

LEE BILLINGS

BEŞ MİLYAR YILLIK YALNIZLIK

Yıldızlar Arasında Yaşam Arayışı

ALFA | BİLİM

LEE BILLINGS

1981 yılında NewYork'da doğan Lee Billings bilim yazarıdır. 2006-2011 yılları arasında *Seed* dergisinin editörlüğünü yürüten Billings, aynı zamanda *The New York Times*, *Wall Street Journal*, *Washington Post* ve *Slate.com* gibi dergilere de çeşitli yazılar yayımlamıştır. Lee Billings halen *Nature*, *Nautilus*, *New Scientist*, *the New York Times*, *Popular Mechanics*, *Scientific American* gibi dergilere bilim, teknoloji ve kültür yazıları yazmaktadır.

OZAN KARAKAŞ

1991 yılında İzmir, Bornova'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Manisa'da tamamladı. Uludağ Üniversitesi İngiliz Dili Eğitimi bölümünde okuyan Ozan Karakaş, lisans eğitimi süresince, içlerinde Cosmos ve Dawkins'in Kraliyet Noel Dersleri'nin de yer aldığı çeşitli belgesellere ve derslere Türkçe altyazılar hazırlayan, makalelerin ve internet sitesi içeriklerinin çevirilerini yapan ekiplerde yer aldı. Ayrıca Alfa Bilim Dizisinden yayımlanan Stanislas Dehaene'in *Beyin Nasıl Okur*? isimli kitabını da çevirdi.

Beş Milyar Yıllık Yalnızlık
© 2013, ALFA Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.

Five Billion Years of Solitude
© 2013, Lee Billings

Kitabın Türkçe yayın hakları Anatolialit Ajans aracılığıyla Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne aittir. Tanıtım amacıyla, kaynak göstermek şartıyla yapılacak kısa alıntılar dışında hiçbir yöntemle çoğaltılamaz.

Yayıncı ve Genel Yayın Yönetmeni M. Faruk Bayrak
Genel Müdür Vedat Bayrak
Yayın Yönetmeni Mustafa Küpüşoğlu
Dizi Editörü Kerem Cankoçak
Redaksiyon Mehmet Ata Arslan, Çağrı Mutaf
Kapak Tasarımı Aslı Sezer
Sayfa Tasarımı Mürüvet Durna

ISBN 978-605-106-923-4
1. Basım: Ekim 2014

Baskı ve Cilt
Melisa Matbaacılık
Çiftehavuzlar Yolu Acar Sanayi Sitesi No: 8 Bayrampaşa-İstanbul
Tel: 0(212) 674 97 23 Faks: 0(212) 674 97 29
Sertifika no: 12088

Alfa Basım Yayım Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.
Alemdar Mahallesi Ticarethane Sokak No: 15 34110 Fatih-İstanbul
Tel: 0(212) 511 53 03 Faks: 0(212) 519 33 00
www.alfakitap.com - info@alfakitap.com
Sertifika no: 10905

LEE BILLINGS

BEŞ MİLYAR YILLIK YALNIZLIK

Yıldızlar Arasında Yaşam Arayışı

Çeviri
Ozan Karakaş

ALFA | BİLİM

Mike ve Pam'e, Bruce ve Jo'ya, Melissa'ya ve gökyüzüne bakmayı sürdürme cesaretine sahip herkese.

İÇİNDEKİLER

Teşekkür, 7
Giriş, 9

Bölüm 1
Yaşam Süresi Arayışı, 19

Bölüm 2
Drake'in Orkideleri, 38

Bölüm 3
Parça Parça Bir İmparatorluk, 59

Bölüm 4
Bir Dünyanın Değeri, 86

Bölüm 5
Altına Hücumun Ardından, 110

Bölüm 6
Büyük Resim, 141

Bölüm 7
Denge Bozulduğunda, 171

Bölüm 81
Işığın Sapmaları, 211

Bölüm 9
Hiçlik Noktası, 240

Bölüm 10
Çorak Topraklara Doğru, 268

Seçilmiş İleri Okuma ve Notlar, 301
Dizin, 313

TEŞEKKÜR

Bu kitap üzerinde uzun süredir çalışıyorum ve bu zaman zarfında çok sayıda insanın yardımı dokundu. Bana duyduğu inanç için Courtney Young'a ve sıkıcı düz yazımı gözden geçirip düzenleyerek keskinleştirdikleri için Emily Angell ve Annie Gottlieb'e minnettarım. Temsilcim Peter Tallack eleştirel desteğini en baştan sonuna dek esirgemedi ve çokça övgüyü hak ediyor.

Maddi ve manevi destekleri için kimi aile üyelerine de teşekkür borçluyum. Annem ve babam Mike ve Pam Billings ile büyükannemle büyükbabam Bruce ve Jo Hannaford'un cömertliği olmasaydı bu kitap da olmazdı. Kız kardeşim Carolyn ve eşi Matt Tapie, yaptığım araştırma gezileri sırasında hoşgörülü bir sohbet ortamı ve başımı sokabileceğim bir ev sundular. Hepsinden de öte eşim Melissa Lherisson'a, bana bağışladığı sarsılmaz destek, sabır ve sevgi için teşekkür etmek istiyorum.

İlk zamanlarda birkaç kilit kaynakla yollarımın kesişmesini sağladıkları için Adam Bly ve Seed Media Group editoryal ekibine müteşekkirim. Aynı şekilde California Üniversitesi-Berkeley'deki Miller Temel Bilim Araştırma Enstitüsü, yıllık sempozyumlarından bazılarının davetiyelerini gönderdikleri için bu kitabın büyük bir kısmının ortaya çıkmasında paha biçilmez değere sahiptir. Ziyaretlerim sırasındaki nezaketlerinden dolayı özellikle Kathryn Day'e, Raymond Jeanloz'a ve Michael Manga'ya minnettarım. Boingboing.net'in bilim editörü Maggie Koerth-Baker, bu projenin oluşum aşamalarında ayağa kalkmasında sunduğu yardımlarla hayli faydalı olduğunu gösterdi. Babasıyla yaptığım buluşmayı ayarladığı içinse Nadia Drake özel bir teşekkürü hak ediyor.

Dostlukları, tavsiyeleri ve cesaretlendirmeleri için şu insanların isimlerini anmalıyım: Evan Lerner, T. J. Kelleher,

Paul Gilster, Joshua Roebke, Eric Weinstein, Jon Bardin, Ken Chang, Andrew Fullerton, Christopher Xu, Josh Chambers, George Musser, Carl Zimmer ve Nevada Eyaletinden E. J.

Yıllar boyunca çok sayıda insan, bu kitaba doğrudan veya dolaylı katkılarda bulunacak biçimde, sorularımı cömertçe yanıtladı. Bununla birlikte, bu kitaptaki yanlışlıklar tümüyle bana aittir. Bana ayırdıkları vakit ve uzmanlıkları için şu insanlara sonsuz teşekkür borçluyum:

Roger Angel, Guillem Anglada-Escudé, Mike Arthur, William Bains, Natalie Batalha, Charles Beichman, David Bennett, Michael Bolte, Xavier Bonfils, Alan Boss, John Casani, Webster Cash, Phil Chang, John Chambers, David Charbonneau, Nick Cowan, Paul Davies, Drake Deming, Frank Drake, Alan Dressler, Michael Endl, Debra Fischer, Kathryn Flanagan, Eric Ford, Colin Goldblatt, Mark Goughan, Jeff Greason, John Grunsfeld, Javiera Guedes, Olivier Guyon, Robin Hanson, Tori Hoehler, Andrew Howard, Jeremy Kasdin, Jim and Sharon Kasting, Heather Knutson, Antoine Labeyrie, David Latham, Greg Laughlin, Doug Lin, Jonathan Lunine, Claudio Maccone, Bruce Macintosh, Geoff Marcy, John Mather, Greg Matloff, Michel Mayor, Kevin McCartney, Vikki Meadows, Jon Morse, Matt Mountain, Phil Nutzman, Ben Oppenheimer, Bob Owen, Ron Polidan, Marc Postman, Sean Raymond, Dimitar Sasselov, Jean Schneider, Sara Seager, Michael Shao, Seth Shostak, Rudy Slingerland, Chris Smith, Rémi Soummer, David Spergel, Alan Stern, Peter Stockman, Jill Tarter, Philippe Thébault, Wes Traub, Michael Turner, Stéphane Udry, Steve Vogt, Jim Walker, Bernie Walp, Andrew Youdin, Kevin Zahnle.

GİRİŞ

Burada, Dünya'da, Güneş'in yörüngesindeki bir gezegende yaşıyoruz. Güneş'in kendisi de alevler içinde bir yıldız ve bir gün yanıp tükenerek güneş sistemimizi yaşanılmaz kılacak. Bu yüzden yıldızlarla aramızda birer köprü kurmalıyız, çünkü bildiğimiz kadarıyla biz, bütün evrende duygulara sahip tek canlı türüyüz... Bildiğimiz tek anlamlı yaşamı canlı tutma sorumluluğumuzda başarısız olmamalıyız.

