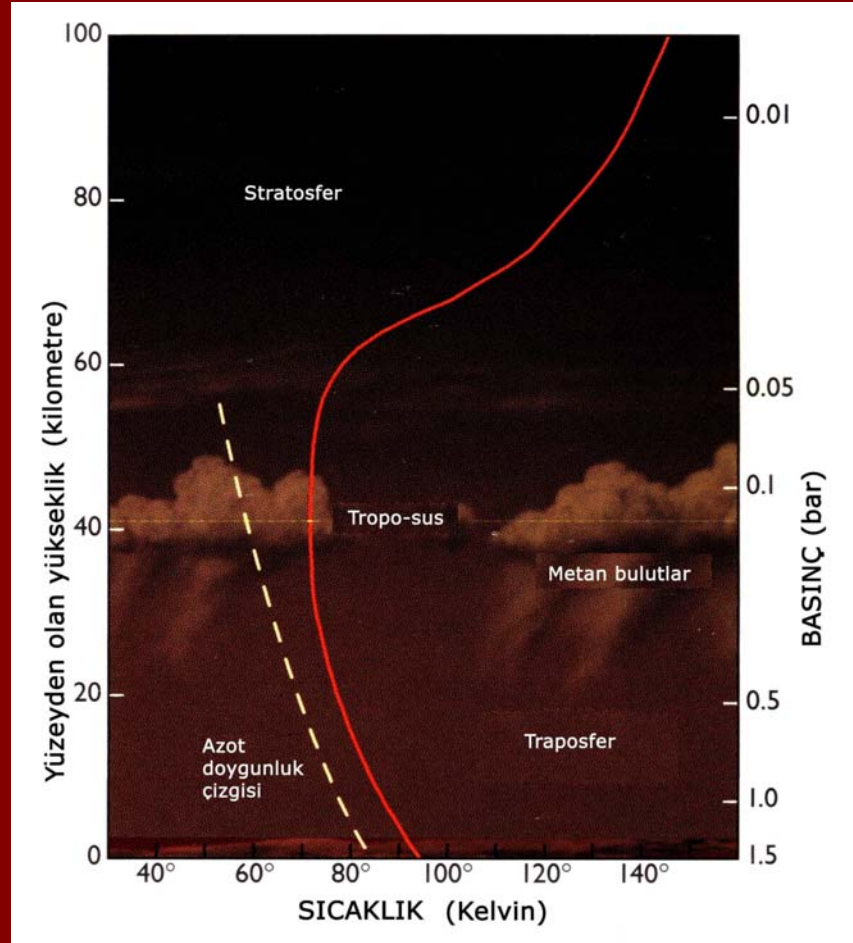
Aslında, bugünkü Titan atmosferinde de karbon bileşikler var: Çok düşük oranda (milyarda 10) karbondioksit, bunun 5000 kat fazlası oranda (milyonda 50) karbonmonoksit. Bu oksijen fakiri dünyada bu nasıl gerçekleşmiş olabilir? Bu açmazın birden fazla çözümü var: İlk çözümde karbonmonoksit (CO), 'ilksel' (primordial) olabilir; yani Güneş Sistemi'ni oluşturan ilk bulutsudan kalmaz. İlk dönemlerde Titan'ın malzemesi olacak buzların içine hapsedilmiş, da-

ha sonra serbest kalmış olabilir. Bu durumda, çoğunlukla Satürn'ün manyetoküresinden kaynaklanan yüksek enerjili elektronlar Titan atmosferini bombardımana uğratarken, CO atomlarını parçalayabilir ve oksijen atomunu uyarılmış bir düzeyde bırakabilirler. Bu O atomlarından bazıları metan moleküllerine rastlayacak ve bir hidroksil kökü (OH-) oluşturacaktır. Bunların bir bölümü, tekrar bir CO ile karşılaşp CO₂ oluşturacak ve H ise sistemden kaçacaktır. Sonuçta, başlangıçta Titan CO içeriyorsa, az miktarda CO₂ de içermelidir. Bu gün gözlenen de bu! İkinci çözümdeyse, CO molekülleri zaman zaman Titan'a çarpacak kuyruklu yıldızlarca taşınmış olabilir.

Bu iki olasılık arasından geçerli olanı belirlemek için atmosferi oluşturan ana elementlerin göreceli izotop oranlarına ve Argon (Ar) ve Neon (Ne) gibi asal gazların göreceli bolluklarına bakmak gerekiyor. Ulaşmamız gereken doğruluk oranları için, Titan'a bir kütle-spektrometresi gönderme gereği ortaya çıkıyor! (Ve Huygens'le yapılacak olanlardan biri de bu!). Ancak, örneğin hidrojenin kararlı izotoplarının bolluk oranlarını dünyamız teleskoplarıyla belirlemek mümkün. Bunun nasıl olabildiğini anlamak için atom fiziği bilgimizi biraz gözden geçirmemiz gerekiyor.

Örneğin, en yaygın hidrojen atomu türü, bir protonla onu çevreleyen bir elektrondan oluşur. Hidrojenin bir proton yerine bir proton ve bir nötrondan oluşan izotopu, döteryum diye bilinir ve kimyada D ile gösterilir. Bunun kütlesi, asıl hidrojenin yaklaşık 2 katıdır. Kimyasal olarak baktığımızdaysa bu izotoplar arasında bir fark yoktur, çünkü kimyasal etkileşimler yalnızca elektronları ilgilendiren süreçlerdir. Ancak, fiziksel olarak, hidrojen ve döteryum çok farklı davranabilirler. Bu nedenle, bu 2 hidrojen izotopunun göreceli bolluk oranları bir gezegen atmosferinde yer alan fiziksel ve kimyasal süreçleri takipte yardımcı olabilir.

Titan atmosferinde hidrojen atomlarının çoğu metan moleküllerindedir. Spektroskopi uzmanları 1 döteryumlu metan molekülü CH₃D ile olağan metan CH₄'ü ayırtedebilirler. Öy-



Titan atmosferinde sıcaklık ve fiziksel özellikler, yükseklikle önemli ölçüde değişime uğrarlar. Yüzeyden 40 km kadar yükseklikte tropo-sus civarında sıcaklığın ters değişime başladığına dikkat edin. Alt atmosfer tabakalarıysa, sıvı azot yoğunlaşma sıcaklığının çok az da olsa, üstünde; fakat, metan buzu bulutları ve sıvı etan yağmurları, dikkate değer ciddi olasılıkları.

le anlaşıyor ki, döteryum, Titan'daki metan moleküllerinde Jüpiter ve Satürn'ün atmosferindeki metan moleküllerindekilerden 4 ila 8 kat daha fazladır. Bu oranın en çok yarısı uydunun atmosferindeki süreçlerle oluşmuştur. Bu farkın geri kalan bölümü, Titan'daki metan'ın kaynağı hakkında bize bir şeyler söylemek istemektedir. Diğer taraftan, kuyruklu yıldızları incelediğimizde, bunların buzlarındaki D/H (döteryum/hidrojen) oranı dünya denizlerindeki suyun oranından 2, Titan'daki orandan 4 kat yüksektir. Bu döteryum zenginleşmesi, kuyruklu yıldızları oluşturmak üzere donacak olan ilksel gaz bulutundaki iyon-molekül etkileşimlerinin sonucu olmalıdır. Suyun Titan'daki buzlarıyla kuyruklu yıldızlardaki buzları birbirlerine ne kadar benzer?

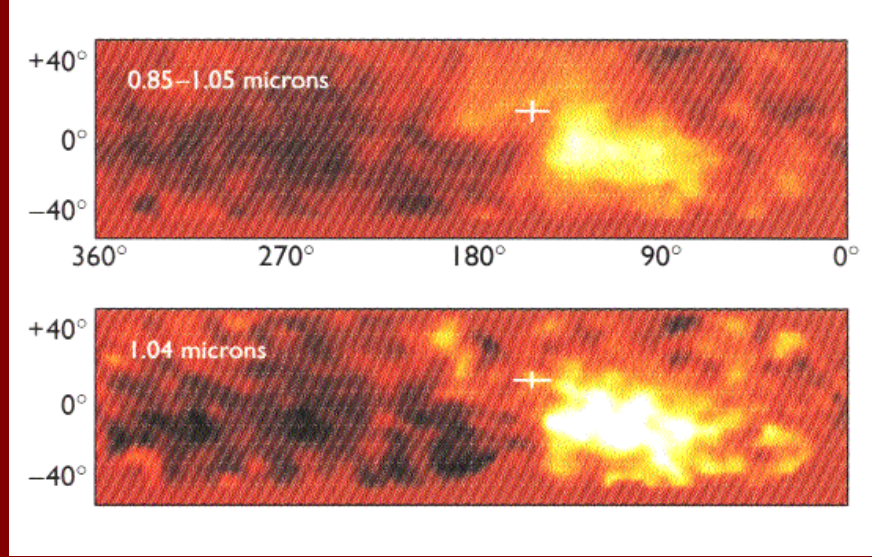
Bunu bilmiyoruz; ancak, şunu öngörebiliriz: Titan'ın metan moleküllerinin bir bölümü döteryum zengini buzdan oluşmuş olabilir. Titan meta-

nındaki D/H oranı kuyruklu yıldızlardakinden daha düşük. O zaman, Titan'ı oluşturacak malzeme, Satürn alt-bulutuyla döteryum ve hidrojen değişimine fırsat bulmuş olmalı. Böylece, 'Titan'ın kabuk ve manto yapısında yer alan buzların, döteryum açısından kuyruklu yıldızlardan daha az zenginleşmiş duruma ulaşmış olduğu' öngörüsünde bulunabiliriz. Titan atmosferindeki metanın bir bölümü, uydunun ilk yığılma döneminde oluştuysa ve izleyen kuyruklu yıldız çarpmalarıyla D/H oranı açısından zenginleştiyse, gözlediğimiz ara değerlerde D/H oranları açıklanmış olur. Ancak, bu tek olası açıklama değil ve yarışan başka senaryolar da olabilir. Bu ilginç özelliklere sahip atmosferin gerçek kökenini ortaya çıkarabilmek için, hem Titan'daki diğer elementlerin izotop oranlarına, hem de kuyruklu yıldızlar ve diğer gezegenlerin atmosferleri hakkında daha fazla bilgiye gereksinim var.

Atmosferin Dikine Yapısı, Pus ve Bulutlar

Titan, halen, Güneş Sistemimizdeki keşfedilmemiş en büyük yüzeye sahip. Atmosferinde her tarafı kaplamış görünen bir pus, ışığa geçit vermez yapısıyla, Titan'a turuncu renkli bir tenis topu görüntüsü veriyor. Pusu oluşturan askı maddelerinin yapısını ve özelliklerini anlamak, bizden çok sıkı şekilde gizlenen bu yüzeye göz atabilmenin yollarını bulmak için gerekli. Bunun için ilk yapılacak şey, atmosferdeki sıcaklığın yüzeyden olan yükseklikle nasıl değiştiğini anlamak. Bu amaca yararlı bilgiler, Voyager üzerindeki kızılöte-ayrıştırıcısı (IR spektrometre) ve radyo-örtme deneyleriyle elde edilmiş. Bu bilgilerin senteziyle bir atmosfer yükseklik kesiti elde edildi. Buna göre, sıcaklık, en alt katmanı oluşturan troposferde yüzeyden başlayarak azalıyor ve bu, 42 km yüksekteki tropo-sus (tropo-pause) hattına kadar sürüyor. Bu noktadan başlayarak sıcaklık artmaya başlıyor ve yüzeyden 80 derece daha yüksek olan 175K değerine ulaşıyor. Bu sıcaklık değişimi, Titan atmosferinin üst tabakalarına ulaşan morötesi Güneş ışınlarının sonucu. Morötesi ışınların soğurulması, yukarıda anlatılan foto-kimyasal süreçlere katkıda bulunduğu gibi, oluşan molekülleri uyarıyor ve askı maddelerini ısıtıyor.

Veryüzünde kent merkezlerinde oluşan sis ve duman, yüzeyden 1 km kadar yüksekliğe ulaşabilmekte. Titan'ın askı tanecikli pusu da, yüzeyden 200 km kadar yukarıda. Bunun da üzerinde, tekrar 100 km'lik bir kalınlığa ulaşan daha ince ve ayrı bir tabaka var. Voyager resimlerinde bu iki tabaka birbirine karışmış durumda. Aslında Titan atmosferindeki askı parçacıkları, sayı olarak birim hacimde birkaçı geçmez. Ancak, pus, tüm atmosfer derinliği göz önüne alındığında, yüzeyi bizden tümüyle gizleyecek kalınlığa ulaşır. Şimdilerde, bu askı maddelerinin bir bölümünün, atmosferi oluşturan gazların yoğunlaşmış şekilleri olduğu anlaşıldı. Hidrojen ve CO hariç ikincil bileşen konumundaki tüm gazlar, tropo-sus sıcaklıklarında (yaklaşık 70K) yoğunlaşacaklardır. Gerçekten de bu ikincil



Titan yüzeyindeki bu parlak ve karanlık yapılar HST tarafından 1994'te elde edildiler. Yüzeyin kompozisyonu bilinmemekle birlikte, tek düze olmadığı görülüyor. Türkiye'nin 15 katı (yaklaşık Avustralya) büyüklüğündeki parlak kıtasal yapı daha uzun dalga boylarında (altta) daha iyi ortaya çıkıyor. Resimlerde gösterilen + işareti Huygens'in iniş yapacağı alanın yaklaşık konumu.

gazların CO hariç tümü, gaz olarak bulunamayacakları troposferde değil, daha üstteki tabakayı oluşturan stratosferde gözlenmişler.

Voyager görüntülerinde ortaya çıkan pus tabakaları, renkleri bakımından da yalnızca yoğunlaşmış ürünler olamazlar. Bu tür ürünlerin beyaz ya da gri renk taşımaları beklenirdi. Gözlenen kirli turuncu renk, basit molekülleri daha karmaşık ürünlere dönüştüren ek kimyasal süreçlerin varlığına işaret ediyor. Bu son-ürünlerin bir bölümü, büyük bir olasılıkla, zincir şeklinde tekrarlı yapılardan oluşan polimerler olabilir. Hidrojen siyanid (HCN) ve asetilen (C_2H_2) moleküllerinin gözlenen etkilere katkıda bulunacak koyu renkli polimerler oluşturduğu biliniyor. Titan atmosferinin ana elemanlarını, farklı enerji kaynakları etkisinde bir araya getiren laboratuvar deneylerinde, koyu renkli organik bileşikler kolaylıkla oluşturulabiliyor. Ancak, henüz laboratuvar benzetimleriyle uydunun atmosferinde bulunanları tümüyle uyuşturan, yeterince doyurucu sonuçlara ulaşılamamış durumda.

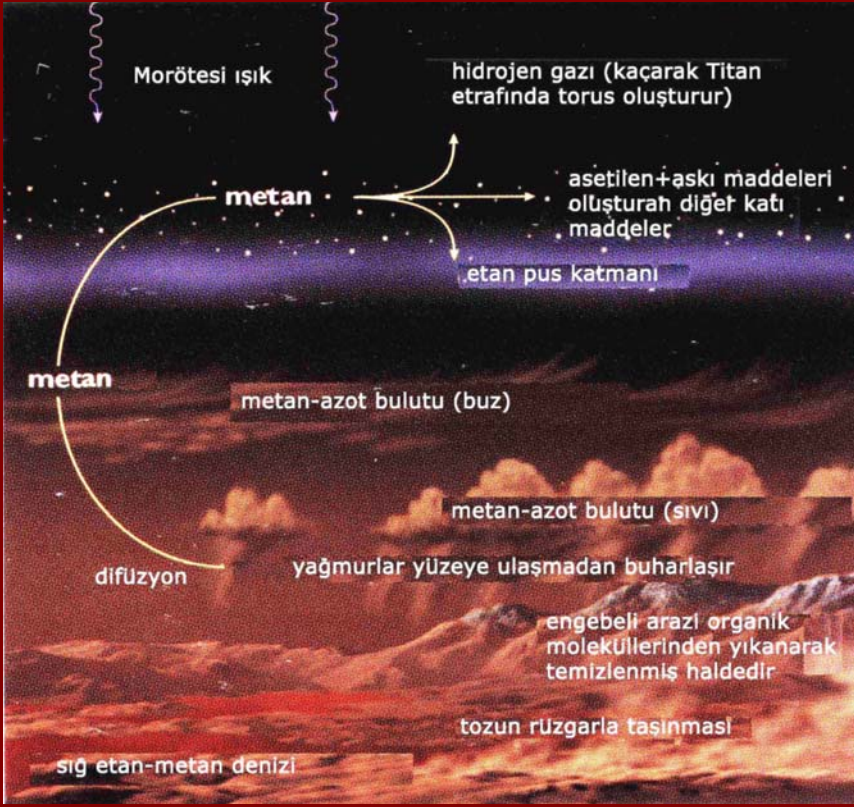
Yanabilecek Denizleri Olan Bir Uydu

Özetle, Titan çevresinde gördüğümüz kalın ve fotokimyasal duyarlılık gaz ve sis tabakasının tam kompozis-

yonu bilinmemekle birlikte, birçok bileşiğin zengin bir karışımı olduğu düşünülüyor. Yalnız bir nokta çok açık: Askı maddeleri sonsuza dek bu durumda kalamazlar. Voyager gözlemleri havadaki parçacıkların ortalama çap büyüklüğünün 0,2 ila 1,0 mikron arasında olduğunu gösteriyor. Parçacıklar büyüdükçe, atmosferden ayrılarak uydu yüzeyine yoğunlaşacaklar. Bundan sonra olacaklar, yerel sıcaklık ve topoğrafyaya bağlı. Bunlar oldukça dikkate değer olaylar olabilir: Örneğin, metan, Titan'ın dondurucu yüzeyine bir sıvı olarak yoğunlaşmış olabilir!