WERNHER VON BRAUN,
NASA'NIN APOLLO PROGRAMININ MİMARI
TOM WOLFE'UN ANILARINDAN

Bu hikâye, 4,6 milyar yıl önce, güneş sistemimizin birkaç ışık yılı genişliğindeki bir soğuk hidrojen ve toz bulutundan doğmasıyla başlıyor. Bu bulutsa daha büyük bir ilkel gaz kütlesinin, kaderinde birer süpernova halinde patlamak olan muazzam yıldızlar üreten bir yıldızlar topluluğunun ufacık bir parçasından başka bir şey değildi. Dev yıldızlar, radyoaktiviteyle cızırdayıp karanlığın içine konfeti parçalarına benzeyen şok dalgaları yayan ağır elementler püskürterek birer maytap gibi teker teker patladılar. Radyoaktivite artırıcı bu şok dalgalarından biri yolculuğu sırasında bulutu, bizim bulutumuzu, sıkıştırmış olabilir. Bu bulut, kütleçekimin kontrolü ele geçirmesine yetecek kadar yoğunlaştı ve kendi kendisinin üzerine çöktü. İçerdiği maddelerin çoğunluğu, sıcak

ve içten içe kaynayan bir ilkel yıldız oluşturmak için merkeze düştü. Nihayet bu ilkel yıldız, çekirdeğinde termonükleer bir ateşi tutuşturmaya yetecek kadar kütle kazandı ve Güneş ışıldamaya başladı. Buluttan geriye kalanlar, çalkantılı ve fırıl fırıl dönen göz kamaştırıcı bir buhar dairesinin ortasında duran bu yıldızın etrafına yerleşti.

Hızla dönen bu daire soğudukça, oradan mikroskopik metal, kaya, buz ve katran tanecikleri yağmaya başladı. Bu tanecikler zaman zaman çarpışarak, kimi zaman birleşerek, aşamalı olarak da sürekli büyüyen nesneleri ele geçirerek bu dairenin içinde girdap halinde binlerce yıl boyunca döndüler. İlk önce milimetre ölçeğinde kürecikler geldi, sonra santimetre ölçeğinde çakıllar oluştu, onları metre ölçeğinde kayalar takip etti ve son olarak da birer yörüngeye sahip "planetesimaller" adı verilen kilometre ölçeğinde dağlar ortaya çıktı. Planetesimaller çarpışmaya devam ederek, her darbede büyüyen kocaman buz, kaya ve metal kütleleri oluşturdu. Milyonlarca yıl içerisinde planetesimaller de büyüyerek Ay boyutunda yüzlerce embriyoyu, tam birer dünya haline gelene dek şiddetli çarpışmalardan geçen ve gittikçe büyüyen ilkel gezegenleri meydana getirdi.

Daha fazla çarpışmayla geçen belki de yüz milyon yılın ardından, iç güneş sistemindeki embriyolar, Dünya'yı ve diğer kayalık gezegenleri oluşturmak için bir araya gelmişti. İç dünyalar kupkuruydu, bunların suları ve diğer uçucu maddeleri de yeni doğmuş Güneş'in yoğun ışıklarıyla buharlaşmıştı. Dış güneş sisteminde, dondurucu soğuklar uçucuları buz halinde hapsetmişti. Buzlar daha katı bir yapı malzemesi sağlıyor, Jüpiter ve diğer dış gezegenlerin çekirdeklerinin hızlıca biçimlenmesine ve dairenin içinde dolaşan gazın yalnızca birkaç milyon yıl içerisinde temizlenmesine olanak tanıyordu. Dev gezegenler büyüdükçe, embriyoların bir araya gelemediği, arkalarında ilkel planetesimal paketleri ve parçalanmış kaya ve metal şeritleri bıraktığı kararsızlık alanları yaratıyordu. Bu kalıntılar, asteroitlerdir. Dev gezegenler aynı zamanda birçok buzlu planetesimali, günümüzdeki Plüton'un yörüngesinin dışındaki karanlıkta sürüklenmeleri

için uzaklara, güneş ötesi bölgelere fırlatıyordu. Bu buzlu sürgünler; bozucu gezegenler, galaktik gelgitler veya yakından geçen yıldızlar tarafından itilip kakıldıklarında da birer kuyrukluyıldız olarak Güneş'e doğru düşerler.

Nihayet 3,8 veya 4 milyar yıl öncesinde, dev gezegenler arasında gerçekleşen karmaşık, kaotik ve belli belirsiz kütleçekim etkileşimleri dizisi dış güneş sisteminin büyük bir kısmını hareketlendirerek, kuru ve kayalıklı iç dünyalara çarpmak üzere Güneş'e doğru hızla fırlayan asteroit ve kuyrukluyıldızlardan oluşan bir yaylım ateşi açtı. Bu olaya "Geç Ağır Bombardıman" denir ve bu da gezegen oluşumundaki son adımdır. Bu olayın etkilerini Ay'ın kraterli yüzeyinde ve aynı zamanda onun coğrafi yaralarını kendi gezegenimizden temizleyen yağmurda gözlemleyebiliyoruz; Dünya'daki suyun büyük bir kısmı Bombardıman sırasında, dış güneş sisteminden hızlı teslim bir şekilde gelmiş gibi görünüyor. Sonrasında Dünya'nın kabuğu kısmen eridi ve özgün atmosferi büyük oranda uzaklara sürüklendi. Ama o ilk ağır yağmurların buhar dolu gökyüzünden düştüğü sıralarda, gezegenimiz okyanus denen armağana kavuştu. Dünya ağır ağır soğudu ve gaz püskürten volkanlar atmosferi aşamalı olarak tazeledi. Kısa süre sonra, belki de güneş sisteminin yeni biçimlenmiş tüm dünyaları arasında benzersiz olarak, bizim dünyamız bir şekilde canlanıverdi.

Dört milyar yıldan biraz daha kısa bir süre sonra dört yaşımdaki ben, annem, babam ve kız kardeşimle Jasper-Alabama'daki evimizin arka bahçesinde duruyordum. 1986'nın Ocak ayıydı; günbatımından hemen sonrasıydı. Babam küçük bir ateş yakmıştı, biz de akşam soğuğuna karşı ateşin etrafında toplanmış marşmelov kızartıyorduk ki yıldızlar tepemizde belirmeye başladı. Gökyüzünün alt tarafında, ağaçların hemen üstünde, yumuşak beyaz bir leke zar zor görülebiliyordu. Bu, Güneş'in etrafındaki yolculuğu sırasında Dünya'nın yanından geçen Halley kuyrukluyıldızıydı. Kuyrukluyıldızı ziyarete gidip gidemeyeceğimi sorduğumu hatırlıyorum. Saint-Exupéry'nin *Küçük Prens*'inin 1974 yılındaki sinema uyarlamasını henüz izlemiştim ve bir aste-

roitin üstünde yaşayan hikâyedeki çocuk gibi ben de güneş sisteminin tüm tuhaf yerlerini görmek için uzayda dolaşmak istiyordum. "Belki bir gün," şeklinde bir cevap geldi. Haftalar sonra ben ve benim neslimdeki diğer tüm çocuklar, NASA'nın uzay mekiği *Challenger*'ın yörüngedeki yolu üzerinde parçalanmasını izlerken, uzay yolculuğunun hiç de bir peri masalı olmadığını öğrenecektik.

O zamanlar Halley kuyrukluyıldızının 2061 yılına kadar tekrar görünmeyeceğini bilmiyordum ve bu tarihin ağırlığını hissedemeyecek kadar da küçüktüm. Bunu kuyrukluyıldız da hissedemeyecekti; geri döndüğünde hemen hemen hiç değişmemiş olacaktı. Öte yandan ben, eğer o kadar şanslıysam, Dünya üzerindeki sekseninci yılıma yaklaşmış olacaktım. Şansları daha da yaver giderse ebeveynlerim bile onu asırlık gözleriyle görebilirdi.

Biz Greenville-South Carolina'ya taşındıktan sonra on yaşıma girdiğimde, annem yazın büyük bir kısmını okuma yazma bilmeyen yetişkinlere yerel bir kütüphanede okuma öğreterek geçirdi. Beni de yanında götürür, bana göz kulak olacak kimse olmadan raflar arasında dolaşmama izin verirdi. Patlayan güneşler, çarpışan galaksiler, doymak bilmez kara delikler ve Büyük Patlama gibi daha büyük ve daha parlak şeyler uğruna güneş sistemimizin ötesindeki gezegenler ve hayatlar ihtimalini göz ardı etme eğiliminde olan astronomi kitapları kadar, uzaylı uygarlıklar ve yıldızlararası seyahat üzerine muazzam miktarda bilimkurgu kitabı okumaya başladım. O zamanların ruhu böyleydi: yirminci yüzyılın büyük bir kısmı boyunca astronomlar, varlığın kendisinin temel kökenleri ve geleceğinin peşinde, uzay ve zamana daha derin bir bakış atabilme arayışıyla bitip tükenmişti. Bu arayış devrim niteliğindeki kavrayışları birbiri ardına ortaya çıkarmış, hepsi de yaklaşık on dört milyar yıl önce ortaya çıkmış ve belki de sonsuza dek var olabilecek, genişleyen bir evrenin içinde bulunan, her biri yüz milyarlarca yıldıza ev sahipliği yapan sayısız galaksiden birinde yaşadığımızı göstermişti. Bense kozmolojik yaratılış hikâyesi karşısında büyük bir heyecan duyuyor, ama kendimi onda bir şeylerin

eksik olduğunu düşünmekten de alamıyordum. Bu şey, bizdik. Evrenin şafağıyla yazgısı arasında bir yerlerde kaybolmuş, Dünya adı verilen bir metal, kaya ve su topu, yalnızca hayatı değil, aynı zamanda duyulara sahip varlıkları, kendi başlangıçlarını keşfedebilecek düşünsel kapasiteye ve kendi kaderlerini tasarlayabilecek teknolojik yeterliğe sahip yaratıkları da ortaya çıkarmıştı. O yaratıklar ki güneşleri sönmeden önce belki de bir şekilde yıldızlara dokunabileceklerdi. Belki bir zamanlar gerçekleşen şey birçok kez daha, birçok yerde gerçekleşecekti. Babam, benim kütüphanede okumuş olduğum kitapların kapaklarındaki galaksileri ve yıldızları gördü ve bana alışveriş merkezinden bir teleskop satın aldı.

Teleskobumdan bakarak astronomi kitaplarında tanımlanan birçok kozmik havai fişek gösterisini veya bilimkurgulardaki galaktik imparatorlukların herhangi bir belirtisini göremeyeceğimi öğrenince kısa zamanda hayal kırıklığına uğramıştım. Uzaydaki her şey korkunç, ölümcül bir şekilde sessizdi. Görünüşe göre, kozmik uzayda ve doğal olarak da eğitimli birçok astronomun büyük zihninde, çelişkili bir biçimde, canlılar ve onların küçük yuva gezegenleri için hiç yer yoktu. Bu tür şeyler aranamayacak kadar küçük, fark edilemeyecek kadar önemsizdi. Yine de yarı umutlu bir şekilde, belki gökyüzünden hızla geçen bir UFO vizörüme takılır veya bir yıldızın pırıltısı içinde yıldızlararası bir savaşın parlak ışıklarını görürüm diye bakmaya devam ettim. Bir gün babama, diğer yıldızların etrafında herhangi bir gezegenin olup olmadığını sordum. Bir an için düşündü ve muhtemelen diğer yıldızların da gezegenlerinin olduğunu, ama hiç kimsenin gerçekten bilmediğini; hepsi çok uzakta olduğundan bu gezegenlerin hiçbirinin henüz bulunmadığını söyledi. Bunun ardından, geceleri gökyüzüne baktığımda çoğu zaman bu gezegenlerin neye benzediklerini merak edecektim. Dünya'ya benziyorlar mıydı? Onlarda da okyanuslar ve dağlar, mercan kayalıkları ve çayırlar var mıydı? Onlar da şehirlere ve çiftliklere, bilgisayarlara ve radyolara, teleskoplara ve uzay gemilerine sahipler miydi? Oradaki yaratıklar da bizim gibi yaşayıp ölüyor muydu; veya gökyüzüne bakıp yaşamın ama-

cını merak ediyorlar mıydı? Onlar yalnız olabilir miydi? Titreşen yıldızlara bakıp, asla göremeyeceğimi düşündüğüm dünyaları hayal ediyordum.

2000'lerin ortalarında sorularımla arkadaşlarımın ve tanıdıklarımın başını şişirmek yerine yalnızca uzmanların başını şişirebileceğim bilim yazarlığı kariyeriyle merakımın peşinden gittim. Aradan geçen yıllarda, ilk sorularımın bazılarına cevaplar gelmişti: diğer yıldızların etrafında da oldukça yaygın bir biçimde gezegenler vardı ve 1990'ların ortalarında astronomlar yüzlerce gezegen bulmuştu. Bu dünyalara "ötegezegen" [exoplanet]* deniyordu ve bunların birçoğu, bildiğimiz haliyle yaşamın var olamayacağı kadar geniş veya yine bir o kadar kendi güneşlerine yakındı. Astronomlar, yerdeki ve uzaydaki kocaman teleskopları kullanarak bu gezegenlerden çok sıcak, çok büyük ve görece yakın olan birkaçının fotoğrafını çekmeyi bile başarmıştı. Ama diğer sorular cevapsız kalmaya devam ediyordu: Bizim galaksimizde veya evrenin geri kalanında Dünya boyutlarında, Dünya'ya benzeyen başka ötegezegenler var mıydı? Bizim Dünya'daki durumumuz ortalama mıydı; yoksa tam tersine oldukça özel ve hatta eşsiz miydi? Biz kozmik açıdan yalnız mıydık? Görünüşte ebedi olan bu soruların bazılarına cevaplar bulmaya ne kadar yakın olduğumuzu öğrendiğimdeyse bu kitabı yazmaya karar verdim.

Yıl 2007'ydi ve ben de bir hikâye için Santa Cruz'daki California Üniversitesinden (UC Santa Cruz) astrofizikçi Greg Laughlin'le röportaj yapıyordum. Sohbetimiz sırasında Laughlin, ötegezegen arayışları gittikçe daha da çok yönlü ve yetkin hale geldiğinden, yakın zamanda kendimizinkiyle kıyaslayabileceğimiz yüzlerce değil binlerce ötegezegenin olacağını açıkladı. Astronominin sıradaki hamlesi, dedi, uzayın sınırlarına ve zamanın başlangıcına değil, en yakın yıldızlara ve onların ev sahipliği yapıyor olabileceği keşfedilmemiş ve potansiyel olarak yaşamaya uygun dünyalara odaklanmak olacaktır. Sohbetimizin sonuna doğru da Dünya boyutların-

* Ötegezegen (veya "exoplanet"): Güneş sisteminin dışında yer alan gezegenlere verilen isim –çn.

daki ilk ötegezegenlerin önümüzdeki beş yıl içerisinde bulunacağı tahminini ortaya attı. Laughlin, 2011'in ortalarında Dünya'nın kütlesindeki bir gezegenin keşfedileceğini öne süren veriler boyunca bir eğim çizgisi çekerek en düşük kütleye sahip ötegezegenlerin yıl yıl kayıtlarını grafiğe dökmüştü. Aniden, apaçık bir görüntüde gizlenmiş muhteşem bir sırra rastlamış gibiydim. Ötegezegenler üzerine daha fazla yayın ve makale okudukça, dünyada bir yerde, güneş sistemimizin ötesindeki yaşanabilir dünyaları ve hatta belki de dünya dışı yaşama dair ilk delilleri keşfettiği için tarihe adını yazdırabilecek bilim insanlarının var olduğuna daha fazla ikna oldum. Yine de bu bilim insanları büyük oranda anonimdi, ortalama insan için büsbütün bilinmezdi. Onlar hakkında daha fazla şey öğrenmek ve onların hikâyelerini anlatmak istiyordum. Hepsini teker teker arayıp buldum.

Birçoğu beni içtenlikle ve dostça karşıladı; bunu yapmayanlarsa yine de bana karşı fazlasıyla hoşgörülüydü. Çoğunluğu; göklerden sırlar yazmada ve yaşam belirtisi için umut vaat eden ötegezegenleri incelemede devletin uzak dağ zirvelerine ve uzayın derinliklerine camdan ve çelikten inşa ettiği büyük tekno-katedralleri kullanacakları parlak birer gelecek planlıyordu. Bizi sonsuza dek, yeni ve uzaklara yayılmış fiziksel sınırların sonsuz enginliğine itecek kadar doyumsuz ve yılmaz bir merakın rehberliğinde, zamanda daha ileriye bakan bazılarıysa kültürümüzün nihayet Dünya'yı tamamen terk ederek güneş sistemine ve onun da ötesine yayıldığını bile hayal etmişti. Ancak yine de kitap için araştırma yapmayı sürdürürken, bu insanların en cesur umutlarından birçoğunun, ertelenen veya iptal olan hayati öneme sahip teleskop veya görevler bu umutları sonsuza dek değilse de ulaşılması nesiller alacak bir zamana ötelediği için yerle bir olduğunu gördüm. Çığır açacak keşiflerin eşiğindeyken çalışmaları bocalıyordu, ama bunun sebebi uzay fiziğinin yeni bulunmuş kısıtlılıkları değildi. Dünya'nın ötesinde yaşam arayışının hızlı ilerleyişi daha ziyade tamamen insani ve dünyevi zaaflara yenik düşüyordu: savsak örgütsel idareler, istikrarsız ve yetersiz fonlamalar ve incir çekirdeğini doldurmayacak böl-

gesel çekişmeler. Defalarca ve defalarca, gezegen avcılarının yıldızlara ulaştığı anda gökyüzünün de çökmeye başladığına tanıklık ediyormuşum gibi hissettim. Böylece de yalnızca bu insanların kişisel hikâyelerini değil, aynı zamanda alanlarının, bu alanın nereden geldiğinin ve talihin yüzlerine birazcık gülmesiyle hâlâ nereye gidebileceğinin de hikâyesini anlatmaya adadım kendimi.

Varılan sonuçsa şu anda ellerinizde tuttuğunuz bu kitap. Şartlar gereği bu kitap, kendisine adanmış bir literatürden oluşan bütün bir rafı hak eden sayısız keşif ve kaşifi göz ardı ediyor. Umuyorum ki kültürlü okurlar, bu çalışmanın kapsamının ışığında benim atladıklarımı affedecektir. Bu, gezegenimizin, Dünya'nın nasıl canlandığını ve günün birinde nasıl öleceğini ortaya çıkaran bir portredir. Aynı zamanda gözler önüne serilen bilimsel devrimin, diğer yıldızların etrafında başka dünyalar bulmak için gerçekleşen coşkulu arayışa odaklanan günlük bir kaydıdır. Ancak hepsinden öte insanlığın belirsiz mirası üzerine derin bir düşünüştür.

Bu kitabın adı olan *Beş Milyar Yıllık Yalnızlık*, canlılığın Dünya üzerindeki uzun ömrüne atıfta bulunmaktadır. Başka hiçbir sebepten değilse bile Güneş bir gün parlamayı bırakacağından, bu gezegen üzerindeki yaşamın bir sonu vardır. Buradaki yaşam, gezegenin kendisinin yaklaşık dört buçuk milyar yıl önce oluşmasından kısa süre sonra ortaya çıkmıştır ve güncel tahminler, Dünya'daki çeşit çeşit ve karmaşık çok hücreli yaşamın oluşturduğu biyosfer mikrobik basitliğe doğru tersine çevrilemez bir şekilde geri dönmeye başlamadan önce, Dünya'mızın yarım milyar yıl gibi bir zamanının kaldığına işaret etmektedir. Tüm bu süre zarfında Dünya, bize benzeyen hiçbir varlık, gezegenin kaderini ellerinde böylesine sıkıca tutan ve doğayı dilediğince değiştirme gücüne sahip olan başka hiçbir şey üretmemiştir. Tıpkı atalarımızın denizi terk etmeyi öğrendiği gibi biz de Dünya'nın kütleçekim zincirlerinden kurtulmayı öğrendik. Ay'a gitmek, güneş sisteminin derinliklerine seyahat etmek veya yaratılışın sınırlarını gözlemek için makineler inşa ettik. Gezegeni sera gazlarıyla yavaş yavaş pişirebilecek veya termonükleer

alevlerle küle çevirerek bildiğimiz haliyle Dünya'ya erken bir son getirebilecek başka aletler de inşa ettik. Elimizdeki gücü kendimizi veya yavaş yavaş ölmekte olan Dünya'mızı kurtarmak için kullanacağımızın bir garantisi olmamakla birlikte, bizim yok oluşumuzun arifesinde Dünya'nın yeni bir teknolojik uygarlığın fitilini ateşleyebileceğine dair de çok az umut vardır.