Sıcaklığın yükseklikle değişiminin yakından ve dikkatli bir çözümlemesiye bunun olanak dışı olduğunu gösteriyor. Fakat, atmosferin alt tabakalarında metan kristallerinin oluşturduğu ince bulutlar var olabilir.

Titan atmosferinde yalnızca eser miktarlarda bulunmasına karşılık etan'ın öyküsü daha ilginç. Yoğunlaşan etan molekülleri Titan'ın alt atmosferinde alçılırken bulutlar ya da pus meydana getirebilir; ancak, yüzeyde sıvı halde olmak zorunda. Güneş Sistemi'nin yaşamı boyunca Titan'da ne kadar etan olduğu hesaplanabilir. Etan, metanın fotokimyasal çözülmesinde en yaygın olarak oluşan ürün. Sonuç şu ki, bu dikkate değer uydunun yüzeyi ortalama birkaç km derinliğinde, global büyüklükte bir etan okyanusuyla kaplı ola-



Sıvı hidrokarbonlarla dolu parça-bölük göl ve denizler, yüksek bulutlar ve sık yağmurlarla Titan üzerinde etan-temelli bir 'hava çevrimi'ni besleyebilirler. Bu çevrim, atmosfere kararlı bir metan akışını sağlıyor olabilir. Metan'ın bir kısmı daha karmaşık bileşiklere dönüşmüş olabilir. Titan üzerinde küresel boyutta bir okyanus bulunmaması beraber, yüzeyde genişliği ve derinliği iyi bilinmeyen sıvıyla kaplı bölgeler bulunmakta.

bilir. Bu okyanusta erimiş halde azot, metan ve tablodaki diğer gazlar da olacaktır. En dipte, bu sıvıda çözülmemen askı maddeleri (yalnızca en hafif olanlar yüzüyor olabilir) ve kurubuz (karbondioksit buzu) birikintisiyle dolu olacaktır. Etan denizinden yüksekte kalan topoğrafya bölümleri de bu karışımla kaplı yüzeylere sahip olacaktır.

Bununla birlikte, bugün Titan'ın global bir okyanusa sahip olmadığını biliyoruz; çünkü yeryüzü konulu aletlerimizle, pus tabakasının altına nasıl bakabileceğimizi biliyoruz. Mesela radar dalgaları Titan'ın pus tabakasını, Venüs'ü bulut tabakasının geçebildiği kolaylıkla geçebiliyor. Duane Muhleman ve 3 arkadaşı, 1990'larda, Titan yüzeyinin homojen bir yapısı olmadığını, uydunun önden-giden yarıküresi üzerinde parlak bir bölge olduğunu ilk kez ortaya çıkardılar. Aynı dönemlerde başka gözlemciler de, kızılötesi dalgaboylarında Titan atmosferindeki metan'ın neden olduğu soğurma bantları arasındaki bölgede yüzeyi görüntülemenin mümkün olduğunun farkına var-

dılar. Voyager kameraları yalnızca görünür ışığı kaydedebiliyordu; oysa kızılötesi ışıma küçük parçacıklardan oluşan görünür ışığı perdeleyen pus tabakalarından geçebilir. 1994'te bu gerçekten yararlanılarak, Hubble Uzay Teleskopu kullanımıyla, uydunun yüzeyinin 1 mikron civarı dalgaboylarında ilk haritası yapıldı. 10 derece güney enlemi ve 70 derece batı boylamı civarında merkezlenen kıtasal büyüklükteki yapı, radarla yüksek yansıma veren yapıyla aynı şey olmalı. Bu örtüşme bulgusu Titan'da global bir okyanus olmadığını kanıtlıyor (radar dalgaları sıvı bir yüzey yapısı tarafından yansıtılma yerine, yutulmalıdır). Fakat bu yapı ne olabilir? Radardaki parlaklık buranın engebeli bir alan olduğunu düşündürüyor. Engobel, beklenen yüzey örtüsünün parçalı olması durumunda, kızılötesinde de kontrast yaratabilirler.

Peki, o zaman bunca süredir yaratılan etan'a neler olmuş olabilir? Görünen o ki, Titan üzerindeki kimyasal işlemlerle ilgili bilgilerimiz oldukça eksik, ya da etanı periyodik ola-

rak metana çeviren bilinmeyen bir süreç söz konusu. Etanın (aynı şekilde, propanın) oluştuğunu ve yüzeyde yoğunlaştığını biliyoruz. Bu nedenle, yüzeyde, sıvı hidrokarbonlardan denizler, göller ve hatta, su buzundan taban içine oyulmuş yataklarında akan ırmaklar bekliyoruz. Bazı bölümlerde gözlenen buz tabakası ve donmuş CO₂ dışında, bu egzotik manzarayı oluşturan her şey, yüksek derecede yanıcı! Buna, rüzgarların sürüklediği ve çukur ve çöküntülerde birikerek organik maddelerce zengin bataklıklar oluşturan askı maddeleri -aerosol'ler- dahil. Hatta, Titan'da suyun yerini etan'ın aldığı, yeryüzünün hidrolojik su çevriminin benzeri bir süreç işliyor olabilir. Denizlerden ve göllerden buharlaşmayı takip eden atmosferdeki yoğunlaşma, bir yağmurlama sürecini içerebilir. Oluşan ırmaklar suyun dünyada kayalık ortamları oyarak şekil vermesi gibi, Titan'ın buzdan kabuğunu şekillendirebilir. Bütün bu olaylar çarpma kraterleriyle lekelenmiş bir yüzeyde gerçekleşecektir. Bu yüzey ve süreçler Güneş Sistemi içinde benzersiz ve acayip manzaraların kaynağı olabilir.

Titan'ın hidrokarbon denizlerinde bir kayıkta kürek çekmek nasıl bir şey olurdu? Öncelikle alacakaranlık ve soğuk. Atmosfer o kadar yoğun olacak ki, yüzeyde ya da yüzeye yakın yerlerde, enlemle ya da günün saatıyla ya da mevsimlerle değişmeyen bir sıcaklık (aslında soğukluk!) söz konusu. Bir etan bulutuna yakalanmadıysanız, yatay yöndeki görüş de çok iyi olmalı. Aşağı atmosfer tabakalarının görüşü engellemeyeceği, çünkü askı maddelerinin, yükseklerde, oluştukları yerlerde yoğunlaştıkları düşünülüyor. Titan, üzerine düşen Güneş ışığının %80'ini soğurur. Toz parçacıkları görünür ışımının bir bölümünü ve morötesi ışığı soğurur. Metan'sa kızılötesini yutar. Bununla birlikte, öğle vakti, çok daha uzaklardaki Güneş'in ışığı tozlar tarafından süzöldükten sonra yüzeyde, yeryüzündeki dolunaydan 1000 kez daha parlak ve gündüz aydınlığından 1000 kez daha sönük bir aydınlanma söz konusu.

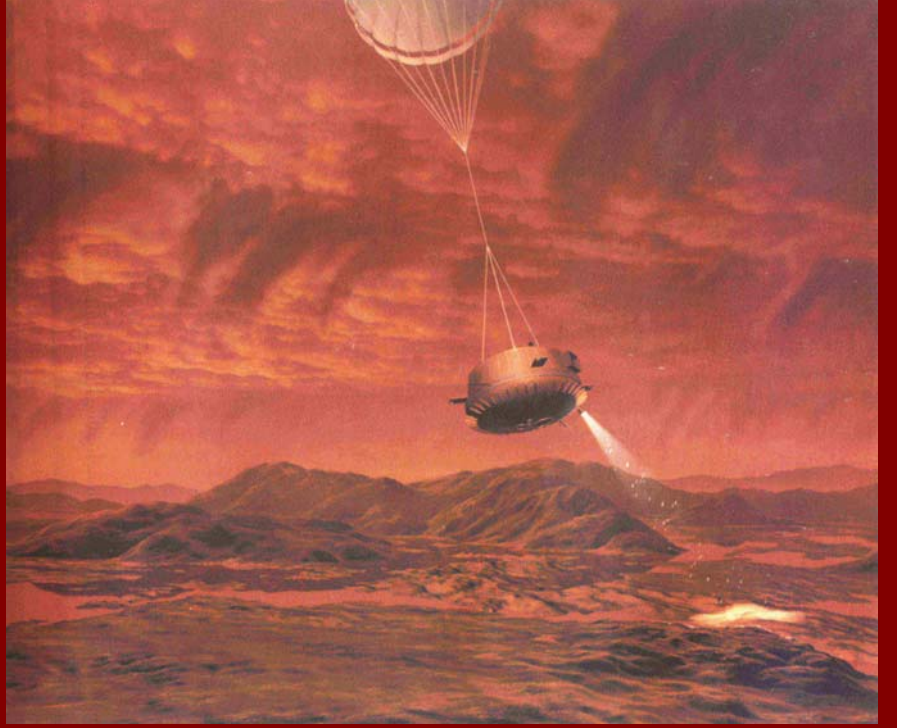
Deniz ve göllerde dalgalar da oluşacak mı? Üst atmosfer tabakalarında

rüzgarlar Titan'ın dönme yönüyle aynı yönde, saniyede 100 m civarında hızlara sahip. Fakat yüzeydeki durum hakkında yeterli bilgimiz yok. Aslında denizlerin varlığı da henüz kesin değildir. Mesela, etan, daha ileri ve karmaşık etkileşimlere katılabilir ve yüzeyde yeteri kadar sıvı içeren denizler oluşturamayabilir. Ancak, göller ya da gölcüklerin varlığına kesin gözüyle bakabiliriz. Dünyadan heyecan verici ipuçları elde etmemize karşılık, ne miktarda sıvı oluştuğunu, bunun içerik ve karışımının ne olduğunu ve Titan yüzeyinde nasıl dağıldığını gösterecek ayrıntıda bilgilerden yoksunuz.