O halde, uzun vadede bir seçimle, ölümle yaşam arasındaki bir seçimle, ruhani olana dokunabilmek için bilimin sınırlarını aşan bir seçimle karşı karşıyayız. Dünya ne kadar kıymetli olursa olsun, ya onun yalnızlığını ve Dünya'nın sonunda bekleyen belirsizliği kucaklayabiliriz ya da bu dünyevi beşiğin ötesinde, gökyüzünün de çok uzağında bir yerlerde kurtuluşu arayabiliriz. Yaşamda her birimiz, ortak geleceğimizi Dünya'ya yaklaştırarak veya yıldızlara doğru iterek, bir şekilde bu büyük seçime katkıda bulunuruz. Bu kitaptaki kimi insanlar, kendilerini başka, fazlaca gelişmiş galaktik kültürlerin izlerini aramaya adamış, demet demet radyo dalgalarıyla veya lazer ışığıyla taşınan yıldızlararası mesajlar yoluyla kendi muhtemel geleceğimize bir bakış atabilmeyi ummuştur. Başkaları, jeolojik zaman boyunca Dünya'nın ikliminin evrimini yakından incelemiş, kendi dünyamızla başka dünyaların yaşanabilirlik kısıtlamalarını belirlemeye çalışmıştır. Yalnızca birkaçı haritacı veya araç gereç zanaatkârı olabilmiş ve bizim uzak torunlarımızı kucaklayabilecek uzak gelecekteki yılların en umut vaat eden dünyalarını bulma çabasına girişebilmiştir. Hepsi de dünyadaki bu zaman bolluğu sayesinde, insanların Dünya'nın çok ötesinde bir geleceğe sahip olabileceğine inanmaktadır. Onların ve başkalarının hikâyelerini bu sayfalarda bulacaksınız.

Ortak seçimimizin ne olacağını, böylesi cesur bir maceraya tam olarak nasıl girişeceğimizi veya uzayda nihai olarak ne bulacağımızı biliyormuşum gibi davranmayacağım. Aslına bakılırsa yalnızca gerçekten de bir seçime sahip olduğumuza inanmaktan hoşnutum. Aynı şekilde, buradan kurtulup yıldızlara ulaşma hayaliyle gezegenimizin

tüm sorunlarının bir kenara bırakılması gerektiğini de öne süremeyiz. Dünya'yı ve birbirimizi korumalı ve el üstünde tutmalıyız, çünkü bizi bu kadar sıcak karşılayacak başka dünyalar veya varlıklar bulamayabiliriz. Bulsak bile onlara gitmek için henüz uygun bir seyahat yolu bulabilmiş değiliz. Muhtemel bütün geleceklerimizin başlaması gereken ve yine bunların bitmemesini için dua ettiğim yer burasıdır; şu anda, bu yalnız gezegendir.

Lee Billings
New York, 2013

Bölüm 1

YAŞAM SÜRESİ ARAYIŞI

Santa Cruz-California yakınlarındaki bir yamaçta, kızılçamların hemen kenarında, odaları değişik seviyelerde olan, ağaçlarla aynı renkte bir çiftlik evi vardı. İklim kontrollü üç küçük sera evin hemen yanına, küçücük bir turunçgil korusuna bitişik olarak yerleştirilmişti ve çimleri yeni biçilmiş arka bahçede bir çanak anten gökyüzüne çevrilmişti. Gün ışığı kobalt vitray camlardan süzülüp oturma odasına giriyor, konforlu bir koltuğa tünemiş olan yaşlı adamın üzerinde okyanus dalgalarına benzer gölgeler oluşturuyordu. Frank Drake, maviye boyanmış gibiydi. Adam arkasına yaslandı, çift odaklı gözlüğünü ayarladı, ellerini göbeğinin üzerinde birleştirdi ve seçmiş olduğu bilim dalının kötü talihini değerlendirdi: SETI, Dünya Dışı Zekâ Arama.*

"İşler yavaşladı, biz de farklı yönlerden kötü durumdayız," diye mırıldandı Drake. "Bugünlerde hiç para gelmiyor. Ayrıca hepimiz de yaşlanıyoruz. Birçok genç insan geliyor ve bunun bir parçası olmak istediklerini söylüyor, ama sonra burada kendilerine verilecek iş olmadığını fark ediyorlar. Hiçbir şirket, uzaylılardan gelecek mesajları arayan insanları işe almıyor artık. Birçok insan bu işte kâr olmadığını düşünüyor. Bana kalırsa ilgi eksikliğinin sebebi, çoğu insanın en basit bir belirtinin bile ne anlama geleceğinin farkında olmaması. Yalnız olmadığımızı öğrenmemizin değeri nedir ki?" İnanmaz bir şekilde başını salladı ve koltuğa daha da gömüldü.

Fazladan birkaç kırışıklık ve kilonun dışında, seksen bir yaşındaki Drake'i yarım asır önce ilk modern SETI araş-

* SETI: "The Search for Extraterrestrial Intelligence"–çn.

tırmasını yürütmüş olan genç adamdan ayırmanın imkânı yoktu. 1959 yılında Drake, Green Bank-West Virginia'daki Ulusal Radyo Astronomi Gözlemevinde (NRAO)* çalışan bir astronomdu. O zamanlar yalnızca yirmi dokuz yaşındaydı, zayıf ve açtı, ama yine de yaşlı bir devlet adamının sakin kendine güvenine ve gümüş rengi saçlarına sahipti. Drake bir gün işteyken tesisin yeni kurulmuş olan 25 metrelik radyo anteninin yapabileceklerini merak etti. Antenin hassaslığını ve iletim gücünü temel alan birtakım yuvarlak hesaplar yaptı ve sonrasında da bu hesapları artan bir neşeyle tekrar kontrol etti. Drake'in hesaplamaları gösterdi ki eğer yalnızca birkaç on ışık yılı uzaklıktaki bir yıldızın yörüngesindeki bir gezegende bu 25 metrelik antenin bir ikizi olsaydı bu anten, Green Bank'teki ikizinin alabileceği sinyaller gönderebilirdi. Dünya'nın kozmik yalnızlığını parçalamak için gereken tek şey, doğru radyo frakansını dinlerken alıcı radyo teleskobunu doğru zamanda gökyüzünün doğru kısmına yöneltmekti.

Drake, "Bu o zamanlar için geçerliydi, bugün için de geçerli," dedi bana. "Yıldızlardan gelen mesajlar tam olarak şu anda, bu odanın içinde uçuşuyor olabilir. Sizle benim içimde. Eğer düzgün biçimde ayarlanmış doğru alıcıya sahip olsaydık, onları tespit edebilirdik. Bunu düşündükçe hâlâ heyecanlanırım."

Drake'in bu konuyu NRAO'daki üstleriyle tartışmaya başlaması fazla uzun sürmedi. Ona, basit bir araştırma yürütmesi için küçük bir bütçe ayırdılar. 1960 yılının bahar mevsimi boyunca Drake, dünyaya radyo sinyalleri gönderiyor olabilecek uzaylı uygarlıkları dinlemek için Güneş benzeri yakındaki iki yıldıza, Tau Ceti ve Epsilon Eridani'ye, periyodik olarak anteni yöneltti. Drake bu çabaya Frank Baum'un ünlü çocuk kitapları dizisindeki hayali Oz Diyarı'nı yöneten prensesten esinlenerek "Ozma Projesi" adını vermişti. Sonraları kendisi "Tıpkı Baum gibi ben de tuhaf ve egzotik varlıkların yaşadığı, çok uzak diyarların hayalini kuruyordum," diye yazacaktı.

* "National Radio Astronomy Observatory" (NRAO) –çn.