Gelecek Adımlar Neler?

Titan, kuyruklu yıldızlardan dev gezegenlerin çekirdeklerine kadar her şeyi içeren, yüksek oranda buharlaşabilen 'uçucu' malzemelerce zengin, buzcul gezegenimsiler sınıfının bir üyesidir. Kuyruklu yıldızlar bu türden malzemeyi, dünyanın da dahil olduğu iç gezegenlerin atmosferlerine taşıma becerisine sahipler. Bu bakımdan, Titan'ı incelemenin dünyamızla ilgisi sanıldığından daha fazla olabilir. Titan'da, gezegenimsilerde hapsedilen uçucuların oluşturdukları ikincil atmosferlerin oluşumunu ve kuyruklu yıldızların katkılarını inceleyebiliriz. Bu gazlarla sınıfın diğer üyelerinde –özellikle kuyruklu yıldızlarda- bulunanlar arasındaki benzerlikler ve farklılıklar, bunların oluşumundaki süreçler ve koşullar hakkında çok şey söyleyecektir.

Gördüğümüz üzere, önümüzde, zaman içinde geriye gider gibi, karmaşık kimyasal etkileşimlerin bugün halen sürdüğü oksijence fakir ve evrimleşmekte olan ilkel bir atmosferi inceleme fırsatları var. Bu etkileşimler yeryüzünün erken dönemlerindeki kimyadan biyolojiye geçiş yolundaki ilk adımlara benziyor olabilir. Titan'da sıvı halde su olmadığından, üzerinde çok konuşulan, yeryüzünde yaşamın başlangıç dönemlerinin o ilksel çorbasıyla karşılaşmayı ya da ondan örnekler bulmayı bekleyemeyiz. Ancak, Titan, yine de, 'ilksel dondurma'dan örnekler temini açısından



Her şey yolunda giderse, 2005 yılı başlarında Huygens uzay aracı Titan'ın bulutlu atmosferi arasından geçerek yüzeye ulaşacak ve bulduklarını ana gemi Cassini'ye ulaştıracaktır. Araçta, atmosferin özelliklerini ölçecek aletler ve yüzeyi görüntüleyecek kameralar bulunmaktadır.

oldukça 'vaatkar'dır ve bu da bize çok yararlı ipuçları verebilir. (Şunu belirtmenin de zamanı: Kimyasal evrimden biyolojiye geçişte henüz yeterince incelenememiş bir alan var. Titan, kimyasal etkileşimleri çok verimsiz düzeylere düşüren çok düşük yüzey sıcaklığı nedeniyle, bize bu konuda yardımcı olabilecek durumda değil.)

Bu hedef ve olasılıklar zengin bir ürün ve hasat döneminin önümüzde olduğunu bize bildiriyor. Bu amaçla NASA ve ESA tarafından ortaklaşa bir programla Satürn sistemine ve bu arada Titan'a ulaşmak üzere 1997'de yola çıkmış bulunan Cassini-Huygens uzay araçları kompleksi, bugünlerde hedeflerine oldukça yakın durumdadır. Ana gemi olan Cassini, NASA'nın tasarımı ve yörüngeden Titan'ı haritalamak üzere bir radar deneyiyle donanmış durumda. Bu durum, daha önce Amerikan ve Sovyet uzay araçlarının Venüs'ü keşfine ve haritalamasına oldukça benzerlikler taşıyor. Yörünge aracı Cassini, Voyager'dakilere göre çok daha becerikli kameralar ve kızılötesi ve mikrodalgalar spektrometreleri (ışınların dalgaboyu dağılımlarını ölçme sistemleri) taşıyor. Ancak, en çok beklenen ölçümler,

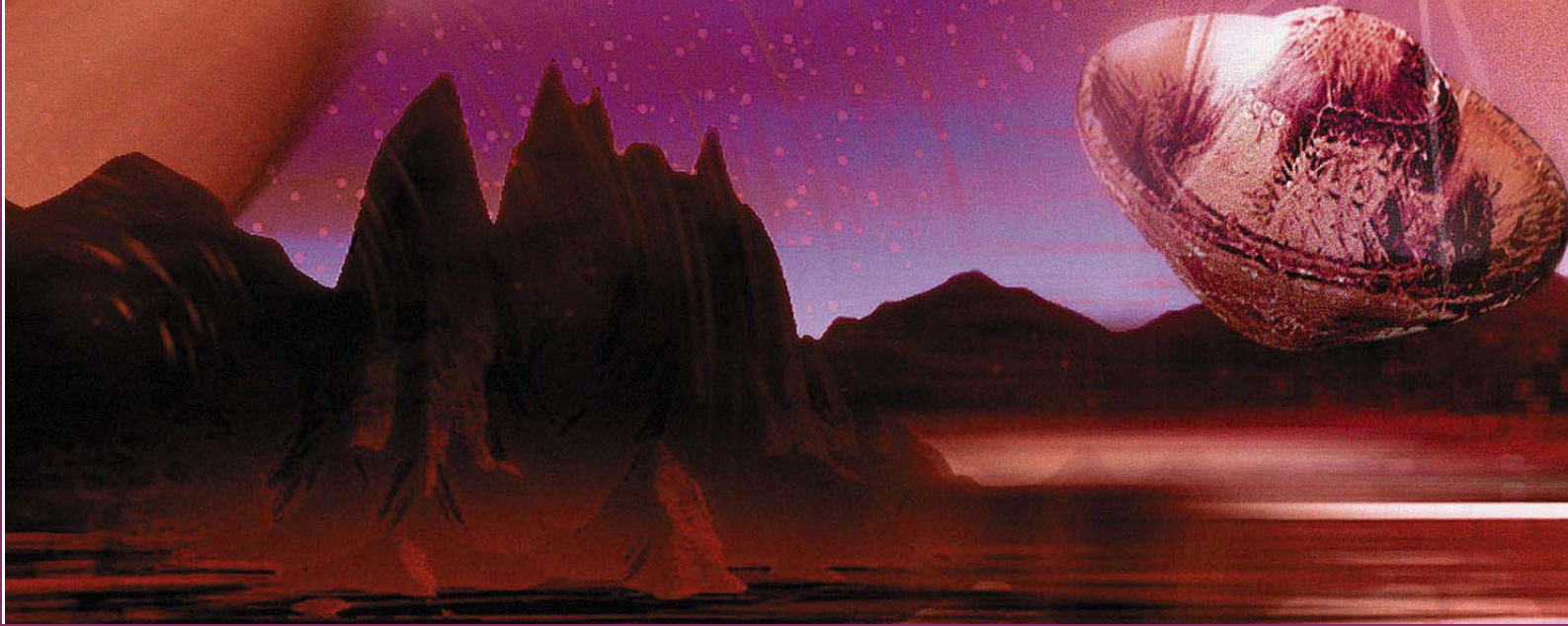
ESA'nın ölçü aletleri ve kameralarla yüklü Huygens'ten gelecek. Son tarihlere göre Ocak 2005'te Titan atmosferinde süzülerek yaklaşık 3 saatlik bir iniş yapacak olan bu araç, atmosferin gazları, bunların karışım ve izotop oranlarını, askı maddeleri tür ve miktarlarını doğrudan belirleyecek. Ayrıca, duyarlı bir kamera, iniş birçok farklı dalgaboyunda kaydedecek. İniş oldukça yavaş olacağından aracın yüzeye sağsalim inmesi olasılığı yüksek. Bu bir 'deniz'e (sıvı bir yüzeye) ya da 'kara'ya olabilir. Bu sırada ve sonrasında da yüzey ölçümleri devam edecek.

Her şey planlandığı gibi giderse, Titan ve Satürn sisteminin geri kalan üyeleri hakkında beklenen yeni bilgiler 2004 Temmuzundan başlayarak dünyamıza akmaya başlayacak. O noktada ve sonrasında, bu gizemli ay'ın Güneş Sistemi'nin erken tarihi ve yaşamın eksik bildiğimiz adımları konusunda bizlere neler anlatmaya çalıştığını daha yakından 'duyma' fırsatını bulacağız!

Mehmet Emin Özel
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Astrofizik
Araştırma Merkezi

(m.e.ozel@comu.edu.tr)

CASSINI-HUYGENS UZAY ARACI SATÜRN YAKLAŞIRKEN



Cassini-Huygens Uçuş Projesi Avrupa Uzay Ajansı ESA, Amerikan Ulusal Uzay ve Havacılık Dairesi NASA ve İtalyan Uzay Ajansı ASI'nın ortak projesi. Ana gemi ve yörünge aracı durumundaki Cassini, NASA tarafından ve üzerinde taşıdığı Huygens sondasıysa ESA tarafından inşa edildi. Sondaya Huygens ismi, Satürn gezegeninin halkalarını ve onun en büyük uydusu olan Titan'ı (1655) keşfeden Hollandalı bilimci Christiaan Huygens (1629-1695) anısına verildi. Yörünge aracıysa adını, Satürn'ün Yapetus (Iapetus), Rea (Rhea), Tetis (Tethys) ve Diyone (Dione) isimli uydularını ve 1675'te de bugün Cassini bölmesi olarak bilinen, Satürn'ün halkalarını ayıran dar karanlık bölgenin varlığını ortaya çıkaran İtalyan araştırmacı Jean-Doninique Cassini'den aldı.

VENUS SÜRN'E N

kademeli roketin 840 tonunu, yakıtı oluşturuyor.

Hedefi Satürn olan Cassini, önce ters yöndeki Venüs'e ulaştı (Nisan 1998). Ondört ay sonra (Haziran 1999), ikinci kez Venüs'ün çekim alanına girip tekrar hız kazandıktan sonra, Dünya'ya yöneldi. Ağustos 1999'da Dünya'nın kütleçekim desteğini de alıp, sonuncu kez hız kazanmak üzere Jüpiter'e ulaştı (Aralık 2000). Bu kütleçekim destekleriyle Cassini, 6 yıl 9 ayın sonunda (1 Temmuz 2004) Satürn'e ulaşacak ve Cassini-Huygens projesinin ilk bölümünü, yaklaşık 3 milyar kilometre süren yolculuk sonrasında tamamlamış olacak.

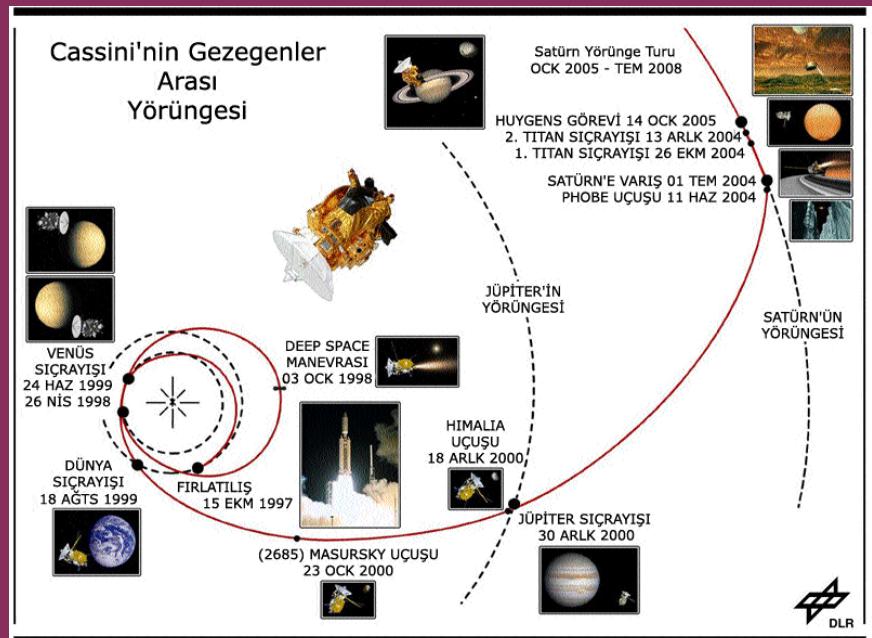
Projenin ikinci bölümü, Satürn sistemi içindeki turlardan oluşuyor. Cassini, 4 yıl sürecek olan bu bölümde; yaklaşık 1,7 milyar kilometre yol katedecek, Satürn'ün çevresinde 75 farklı yörüngede binlerce kez dönecek ve en büyük uydusu Titan'a da 44 sefer düzenleyecek. Ayrıca küçük uydular; Mimas, Enceladus (Enceladus), Diyone, Rea ve Yapetus'a yakın uçuşlar yapacak. Böylelikle, tüm Satürn sistemi (uyduları, halkaları ve gezegenin kendisi) hakkında toplayabildiği kadar bilgiyi toplayacak.

Cassini, Satürn'ün yörüngesine varmasına 19 gün kala, en uzak uydusu olan Fobe (Phoebe)'nin 50.000 km kadar yakınından geçti (11 Haziran 2004). Bu uydusu, diğerlerinin dönüş

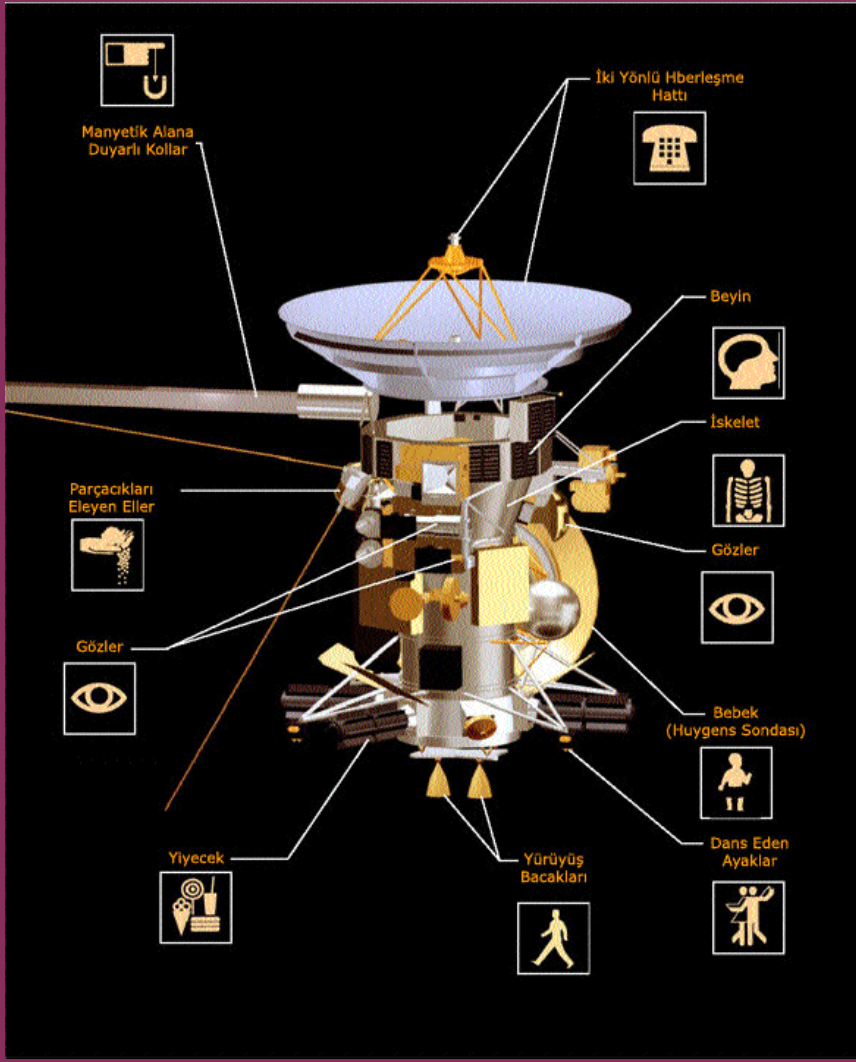
yönünün tersi yönde dönüyor. Bu nedenle bilimadamları, Fobe'nin, yörüngeye sonradan girmiş yabancı bir gök cismi (bir asteroid ya da kuyruklu yıldız) olduğunu düşünüyorlar. Uydunun sıradışı özelliklerinin nedenini bulmak, bilimadamları için ayrıca önemli bir bilimsel hedef. Fobe, Satürn'e çok uzak olduğu için Cassini ona bir daha bu kadar yaklaşamayacak. Dolayısıyla bu yakın geçişin ayrı bir önemi vardır. Ancak, tüm yolculuğun belki de en önemli olayı, saatte 90.000 km hızla Satürn'e yaklaşmakta olan Cassini'nin, yörüngeye girmek için yapacağı manevra. Bu sırada Cassini, roketlerini bir saat kadar ters yönde ateşleyecek. Böylelikle hızını düşürüp Satürn'ün yörüngesine girecek. Manevranın tamamı 100 dakika kadar sürecek ve bu manevrada uzay aracı her eylemi otomatik olarak gerçekleştirecek. Yani komutlar Dünya'dan gönderilmeyecek. Çünkü o komundayken, mesajların Cassini'ye ulaşması 80 dakika sürüyor olacak.