Ozma Projesi yıldızlararası sabitten biraz daha fazlasını kaydetti, ama yine de diğer yıldızların etrafında var olabilecek teknolojik uygarlıkların nasıl keşfedileceğini ve onlarla nasıl iletişim kurulabileceğini ciddi ciddi düşünme konusunda, bir nesil dolusu bilim insanı ve mühendise ilham verdi. Astronomlar yıllar boyunca milyonlarca dar bant radyo frekansı üzerinden binlerce yıldıza bakarak yüzlerce araştırma yürütürken, Dünya'nın çevresindeki radyo teleskoplarını kullandı. Ama hiçbiri bizim gezegenimizin ötesinde yaşama, zekâya veya teknolojiye dair çürütülemez tek bir delil sunamadı. Evrenin sessizliği sapasağlam duruyordu. Böylece elli yıldan uzun bir süre boyunca Drake ve öğrencileri, yalnızca bilim insanı değil birer satıcı rolü de oynadı. SETI grupları, neredeyse dünya dışı sinyalleri aradıkları kadar büyük bir tutkuyla fon kaynakları da aramaktaydı

Başlangıçta devletler konuyla oldukça ilgiliydi; SETI, sözün özü, ABD ve Sovyetler Birliği'nin Soğuk Savaş süresince kavgaya tutuştuğu arenalardan biriydi. Bir başka kozmik uygarlığa karşı insanlığın elçiliğini üstlenmekten daha büyük bir propaganda zaferi olabilir miydi? Yıldızlar arasında iletişim kurarak ne tür paha biçilmez bilgiler kazanılabilir ve bunlar kendi çıkarları doğrultusunda kullanılabilirdi? 1971 yılında prestijli bir NASA komisyonu, uzaylıların Dünya'ya bin ışık yılı uzaklıkta bulunan yıldızlardan gelen radyo yayınları için tam kapsamlı bir araştırmanın, 3 ila 10 kilometre karelik bir toplam derleme alanına sahip, 10 milyar dolar karşılığında inşa edilecek devasa bir radyo teleskopları seti gerektireceği sonucuna vardı. Siyasetçiler ve vergi mükellefleri biçilen fiyat karşısında tereddüt ettiler ve SETI'nin siyasi desteğindeki uzun süreli düşüş başladı. Başarısız sonuçlar alma eğilimi on yıllara yayıldı ve Amerikan SETI çabalarına verilen halihazırda seyrek ve istikrarsız fonlar kademeli olarak küçüldü. 1992 yılında, NASA yeni bir SETI programını hırsla başlattığında küçük bir umut ışığı belirdi, ama Kongrenin karşı çıkışı da sonraki yıl bu projenin kepenklerini kapatmasına neden oldu. 1993'ten beri yıldızlardan gelen radyo mesajlarının araştırılması için federal olarak doğrudan tek

bir dolar harcanmadı. Drake ve bir grup öğrencisi karşılaşacakları şeyden şüpheleniyordu, bu yüzden hem kamudan hem de özel sektörden daha kolay finansal destek isteyebilmek için kâr amacı gütmeyen bir araştırma kuruluşu kurdular: SETI Enstitüsü. Merkezi Mountain View-California'da bulunan SETI Enstitüsü, romantik ve yeni zengin Silikon Vadisi teknologlarından gelen bağışların ve araştırma hibelerinin birleşimiyle 1990'ların ortalarında canlanmaya başladı. Drake, milenyumdan sonraki birkaç yıl boyunca süren aktif emekliliğe geçiş yapmadan önce kuruluşundan 2000 yılına dek Enstitünün başkanlığını yürüttü.

2003 yılına gelindiğinde Enstitü, San Fransisco'nun 300 kilometre kadar uzağındaki kase şeklindeki bir çöl vadisinde çığır açıcı yeni bir aleti, Allen Teleskop Dizisini (ATD)* kurmak için Microsoft'un milyarder eş kurucusu olan Paul Allen'dan 25 milyon dolarlık bir fon sağlamıştı. Enstitü, az sayıda muazzam (ve muazzam derecede pahalı) anten kurmak yerine, daha çok sayıda daha küçük antenler kurarak tasarruf edecekti. Drake, ATD'nin tasarımının birçok noktasında öncülüğü üstlendi. Her biri 6 metrelik üç yüz elli anten, aşırı hassas tek bir radyo teleskobu gibi hareket ederek gökyüzünün dolunaydan yaklaşık beş kat daha büyük bir kısmını geniş bir frekans aralığıyla izleyecekti. Allen'ın milyonlarının başka kaynaklardan gelen 25 milyon dolarla birleşmesi ATD'nin 2007'de tamamlanan ilk kırk iki anteninin inşa edilmesi için yeterliydi. ATD'yi Enstitüyle birlikte çalıştıran Berkeley'deki California Üniversitesinde [UC Berkeley] bulunan Radyo Astronomi Laboratuvarına, çiçeği burnunda ATD'nin çalıştırılması için California eyalet fonundan ve federal araştırma bağışlarından kayda değer miktarda fon geldi. Yalnızca kısmen tamamlanmış olmasına rağmen ATD, SETI çabalarını desteklemek için ciddi miktardaki ilgisiz bir radyo astronomi araştırması kadar iyi çalışıyordu. Proje, yıllık yaklaşık 2,5 milyon dolar gibi bir bütçeyle sürdürülüyordu; en azından 2011 yılında fon kesintileri bütün tesisi kış uykusuna yatmaya zorlayana kadar.

* ATD: "Allan Telescope Array" (ATA) –çn.

Drake ile ben 2011 yılında kendisinin evinde konuşurken, kapatılmış ATD'nin atıl antenlerinin çevresinde otlar büyümeye başlamıştı bile. Geriye yalnızca, tek amaçları ATD'nin onarılamaz bir düzensizliğe kapılmamasını sağlamak olan, tesis çalışanlarından oluşan dört kişilik iskelet bir ekip kalmıştı. Küçük bağışlardan oluşan kısa çırpınışlarla desteklenen ATD, Aralık ayına kadar yeniden çalışmaya başlamayacaktı. Toplanan paraysa yalnızca sonraki birkaç aylık çalışmayı fonlamaya yetiyordu. Enstitü, daha sonra atılmış roket parçaları, metal civatalar ve uzay mekiğine çarpıp zarar verebilecek diğer birikintilerden oluşan "uzay çöplüğünü" denetlemek için ATD'yi bir süreliğine kiralayacak olan ABD Hava Kuvvetleriyle ortaklık kovalıyordu. Ama bu fon da kısa süreli oldu ve uzay çöplüğünü incelemeye harcanan zaman ATD'nin SETI merkezli amaçlarından çalınan bir zaman anlamına geliyordu. Daha zengin kimseler meseleye dahil olup ciddi miktarlarda bağış yapmadığı takdirde ATD'nin 350 antenlik özgün hedefiyle araştırma yapması için çok az umut vardı ve küresel finans sisteminde 2008 yılında gerçekleşen çalkantının ardından gelen duraklama sürecinde, potansiyel bağışçılar da en az yayın yapan uzaylılar kadar zor bulunuyordu. Görünüşe göre Drake'in en büyük hayali yerle bir oluyordu.

Siyasi ve ekonomik zorlukların yanında, SETI'nin düşüşünde bir zamanlar bilimsel ve özellikle ironik olan bir başka etken daha vardı: bizim güneşimizin dışındaki yıldızların yörüngesinde bulunan gezegenler olan ötegezegenlerin keşfine ve çalışılmasına adanmış bir alan olan egzoplanetolojinin yükselişi. 1990'ların başlarında, radyo teleskopların dünya dışı varlıklardan gelebilecek mesajlar için gökyüzünü aralıklı olarak taradığı sıralarda, astronomide bir devrim gerçekleşti. Son model ekipmanlar kullanan gözlemciler oldukça düzenli bir şekilde ötegezegenler bulmaya başladılar. Keşfedilen ilk dünyalar, yıldızlarına üzerlerinde yaşanamayacak kadar yakın bir yörüngede dönen, şişmiş ve muazzam gaz-devi dünyalar olan "sıcak Jüpiterler"di. Ama gezegen avlama teknikleri daha da geliştikçe keşiflerin hızı arttı ve

gittikçe küçülen, daha yaşam dostu dünyalar ortaya çıkmaya başladı. 2001 yılında, hepsi de birer sıcak Jüpiter olan on iki ötegezegen keşfedildi. Birkaçı Neptün kadar küçük olan yirmi dört ötegezegen 2004'te bulundu. 2010 yılı, aralarından birkaçı Dünya'dan çok az büyük olan yüzden fazla dünyanın keşfine tanıklık etti. 2013'ün başlarında tek bir NASA görevi, Kepler Uzay Teleskobu, 2700'den fazla muhtemel ötegezegen keşfetmişti. Kepler'in bulduklarının küçük bir kısmı ya Dünya'yla aynı boyutta ya da ondan daha küçüktü ve yıldızların bizim bildiğimiz yaşamın muhtemelen var olabileceği bölgelerindeki yörüngelerde dönüyorlardı. Cesaretlenmiş olan astronomlar komşu yıldızların çevresindeki yaşanabilir dünyalarda hayat işaretleri aramak için devasa uzay teleskopları inşa etmeyi ciddi ciddi tartışıyorlardı.

ATD, 2011'in Aralık ayında kısa bir süre için tekrar açıldığında, umut vaat eden Kepler adaylarını, orada yaşıyor olabilecek konuşkan uzaylıların radyo titreşimleri için araştırmaya başladı. ATD parasızlıktan bir kez daha kış uykusuna gönderilmeden önce hiçbir sinyal tespit edilemedi. SETI'nin yarım asırlık başarısız sonuçları, sansasyonel keşiflerin şöhreti, akademik gözdeliği ve başka araştırmacılar ve kurumlar için bolca fonu beraberinde getirdiği halen sürmekte olan ötegezegen patlamasının yanından bile geçemezdi. Dünya dışı yaşamla ilgilenenlerin bulunması gereken yer SETI değil, egzoplanetolojiydi. Dünya benzeri gezegen arayışı bir patlama noktasına gelirken SETI de bilim dünyasının dışında tutuluyordu.

Drake'e SETI'nin bitişine tanıklık edip etmediğimizi sorduğumda bilgiç ve muzip bir sırıtışın ardındaki mavi gözleri ışıldadı. "Ah, hayır, hiç de öyle değil. Bence bu yalnızca başlangıç. İnsanlar gökyüzünü bir şekilde tüm frekanslarda gözlemlediğimizi varsayıyor, ama daha bunların hiçbirini yapabilmiş değiliz. Aslına bakılırsa bugüne kadarki tüm SETI çabaları yalnızca yakında bulunan birkaç bin yıldızı yakından inceledi ve biz de bunlardan hangilerinin umut vaat edici gezegenlere sahip olduğunu daha yeni öğreniyoruz... Antenlerimizi doğru yöne çevirmiş ve doğru frekanstan

dinliyor olsak bile bizim baktığımız sırada bize bir mesajın gönderilmesi olasılığı kesinlikle yüksek değil. Yaptığımız şey, elimizde yalnızca birkaç biletle piyango oynamak."

***

Drake'in, dışarıda başka yaşam formları olmasına duyduğu güven, Ozma Projesinden kısa bir süre sonra gerçekleşen bir toplantıdan kaynaklanıyor. 1961 yılında, Ulusal Bilimler Akademisinden J. P. T. Pearman, NRAO'nun Green Bank'teki gözlemevinde küçük ve gayri resmi bir SETI konferansı düzenlemek için Drake'e yaklaştı. Pearman, toplantının asıl amacının, SETI'nin diğer yıldızların etrafındaki uygarlıkları başarılı bir biçimde tespit etmede makul bir şansının olup olmadığını ölçmek olduğunu açıkladı. "Green Bank Konferansı" 1-3 Kasım 1961'de gerçekleştirildi.

Kısa olan davetli listesi yıldızlar geçidi gibiydi. Drake ve Pearman'ın yanında üç de Nobel ödüllü kişi vardı. Kimyacı Harold Urey de biyolog Joshua Lederberg de kendi alanlarında birer Nobel ödülünün sahibiydi: Urey ağır bir hidrojen izotopu olan döteryumu keşfettiği için Lederberg de bakterilerin çiftleşip genetik materyallerini aktarabildiğini keşfettiği için. İkisi de yaşamlarının daha önceki aşamalarında yaşamın uzaydaki kökenleri ve belirtileri üzerine çalışan astrobiyoloji alanında uygulamalar yapmıştı. Urey özellikle Antik Dünyanın yaşam öncesi kimyasıyla ilgiliydi ve Lederberg de uzaktaki bir gezegendeki uzaylı yaşamın nasıl olup da uzaktan tespit edilebileceği üzerine çalışıyordu. Konferans devam etmekteyken davetlilerden biri, kimyacı Melvin Calvin, fotosentezin altında yatan kimyasal yollara getirdiği açıklama sayesinde bir Nobel kazandı.

Diğer katılımcılarsa diğerlerine nispeten biraz daha az meşhurdu. Fizikçi Philip Morrison, Drake'in 1960 yılında yürüttüğüne benzer bir SETI programını savunan 1959 tarihli bir makalenin eş yazarıydı. Dana Atchley bir radyo iletişim sistemleri uzmanı ve Drake'in araştırmasına bağışta bulunmuş olan Microwave Associates A.Ş.'nin başkanıydı. Bernard Oliver, Hewlett-Packard'taki araştırmanın başkan yardımcı-

sı ve daha önce Drake'in ilk araştırmasına tanıklık etmek için Green Bank'e gittiği için halihazırda coşkulu bir SETI destekçisiydi. Green Bank gözlemevinin yöneticisi, Rusya kökenli Amerikalı astronom Otto Struve, en gözde öğrencilerinden birini, tatlı dilli bir NASA araştırmacısı olan Su-Shu Huang'ı davet etmişti. Struve, efsanevi bir optik astronom ve diğer yıldızların yörüngelerinde bulunan gezegenlerin nasıl bulunacağını ciddi ciddi düşünen ilk insanlardan biriydi. O ve Huang, bir yıldızın kütlesinin ve parlaklığının yörüngesinde dönen gezegenlerin yaşanabilirliğini nasıl etkilediği üzerine birlikte çalışmışlardı. Sinirbilimci John Lilly, kafeste büyütülmüş şişeburunlu yunuslarla yaptığı tartışma yaratan deneylere dayalı olarak, türler arası iletişim üzerine fikirlerini sunmak için Green Bank'e gelmişti. O günlerde siyah saçlı ve parlak bir doktora sonrası öğrencisi olan Carl Sagan'sa davetli listesindeki en genç ve muhtemelen en az ünlü olan isimdi. Sagan'ı akıl hocalarından biri olan Lederberg davet etmişti.

Gündemi ayarlama işiyse Drake'e düşmüştü. Konferansın başlamasından birkaç gün önce, eline kalem kâğıt alıp masasına oturdu ve galaksimizde şu anda var olabilecek tespit edilebilir gelişmiş uygarlıkların sayısını (*N*) tahmin etmek için gereken tüm kilit bilgi parçalarını sınıflandırmaya çalıştı. İşe en temelden başladı: bir uygarlık kesinlikle istikrarlı ve uzun ömürlü bir yıldızın yörüngesinde bulunan bir gezegende ortaya çıkabilirdi. Drake, Samanyolu'ndaki ortalama yıldız oluşum oranı (*R*) hakkında fikir yürüttü ve böylelikle de kozmik uygarlıklar için yeni beşiklerin yaratımına kabaca bir üst sınır belirledi. Bu yıldızların yalnızca bir kısmı (f_p) gerçekten bir gezegen oluşturabilirdi ve bu gezegenlerin yalnızca bazıları (n_e) yaşam için elverişli olurdu. Drake'in akıl yürütmesi astrofizik ve gezegen biliminden evrimsel biyoloji alanına kaymıştı: bu yaşanabilir gezegenlerin yalnızca bir kısmı (f_l) canlı dünyalar haline gelebilirdi ve bu canlı dünyaların da yalnızca bazıları (f_i) zeki ve bilinçli varlıkları ortaya çıkarabilirdi. Düşünceleri sosyal bilimin çorak topraklarına kayan Drake huzursuzlanmaya başladı.

Oluşturduğu kategorilerin sonuna, mantıklı tahminlerin de sınırlarına yaklaştığını hissediyordu. Azimle daha ilerisini zorladı. Yıldızlararası uzaklıklara kendi varlıklarını iletebilecek teknolojiyi geliştirmiş dünya dışı varlıklar kümesi f_c, teknolojik bir toplumun ortalama yaşam süresiyse L'ydi.

Samanyolu'nun katıksız boyutuyla muazzam yaşından ve uzayda hiçbir şeyin ışıktan daha hızlı yol alamayacağı şeklindeki çetin hakikatten dolayı Drake, yaşam süresinin önemli olduğuna inanıyordu. Yaklaşık 100.000 ışık yılı genişliğinde olan ve evrenin kendisi kadar yaşlı olduğu düşünülen galaksimiz, içerisinde başka kozmik uygarlıkların ortaya çıkabileceği devasa bir uzay ve zaman hacmi sunuyordu. Örneğin eğer gelişmiş bir teknolojik toplumun ortalama yaşam süresi birkaç yüz yıl olsaydı ve bu tür iki toplum bin ışık yılı uzaklıktaki iki yıldızın çevresinde eş zamanlı olarak ortaya çıksaydı, çeşitli kuvvetler bu iki toplumun iletişimsel aşamalarını sona erdirmeden önce temelde iki toplumun birbiriyle iletişime geçme şansı olmazdı. Biri bir şekilde diğerini keşfetmiş ve mesajını bu uzak yıldıza ışınlamış olsa bile mesaj bir milenyum sonra hedefe ulaştığında, o mesajı göndermiş olan toplum artık var olmayacaktı.

Eğer Drake'in faktörleri akla yatkın sayılar kullanılarak birbirleriyle çarpılırsa, muhtemelen tahmini bir N sayısı ortaya çıkacaktır. Şartlar birbirine bağlıdır; eğer herhangi biri hızla düşük bir değer alırsa, sonuçta elde edilen N, yani bütün Samanyolu'ndaki tespit edilebilir teknolojik uygarlıkların tahmini sayısı da hızla düşecektir. Yan yana dizildiklerindeyse, eğer çağdaş kozmik uygarlıklar için doğru bir tahmin getirmezlerse, en azından insanlığın kozmik cehaletinin miktarının belirlenmesine yardımcı olacak bir denklem oluşturmuşlardır.

***

1 Kasım sabahında, konuklar NRAO'nun öğrenci yurdundaki küçük bir fuaye alanında yerlerine oturup kahvelerini yudumlamaya başladıktan sonra Drake ayağa kalktı ve aklındakileri sunmak için ileri atıldı. Ama odadakilere sahne-

nin ortasındaki kürsüden seslenmek yerine arkasını döndü ve yakındaki bir kara tahtaya uzun hesaplamalarını yazdı. Tebeşiri yerine koyup kenara çekildiğinde tahtada şunlar yazıyordu:

$$N = R\, f_p\, n_e\, f_l\, f_i\, f_c\, L$$

Bu harf dizisi, "Drake denklemi" olarak bilinmeye başladı. Her ne kadar Drake bu denklemin yalnızca üç günlük Green Bank toplantısına rehberlik etmesine niyetlenmişse de denklem ve onun sahip olduğu akla yatkın değerler, ondan sonraki tüm SETI tartışmalarına ve araştırmalarına yön verecekti.

O günlerde, mantıklı kısıtlılıklara sahip tek kavram *R*, yani yıldız oluşumunun oranıydı. Astronomlar, Samanyolu'ndaki çeşitli yıldız oluşum bölgelerini halihazırda yakından incelemişti. Bu veriden yola çıkan gruptaki astronomlar *R*'ye bizim galaksimiz içinde yılda en az bir kez gibi ihtiyatlı bir değer belirlediler. Aynı zamanda, Güneş benzeri yıldızlara odaklanmayı seçtiler. Bizimkinden çok daha büyük olan yıldızlar aynı zamanda çok daha parlaktı ve yörüngelerinde dönen herhangi bir gezegende karmaşık yaşamın ortaya çıkışı için çok az zaman bırakarak yalnızca on veya yüz milyonlarca yıl içinde sönümleniyordu. Güneş'ten çok daha küçük olan yıldızlarsa nükleer yakıt bakımından çok daha cimri davranıyorlar ve yüz milyarlarca yıl boyunca zayıf bir parlaklık yayıyorlardı. Ama bu soluk ışık tarafından yeterince ısınmak için bir gezegenin o yıldıza tehlikeli bir yakınlıkta bulunması gerekirdi, bu da yıldızdan gelen alevlerin ve kütleçekim gelgitlerinin, biyosfere hasar vermesine yol açabilirdi. Güneş benzeri yıldızlar, yaşanabilir gezegenler için yeterli miktarda aydınlık sağlayarak birkaç milyar yıl boyunca istikrarlı bir biçimde parlamak ve yıldızların alev gösterisinden uzakta var olmak gibi iki uç arasında bir denge tutturur.