Başarılı olması halinde Cassini, periyodu 5 ay sürecek olan ilk yörüngeye 1 Temmuz 2004'te girecek. İzleyen 4 yıl boyunca 75 farklı yörüngede dolanacak. Zaman zaman Satürn'den uzaklaşıp çevredeki, (yukarıda adı geçen) çoğu buzdan oluştuğu düşünülen uyduları inceleyecek. Ayrıca, yolculuktaki en önemli hedeflerden olan Titan'a da kırka yakın uçuş yapacak. Yörüngeye girme-yörüngede

Toplam ağırlığı 5600 kg ton olan Cassini-Huygens (C-H, ya da kısaca, Cassini) uzay aracının hedefine ulaştırma işlemi için "kütleçekim desteği" adı verilen teknik kullanıldı. Gezegenlerin sıralanışı Cassini'yi Satürn'e en kısa zamanda ulaştıracak şekildeyken, 15 Ekim 1997'de, Cassini uzay aracı Cape Canaveral Uzay Üssü'nden, Titan IVB/Centaur roket sistemiyle fırlatıldı. Bu, Amerikalıların elinde bulunan en güçlü fırlatma aracı. Toplam ağırlığı 940 ton olan dört



Resim 1: Cassini-Huygens Uzay Aracının Rotası



Resim2: Cassini Uzay Aracı'nın ana kısımları (ESA'dan adapte edilmiştir).

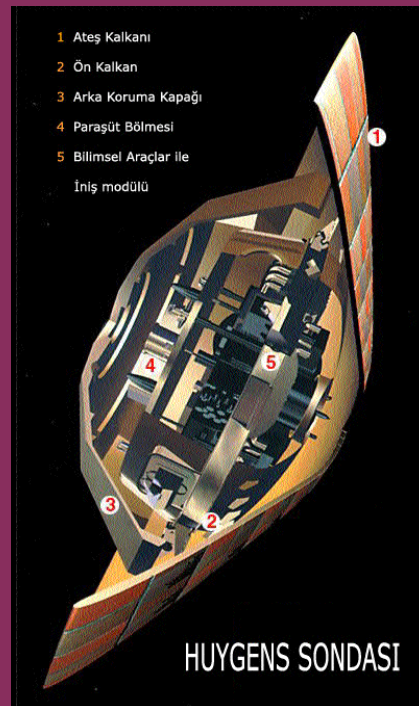
kalma manevralarındaki bir başarısızlık, yıllar süren çalışmaları ve harcanan yaklaşık 3,5 milyar doları heba edecek. Çünkü, bu takdirde, Cassini, büyük bir hızla uzayın derinliklerine doğru yol alıyor olacak.

Bilimciler, daha önceki Voyager gözlemleri, Hubble Uzay Teleskopu ve yer konuşlu teleskoplarla yapılan gözlemlerden Satürn ve özellikle de Titan hakkında çeşitli kuramlar ve modeller geliştirdiler. H-C sisteminin göndereceği görüntü ve verilerin bunları ne derece doğrulayacağı yanında, ne gibi yeni soruların kaynağı olacağını herkesten fazla merak ediyorlar. Acaba gerçekten de Titan'da, öngörüldüğü şekilde, sıvı hidrokarbonlardan oluşmuş göller, denizler, dağlar, vadiler, nehirler var mı? Metan ve etan yağmurları yağıyor mu? Atmosferin gerçek bileşimi nasıl? Uydunun yüzeyi ne kadar Güneş ışığı alıyor? Ve

en önemlisi Titan'da yaşama giden yolu ya da yaşamın kendisini işaret eden ipuçları var mı? İşte tüm bu heyecan verici soruların yanıtlarını bulmak için, Güneş Sistemi'nde atmosferi olan tek uyduya ayrı bir sonda göndermeye karar verdiler. Kasım 1982'de NASA ve ESA işbirliğine karar verilerek "ortaklaşa Satürn-Titan uzay aracı ve Titan'ı ayrıca inceleyecek ek bir sonda" fikri ortaya atıldı. Proje çalışmaları 1990'da başlatıldı ve Satürn sistemine gidecek ve gezegeni ve sistemin diğer bileşenlerini inceleyecek olan ana geminin (Cassini) NASA tarafından, en önemli diğer hedef olan Titan'ı inceleyecek sondanın da (Huygens) ESA'nın bilimci ve mühendislerince hazırlanması kararlaştırıldı. ESA, Mayıs 1997'de (fırlatmadan beş ay önce), sorumluluğunu üstlendiği Huygens sondasını tamamlayıp NASA'ya teslim etti.

310 kg ağırlığındaki Huygens son-dası, 2588 gün süren bir yolculuktan sonra, 25 Aralık 2004'te, Cassini'den ayrılacak ve Titan'a iniş süreci başlayacak. Huygens, 22 gün sürecek bir yolculuktan sonra, 14 Ocak 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. Sondanın hızı, üç dakika içinde saatte 1400 km'ye düşecek ve arkadaki ısı kalkanı fırlatılıp 2,5 m çapındaki pilot paraşüt açılacaktır. Bir dakika sonra, hızı saatte 250 km'ye düştüğünde, ön kalkan da terk edilecek ve aynı anda 8 m çapındaki ana paraşüt açılacak. Yüzeye 150 km kala bilimsel cihazlar ve kameralar çalışır hale geçecek ve gözlemlere başlanacak. 15 dakika sonra ve yaklaşık olarak 120 km yükseklikte, ana paraşüt yerini 3 m çaplı bir diğer paraşüte bırakacak. Huygens bu üçüncü paraşütle yaklaşık 2 saatlik bir düşüşten sonra saatte yalnızca 20 km'lik bir hızla Titan'a 'yumuşak iniş' yapacak.

Halen NASA'nın Cassini yörünge uzay aracıyla birlikte yolculuk etmekte olan ESA'nın Huygens sondası, yaklaşık 7 yıl ve 4 milyar km'lik beraberlik sonrasında, Titan'a, bilimsel aletlerin yanı sıra Fransız müzisyenler Julien Civange ve Louis Haéri tarafından bestelenerek 1997'de New



Resim 3: Huygens sondası (ESA'dan adapte edilmiştir)

York'taki Sony Stüdyolarında kayda alınmış, toplam 12 dakika süren dört Avrupa şarkısını da ('Hot time', 'Bald James Deans', 'Lalala' ve 'No love') beraberinde götürecek. Bu şarkılar Titan atmosferinde çalınacaklar ve böylelikle ilk kez, insan yapımı sesler Dünya'nın bu kadar uzağındaki diğer bir gök cisminde yaşatılmış ve yaratılmış olacak!

Bilimciler, Huygens inişinin benzerini, 1995 Mayıs'ında, İsveç'in Kiruna kenti yakınlarında denediler: Huygens'in bir modeli, 31,5 km yükseklikten bırakıldı ve yukarıda anlatılan iniş sürecinin bir benzerinden geçen model, her adım ve evrede başarılı bir iniş gerçekleştirdi.

Huygens'te güç kaynağı olarak beş adet LiSO_2 pili kullanılıyor. Bunlar sayesinde araç, 2,5 saat süreyle gözlem yapabilecek. Ancak, aracın katı bir zemine iniş yapması durumunda, zemindeki esas görev süresi, yarım saat olarak hesaplanıyor.

İniş sırasında ve sonrasında, bilimsel cihazlarla hem atmosferdeki hem de yüzeydeki karmaşık moleküller ve atmosferin yapısı incelenecek. Çeşitli yüksekliklerde basınç, sıcaklık ve rüzgâr hızı ve yönü ölçümleri yapılırken, hava koşullarının ayrıntılı gözlemleri gerçekleştirilecek.

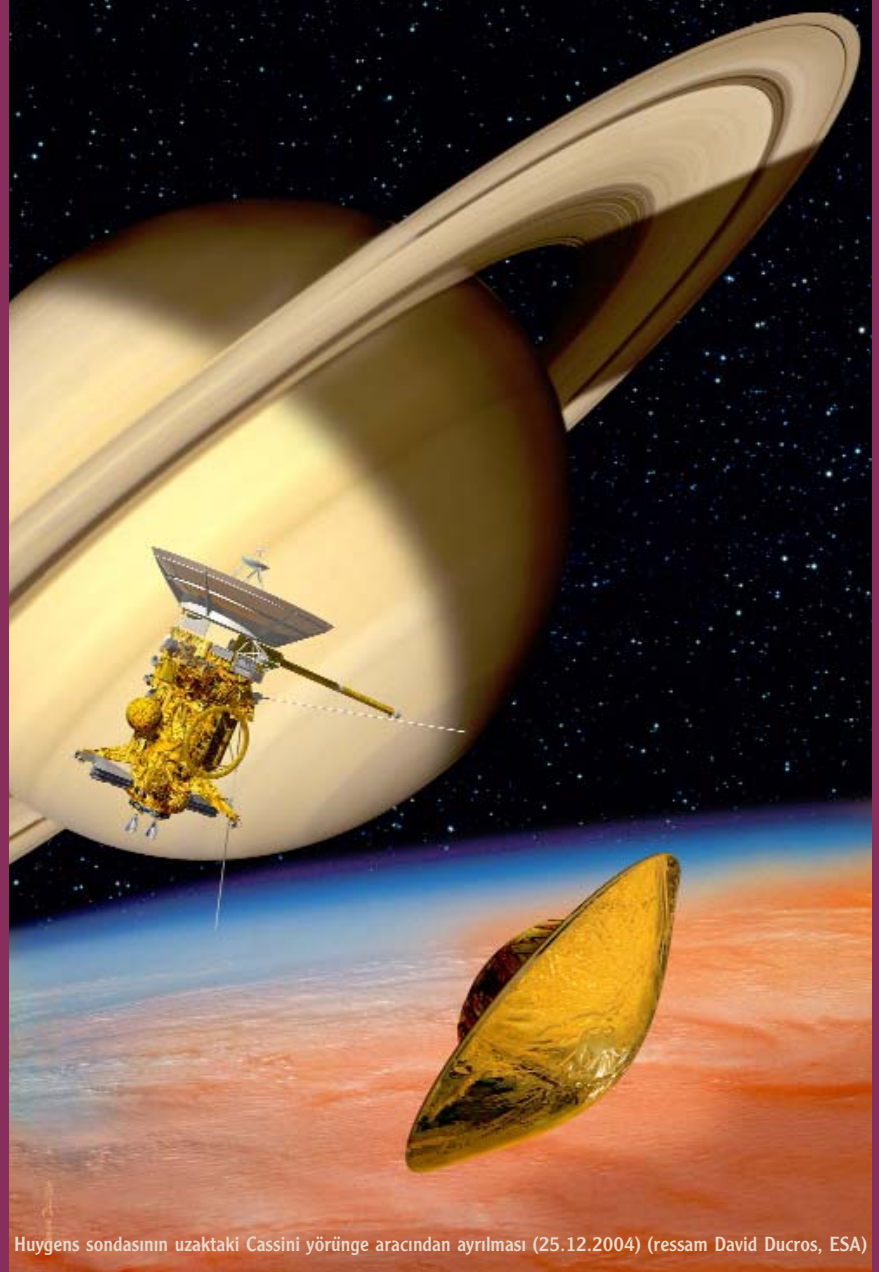
Huygens, katı bir zemin yerine metan-etan karışımı bir göl ya da denize de düşebilir. Böyle bir durumdaysa bu sıvının, fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenecek.

Huygens çalışmalarını sürdürürken, ana gemi Cassini de Titan çevresinde, Huygens'ten gelecek verileri belleğinde depoluyor olacak. Huygens'in görev süresi sona erince Cassini, antenini Dünya'ya çevirerek belleğindeki verileri Dünya'ya gönderecek ve daha sonra da Huygens'i kaderine terk edip Titan'dan ayrılarak tekrar Satürn'e yönelecek.

Huygens'in göndereceği verilerin, Dünya'da yaşamın nasıl ortaya çıktığını açıklamaya çalışan kuramlara ışık tutması bekleniyor. Kuramlar belki tümüyle yeniden yazılacak ya da köklü değişikliklere uğrayacaklar.

Satürn'e Dönüş

Sona eren Titan görevinden sonra Cassini, Satürn'ü ve halkalarını ince-



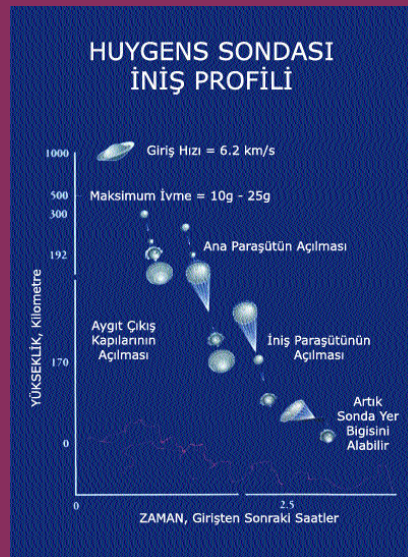
Huygens sondasının uzaktaki Cassini yörünge aracından ayrılması (25.12.2004) (ressam David Ducros, ESA)

lemeye başlayacak. Adını Roma mitolojisindeki "ekim ve hasat" tanrısından alan Satürn, Güneş Sistemi'nin ikinci büyük gezegeni. Hacim olarak

Dünya'nın 764 katıyken kütle olarak yalnızca 95 katıdır. Bu nedenle de, $0,7 \text{ g/cm}^3$ yoğunluğuyla sudan %30 daha hafif ve yoğunluğu suyun yoğunluğundan düşük olan tek gezegen. O da Jüpiter gibi dev bir gaz topu; yani bulutlarının altında ayakta durabileceğimiz katı bir yüzeyi yok! Rengarenk bulutlarıysa kristal halindeki amonyaktan oluşmakta. Satürn atmosferinin %96'sı hidrojen ve %4'ü de helyum.

Halkalar

Etkileyici "halka sistemi" Satürn'ü, uzayın en güzel görünüşlü cisimlerinden biri kılıyor. Bu halkaları görebilmek için küçük bir teleskop bile yeterli. Bilindiği gibi, halkalar ilk olarak 1610 yılında Galileo tarafından gözlenmiş. Ancak, o tarihte halkaların konumu ve teleskopunun yetersizliği nedeniyle Galileo, halkaları Satürn'ün iki uydusu sanmıştı!



Resim 5: Huygens sondasının Titan'a iniş evreleri (ESA)



Huygens Sondası Titan yüzeyine dokunmak üzere (14.1.2005)
(ESA'nın yaptırdığı temsili resim)

Bu halkalar, aslında gezegen çevresinde dolanan toz ve çeşitli büyüklüklerdeki kayalardan oluşan bir yapılar. Kaya ve 'çakıl' taşlarının çoğunluğu birkaç santim çapında; ancak aralarında ev büyüklüğünde parçaların da yer aldığı, irili ufaklı milyarlarca parça var. Bu kaya parçaları aşırı derecede soğuk. Kaya ve tozlar, büyük olasılıkla, su ve öteki maddelerin (karbondioksit, amonyak...) buzlarından ya da yüzeyleri buzla kaplı kayalardan oluşmakta. Yüksel yansıtıcılıkları (parlaklıkları) da buradan geliyor.

Satürn çevresinde, dairesel yörüngede yedi asıl halka bulunuyor. Halkaların kalınlıkları birkaç yüz metreyle bin kilometre arasında değişiyor. Biz tepesinden bakamadığımızdan bu halkaları elips şeklinde görüyoruz. Halka sistemini, kendi yaptığı teleskopuyla ilk gözleyen, Chistiaan Huygens olmuş; fakat, tek bir büyük halka gözleyebilmiş. Jean-Dominique Cassini ise 1675 yılında, daha gelişmiş bir teleskopla yaptığı

gözlemlerinde, gözlenen yapının bir bütün olmadığını ve aralarında boşluk bulunan iki halkadan meydana geldiğini keşfetmiş. İlk kez onun farkettiği bu boşluk artık Cassini Aralığı diye anılıyor.

Bugün, 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,



Cassini-Huygens uzay aracının Satürn'den 56,4 milyon km uzaktayken aldığı görüntülerden oluşturulan bu doğal-renkli görüntü, 8 Mart 2004'te araç üzerindeki dar-açılı kamerayla alınmış. Renkler ve kontrast görüntüyü daha belirgin hale getirmek için bir miktar artırılmışlar.

E, F ve G halkaları olarak anılıyor ve aslında herbiri, 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. Bugün diğer dev gezegenlerin de halka sistemlerine sahip olduklarını biliyoruz. Halkalar, gezegen oluşum fiziksinin bir parçası olabileceği gibi, gezegenlerin yörüngesindeki uyduların çarpışması sonucunda ya da büyük bir meteorun ya da kuyruklu yıldızın uydulardan birine çarpmasıyla oluşmuş da olabilirler. Halkalardaki parçacıkların, Satürn etrafında bu şekilde yer alması da Satürn ve yakın uyduların çekim etkilerine bağlıyor. Cassini gözlemlerinin, halkalarla ilgili gizemlerin perdesini aralamakta da yardımcı olacağı umuluyor.