1961'de, güneş sistemimizin dışında bulunan hiçbir gezegen henüz keşfedilmemişti, bu yüzden f_p tahmini yalnızca dolaylı delillere dayanıyordu. Bu tahmin, Struve ve Morri-

son arasındaki bir tartışmada ortaya çıkmıştı. Struve, birkaç on yıl önce, farklı yıldız tiplerinin rotasyon oranını ölçerek öncü bir çalışmaya imza atmıştı. Bizimkine benzeyen veya daha küçük ve daha az sıcak olan yıldızlar daha yavaş dönerken, daha sıcak ve daha büyük olan yıldızların bizim Güneşimizden daha hızlı döndüğünü bulmuştu. Struve'a göre fark, dönen gezegenlerin Güneş benzeri yıldızlara daha fazla eşlik etmesi, böylelikle de yıldızların açısal momentini azaltarak dönme oranlarını düşürmesiydi. Ancak Güneş benzeri bilinen yıldızların kabaca yarısı, kendi dönüşlerini de etkileyebilecek refakatçi bir yıldızla birlikte bir yörüngede dönen, birer ikili sistemde bulunan yıldızlardı. Bu tür bir sistemde, her bir yıldızın diğerine uyguladığı kütleçekimin gezegen oluşum sürecini bozabileceği düşünülüyordu. Struve, yalnızca diğer yarının, yani tekli güneşlerin gezegen oluşturma ihtimalinin olduğunu öne sürdü. Güneş benzeri gezegenlerin etrafında gezegenlerin yaygın olduğuna öylesine ikna olmuştu ki yaklaşık on yıl önce, 1952'de, bu gezegenleri bulmak için iki adet gözlem stratejisini açıkladığı bir makale yayımlamış, ötegezegen patlamasını yarım asır öncesinden öngörmüştü. Struve'un Güneş benzeri yıldızlardan yarısının gezegenlere sahip olduğu şeklindeki tahmini yalnız olan birçok yıldızın etrafında bile yalnızca parçalanmış asteroitlerin ve kuyrukluyıldızların oluşacağını düşünen Morrison için fazla yüksekti. Ona göre f_p ellide bir kadar düşük olabilirdi.

Sonrasında grup, n_e'ye, yani sistem başına yaşanabilir gezegenlerin sayısına döndü. Huang ve Struve, bizim kendi güneş sistemimizin, geniş bir yörünge dağılımındaki çok sayıda gezegenle, tipik bir mimariye sahip olduğunu öne sürmek için yıllar boyu yürüttükleri çalışmalarını yan yana dizdi. İddialarına göre herhangi bir sistemde "yaşanabilir alan" adı verilen, yıldızın çevresindeki bir gezegenin üzerinde sıvı halde suyun bulunabildiği geniş tanımlı bölgeye en az bir dünya düşecekti. Sagan bu fikre katıldı ve gezegenin atmosferinde bulunan bol miktardaki sera gazının aksi halde soğuk olacak bir gezegeni ısıtıp, yaşanabilir alanın sınırlarını bir hayli genişletebileceğine işaret etti. Güneş sistemimize

bakan grup, ılımlı bir biçimde farklı atmosferik niteliklere sahip olsalardı muhtemelen Dünya'ya fazlasıyla benzeyebilecek iki uç nokta olan kavrulmuş Venüs'le donmuş Mars'a odaklandı. Katılımcılar, Sagan'ın, Huang'ın yaşanabilir bölgesinin sera gazıyla genişlemesi önerisini açıklamak için, gezegen sisteminin, yaşama elverişli bir ila beş gezegenden birine ev sahipliği yapmasının muhtemel olduğunda karar kıldılar. Yani n_e'ye, bir ile beş arasında bir değer verdiler. Elbette ki galakside milyarlarca yaşanabilir gezegen bulunuyor olabilir ve eğer yaşamın kökeneri kozmik bir talihin eseriyse de Dünya'dan başka hiçbirinde yaşam bulunmuyor olabilirdi.

Tartışma f_l'in, yani yaşamı ortaya çıkaran yaşanabilir gezegenlerin sayısının değerine geldiğinde Urey ve Calvin'in uzmanlık alanına girilmiş oldu. Urey 1952 yılında yaşamın jeotermal ısıtma, yıldırım darbeleri ve çalkantılı genç Güneş'ten gelen morötesi ışınların çevreyi faydalı enerjiyle doldurduğu ilkel Dünya'daki kökenlerini incelemek için Stanley Miller isimli lisans öğrencisiyle bir ekip oluşturmuştu. İkili, Dünya'nın antik atmosferini taklit etmek için o zamanlarda var olduğu düşünülen gazlar olan hidrojen, metan, amonyak ve su buharının bir karışımını barındıran sızdırmaz bir kabın içinden az miktarda bir elektrik akımı geçirmişti. Yalnızca bir hafta sonra, Urey-Miller deneyi şekerlerden, yağlardan ve hatta proteinlerin yapıtaşı olan aminoasitlerden oluşan organik bileşiklerin ortaya çıkardığı bir "ilkel çorba" sentezlemişti. Gezegen ölçeğinde milyonlarca yıl boyunca gerçekleşen bu tür tepkimeler, inorganik öncü kimyasal maddelerden kolayca organik bileşenler sentezleyebilirdi. Fosil kayıtları, bizim kendi gezegenimizdeki yaşamın gezegenin oluşumunun ardından gerçekleşen soğumadan yalnızca birkaç yüz milyon yıl sonra gelişmeye başladığına işaret ediyor; yani görünüşe göre yaşam, ortaya çıkabileceği en erken zamanda gelişmeye başlamış.

Calvin, yaşanabilir herhangi bir dünyada, jeolojik zaman ölçütünde basit, tek hücreli yaşamın bir kesinlik olduğunu inatla savundu. Sagan, kimi astronomların yıldızlararası gaz

ve toz bulutlarında halihazırda hidrojen, metan, amonyak ve su bulduğuna ve bazı göktaşı çeşitlerinin organik bileşikler bakımından zengin olduğuna dikkat çekti. Sagan, tüm bunların Dünya'nın erken dönemlerindeki atmosferine benzeyen bir atmosfere sahip gezegenlerin gezegen oluşumunun yaygın birer sonucu olabileceğini söyledi. Ayrıca yıldızlarının ışığıyla ısınan bu dünyalar fizik ve kimya yasaları her yerde aynı olduğu için yaşamın organik yapıtaşlarıyla dolup taşacaktı. İlkel çorbadaki organik bileşiklerin sayısız biçimde tekrarlanması ve permütasyonu yoluyla ham katalitik enzimler ve kendi kendini kopyalayan moleküller aşamalı olarak ortaya çıkacak, böylece de yaşamın başlangıcı hazırlanmış olacaktı. Grubun geri kalanı da buna katılıyordu: geçen yüz milyonlarca veya milyarlarca yıl göz önünde bulundurulduğunda, tek hücreli yaşam muhtemelen yaşanabilir olan tüm dünyalarda ortaya çıkarak bu gezegenlerin her birine birer f_l değeri verecekti.

Akıllı yerlilere sahip ve yaşanabilir, üzerinde yaşam taşıyan gezegenleri ifade eden f_i'yi tartışma vakti geldiğinde Lilly, Karayipler'deki St. Thomas adasında kafeste yaşayan yunuslarla yaptığı deneyleri tartışmaya açtı. Lilly, insan beyniyle benzer nöron yoğunluğuna ve daha zengin bir kortikal yapı zenginliğine sahip bir yunus beyninin insan beyninden daha büyük olduğunu belirterek başladı. Kendisinin yunuslarla kliklerden ve ıslıklardan oluşan dillerinde iletişim kurma teşebbüslerinden bahsetti ve yunusların denizde kaybolmuş denizcileri kurtarma hikâyelerini anlattı. İki yunusun bir yüzme havuzunun soğuk suyunda yorgun düşerek boğulmak üzere olan üçüncü bir yunusu kurtarmak için işbirliği yaptığı bir olaya odaklandı. Donmuş olan yunus, açık bir yardım çağrısı olarak iki kere tiz ıslık çalmış, bu da kurtarıcıları birbirleriyle konuşarak bir kurtarma planı oluşturmaya ve sıkıntılı arkadaşlarını kurtarmaya itmişti. Bu olay Lilly'yi yunusların karmaşık iletişim, gelecek planlama, empati ve özyansıtma yetilerine sahip, yeryüzünde insanların çağdaşı olan ikinci bir akıllı tür olduğuna ikna etmişti.