Diğer Uydular

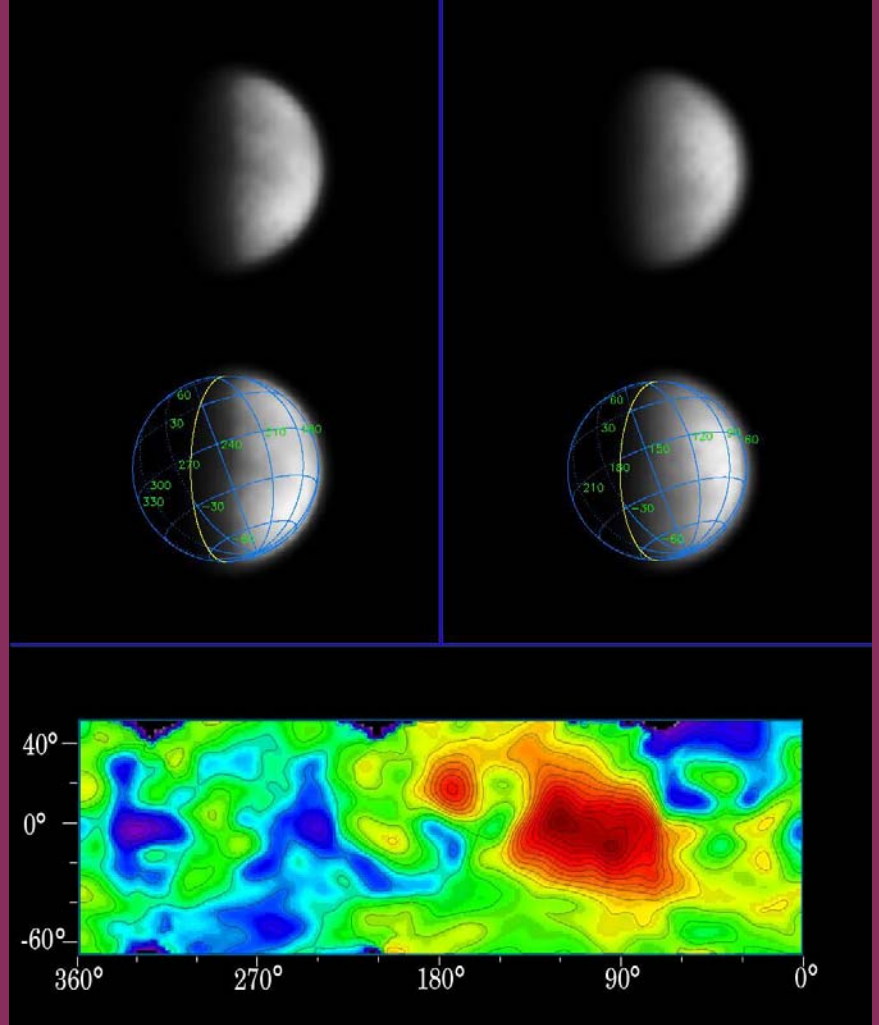
Satürn, toplam 18 uydusuyla Güneş Sistemi'nin en çok uydusu olan gezegeni. Yeni bulunacak uydularla bu sayı daha da artması olası. Tüm uyduları Satürn'ün ekvator düzleminde döner ve yörüngeleri dairesele yakın. Hepsinin yoğunlukları 2 g/cm^3 'ten düşüktür. Buradan da, karışımlarının %30-40 oranında kaya ve %60-70 oranında sudan oluştukları tahmin ediliyor.

Titan, Jüpiter'in uydusu Ganimed'den (Ganymede) sonra Güneş Sistemi'nin ikinci büyük uydusu. Merkür ve Plüton'dan bile büyük. Belirttiğimiz gibi, Titan'ı ilk olarak, 1655 yılında Huygens gözlemiş. Ancak o dönemde Satürn Sistemi'ni tek gözleyen bilimci o değildi. Çağdaşı Cassini de 1671-1684 yılları arasında yaptığı gözlemlerle Satürn'ün diğer uydularından Yapetus, Rea, Tetis ve Diyone'yi bulmuştu. Sonraki 300 yıl boyunca, sistemin diğer uyduları olan Mimas, Enseladus, Hyperion (Hyperion), Fobe, Epimetus (Epimetheus), Janus, Telesto, Kalipso (Calypso) ve Helene keşfedildi. Voyager uzay araçları da Atlas, Pandora, Promete (Prometheus) ve Pan'ı keşfettiler. 1995 yılındaysa bilim adamları Hubble Uzay Teleskopu'nun gönderdiği fotoğraflarda, uydulabilecek 4 cisim tespit ettiler.

Cassini'nin Sonu

Satürn Sistemi'ni 4 yıl boyunca inceleyecek olan Cassini'nin görev süresi, fırlatılışından 3921 gün sonra, 30 Temmuz 2008'de sona erecek. Ancak bu, Cassini'nin o tarihten sonra da Dünya'ya bilgi göndermeyeceği anlamına gelmiyor. Bilindiği gibi, Mars'a iniş yapan Viking 1 ve Viking 2 uzay araçları, 90 günlük esas görev süreleri dolduktan 3 yıl sonra bile Dünya'ya veri aktarmayı sürdürmüşlerdi. 1997'de Mars'a inmiş olan İzci (Pathfinder) ise, 1 hafta olan esas görev süresi çoktan bitmiş olmasına karşın, hâlâ yeni bilgiler gönderiyor. Cassini'nin 4 yıl boyunca yapacağı manevralarda kullanacağı yakıt, deposundakinin yalnızca yarısı kadar. Elektronik cihazlar için elektrik üreten RTG'lerin (Radyoizotop Isıl Jeneratörler) ise üretimlerini daha yıllar boyu sürdürebilmeleri mümkün. Bu nedenle bilimciler, 4 yıllık temel görev süresinden sonra, Cassini için yaklaşık 5 yıllık bir "uzatılmış görev" düşünüyorlar. Bu ek görevin hedefleri henüz belli değil. Bu alanda, birçok olasılık söz konusu. Örneğin, esas görevi biten Cassini sürekli olarak Titan'ın yörüngesinde kalarak onu gözleyebilir; ya da Titan'ın kütleçekim desteğinden yararlanarak Satürn Sistemi'ni tümüyle terkedip yeni bir gezegeni incelemeye gidebilir. Ancak Satürn Sistemi, uzun uzun incelemek için yeterince ilginç. Ayrıca esas görev sırasında 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.

Projenin herhangi bir evresinde, insanlardan kaynaklanan hatalar ya da kullanılan cihazlarda yazılım ya da donanım hataları, hatta beklenmedik doğa olayları yaşanabilir. Olasılığı çok düşük olumsuz durumlara karşı hazırlanmış alternatif planlar da var. Bu planların yanı sıra Cassini'de de birtakım önlemler alınmış ve bazı yedeklemeler yapılmış. Örneğin esas bilgisayarda bir sorun çıkması durumunda devreye girecek iki uçuş bilgisayarı ve



Nisan 2004'de Cassini'den yakalanan Titan görüntüleri 230 km/piksel çözünürlüktedir. Bu fotoğraflar daha önce dünyadan çekilmiş olanlarla hemen hemen aynıdır. Üstte-soldaki fotoğraf sağdakinden 4 gün sonra alındı, bu sürede Titan 900 lık bir dönüş gerçekleştirmiştir. Cassini, daha önce de Hubble'ın çektiği fotoğraflarda belirlenen ve Xanadu adı verilen bölgeyi açık (parlak) renkli bir alan olarak belirledi. İkinci sırada, aynı fotoğraflara Titan'ın enlem ve boylamları giydirilmiş durumdadır. Alttaki renk haritada 600 den 1500'e Batı Boylamı üzerinde yer alan aynı parlak bölge kırmızı renkte görülüyor. Bu evrede, bilimciler, Xanadu'nun doğası hakkında daha fazla bilgiye sahip değillerdir. Yüksek olasılıkla, burası dağlık bir alan, geniş bir plato ya da benzeri bir yüzey şekli olabilir. Başka bilimcilerse, bu bölgenin irili ufaklı hidrokarbon gölleriyle dolu bir yöre olabileceğini belirtiyorlar. Cassini gelecek iki ay zarfında Titan'a daha da yaklaşarak, tüm yüzey şekillerini çapı 44 km'ya kadar bir ölçekte görüntüleyecek ve büyük olasılıkla, bu konudaki bilinmezliği giderecektir (ESA).

iki yön kontrol bilgisayarı var. Kullanılacak belleğin de bir yedeği bulunuyor.

Büyük bütçeli gezegen araştırma projelerinin sonuncusu olan Cassini/Huygens uzay aracının, yoldayken test amaçlı çekmiş olduğu Satürn ve Titan'ın ilk fotoğrafları Dünya'ya gelmeye başlamış durumda.

Cassini-Huygens uzay aracı şu anda yolda ve Satürn'e yaklaşmakta. Henüz Huygens sondası Titan'a inmedi. Onları neler bekliyor, yapılan hesaplamalar doğru mu, başarıyla iniş yapabilecek mi, Satürn ve Titan'dan sağlıklı bilgiler aktarabilecekler mi,

bunları henüz bilmiyoruz. Ancak, şu ana kadar her şey yolunda görünüyor. Merakla yüzümüzü Satürn sistemindeki gözümüz, elimiz, ruhumuz durumundaki Cassini-Huygens'e çevirdik. Kısaca Temmuz ve Aralık 2004'ü ipe çekiyoruz! Bu insanlık için bir son ya da sonuç değil, yeni bir başlangıç olacak. Ve sonsuzlukta bir nokta olduğumuz uzaydan yeni dünyalar aramaya, onları tanımaya devam edeceğiz.

Doç. Dr. Ayşegül Yılmaz
Ömür Meriç
ÇOMÜ Fizik Bölümü