Morrison, doğal seçilimin oldukça farklı evrimsel soylardan gelen canlıları müşterek ortamlara ve ekolojik yaşam alanlarına uyum sağlayacak ortak biçimler şekline sokma eğilimi anlamına gelen yakınsak evrim kavramını ortaya atarak tartışmayı genişletti. Buna göre tuna veya köpekbalığı gibi balıklar, memeli olan yunuslarla ortak bir gelişmiş vücut biçimini paylaşıyorlardı ve göz ve kanat gibi niteliklerse tüm hayvan krallığında bağımsız bir biçimde birden fazla kez evrilmişti. Belki de, dedi Morrison, zekâ da yakınsak evrimin bir başka örneğidir ve yalnızca insanlarla yunuslarda değil, günümüzde nesli tükenmiş olan Neandertaller ve balinalar gibi başka primat ve deniz memelerinde de ortaya çıkmıştır. Yaşamın ilk kez basit tek hücrelerden çok hücreli organizmalara doğru temel bir evrimsel sıçrama gerçekleştirmiş olması kaydıyla, tıpkı gözler ve kanatlar gibi zekâ da bir gezegen ortamında defalarca kez ortaya çıkan fazlasıyla başarılı bir uyarlanım olabilir. Morrison'ın argümanlarıyla heyecanlanan Green Bank bilim insanları, f_i'ye iyimser şekilde bir değerini verdiler.

Morrison aynı zamanda, Green Bank'te Drake'in denkleminin nihai ve en bulanık iki parçası üzerinde dönen tartışmanın bir çerçeveye oturtulmasında da belirleyici rol oynadı: yıldızlararası iletişim yetisine sahip toplumlar ve teknolojiler geliştirecek akıllı yaratıkları ifade eden f_c parçası ve gelişmiş bir teknolojik uygarlığın ortalama yaşam süresini ifade eden L parçası. Morrison ilk önce, yunus ve balina gibi canlıların da akıllı olabilmekle birlikte mevcut sucul biçimlerinin görünüşe göre kozmik görünmezliğe mahkum olduğunu belirtti: birer kültüre ve dile sahip oldukları varsayılsa bile bu canlılar yine de görece basit aletleri ve makineleri bile bir araya getirme veya kullanma becerisinden yoksundu. Katılımcıların hepsi de herhangi bir deniz memelisi uygarlığının bir radyo teleskobu veya televizyon antenine benzer bir şey inşa ettiğini hayal etmekte zorlanıyordu. Ama karada, dedi Morrison, tarih teknolojik toplumların ortaya çıkışının bir başka yakınsak fenomen olduğuna işaret ediyordu. Erken dönem Çin, Orta Doğu ve Kuzey ile Güney Amerika uygar-

lıklarının hepsi bağımsız olarak ortaya çıkmış ve genellikle benzer gelişim hatları izlemişti.

Ama yine de sosyal değişime ve teknolojik ilerlemeye yön veren şeyler tam olarak net değildi. Avrupalılardan yüzlerce yıl önce ortaya çıkardığı barut, pusula, kâğıt ve matbaa makinesi gibi teknolojik gelişmelere karşın Çin, Avrupa'nın Rönesansına ve onu takip eden bilimsel ve endüstriyel devrimlerin hiçbirine denk bir deneyim yaşamamıştı. Çinlilerden ziyade İspanyol ve Portekizli kaşifler okyanus aşan kocaman gemiler kullanarak Kuzey ile Güney Amerika'yı keşfe çıktıklarında, Avrupa'nın çeliğine ve barutuna hiçbir şekilde denk olmayan bir Taş Devri teknolojisi kullanan yerli uygarlıklarla karşılaşmıştı. Görünüşe göre okyanus ötesine gemiler veya yıldızlararasında mesajlar göndermek yalnızca teknolojik bir hüner meselesi değil, aynı zamanda bir tercih meselesiydi. Herhangi belirli bir teknolojik kültürün yıldızlararası iletişim girişiminde bulunup bulunmayacağı öngörülemez gibi görünüyordu. Kısmen gelişigüzel bir kararla yüzleşen Green Bank katılımcıları nihayet akıllı türlerin beşte bir ila onda biri arasındaki kısmın diğer kozmik uygarlıkları arama ve onlara sinyal gönderme yetisi ve eğilimi geliştireceği tahmininde bulundu. Bu da grubun gözden geçirmesi için geriye yalnızca L'yi, yani teknolojik uygarlıkların tipik yaşam süresini bırakıyordu.

Konferansa ara verildiği bir sırada Drake, denkleminin büyük oranda gelişmiş olabileceğinden şüphelenmesine yol açan bir şey fark etti: Denklemin yeni parçasından üçünün (R, f_l, f_i) bire eşit olduğu, dolayısıyla da bizim galaksimizdeki tespit edilebilir uygarlıkların sayısını ifade eden N sonucu üzerinde çok az etkiye sahip olduğu ortaya çıktı. Aynı şekilde, diğer üç parçanın (f_p, n_e, f_c) akla yatkın değerleri de birbirlerini kolayca sıfırlayabiliyordu. Örneğin grup, sistem başına yaşanabilir gezegenlerin ortalama sayısı olan n_e'nin bir ila beş arasında, gezegene sahip yıldız parçalarını ifade eden f_p'nin de yarımla beşte bir arasında olduğunu tahmin etmişti. Eğer n_e'nin değeri aslında iki, f_p'ninki de yarım olsaydı, bunların çarpımının sonucu bire eşit olacaktı ve N

çok çok az etkilenecekti. Eldeki en iyi delilleri gözden geçirdikten sonra dünyanın en parlak bilimsel zihinlerinden bazıları, her şey hesaba katıldığında evrenin canlı dünyalarla dolup taşıyor olması gereken oldukça yaşanabilir bir yer olduğu sonucuna vardı. Başka güneşlerin etrafında dönen başka gezegenlerdeki başka zihinlerin, kendi göklerine bakarak kendilerinin de yalnız olup olmadığını merak ediyor olmaları akla yatkındı. Ama yine de Drake, kozmosta var olan teknolojik uygarlıkların sayısını gerçekten kontrol ettiğinden şüphelendiği şeyin yıldızların sayısından veya yaşanabilir gezegenlerin sayısından ya da yaşamın, zekânın veya yüksek teknolojinin ortaya çıkış sıklığından daha çok, neredeyse yalnızca bu uygarlıkların yaşam süresi olduğunu duyurdu. $N=L$.

Bu düşünce Morrison'ı ürpertti. Green Bank katılımcıları arasında bir tek o, bizim modern çağımızın ne kadar kısa süreli olabileceğini duygusal olarak değerlendirebiliyordu. Morrison, İkinci Dünya Savaşı sırasında Manhattan Projesinde çalışmış ve 16 Temmuz 1945'te New Mexico-Alamogordo'da ilk atom bombasının patlamasına şahit olmuştu. Bir ay sonra, Güney Pasifik'teki Tinian adasında Morrison bir atom bombasını bizzat birleştirip silahlandırmış, sonrasındaysa bu bomba Japonya'nın Nagazaki şehrine bırakılmıştı. On binlerce sivil, bombanın ateş topundan yanıp kül olmuş, on binlercesi de radyoaktif serpintiye maruz kalmaktan ve ikinci derece yanıklardan dolayı ağır ağır can vermiş, bunların hepsi de yaklaşık bir kilogram ağırlığında plütonyumun nükleer parçalanmasından ötürü yaşanmıştı. Japonya'nın teslim olması beraberinde savaşın bitişini getirdiğinde, atom savaşının yarattığı yıkımı yakından değerlendirmek için Hiroşima ve Nagazaki şehirlerine giden Amerikalı bilim insanları grubunun içinde Morrison da vardı. Bundan kısa süre sonra Morrison lafını sakınmaz bir nükleer silahsızlanma destekçisi oldu, ama iş işten geçmişti. Sovyetler Birliği hızlandırılmış bir programla atom bombası geliştirme çalışmalarına halihazırda başlamıştı ve 1949'da da ilk nükleer silahlarını başarılı bir şekilde test

edecekti. Süregiden silahlanma yarışında ABD de Sovyetler Birliği de çok daha güçlü termonükleer füzyon işlemlerinden faydalanmada başarılı olarak yüzlerce Nagazaki'yi yıkabilecek kuvveti tek bir bombaya sıkıştırdı. Sonuçta elde edilen termonükleer silah cephaneleri, tek bir nükleer takasta yüz milyonlarca yaşamı yeryüzünden silmeye yetip de artıyordu bile. Böylesi bir nükleer kıyımdan sağ kurtulanlarsa ciddi biçimde hasar görmüş bir biyosfer ve yeni bir Karanlık Çağa sürüklenmiş bir dünyayla karşı karşıya kalacaktı. Green Bank konferansının üzerinden daha bir yıl bile geçmeden, Küba füze krizi dünyayı bir termonükleer savaşın eşiğine taşıyacak ve zaman geçtikçe daha fazla ulus, atomun kuvvetini başarılı bir biçimde bir silah haline getirecekti. İnsanlar; küresel bir toplum, radyo teleskopları ve gezegenler arası roketleri geliştirmeleriyle aşağı yukarı aynı zamanlarda kitle imha silahlarını ortaya çıkarmıştı.

Eğer burada olabildiyse, diye kasvetli bir biçimde belirtti Morrison, her yerde olabilir. Belki de tüm toplumlar benzer bir gidişatı takip ediyor, kendilerini yok etme yetisine sahip oldukları anda aynı zamanda daha geniş kozmosa görünür hale geliyorlardı. Aslına bakılırsa, diye devam etti, o keskin zihninin içinde sayılar dönüp dururken, eğer ortalama bir uygarlık bilinmezliğe gömülmeden önce on yıl dayanabiliyorsa, tüm galakside herhangi bir zamanda, iletişim kurmaya hazır büyük ihtimalle yalnızca bir gezegen sistemi var olacaktır. Samanyolu'nun tek kültürel yaratığını, kendimizi, zaten tanıyoruz. Dünya dışı uygarlıklara dair deliller aramanın en mücbir sebeplerinden biri, diye düşündü Morrison, bizim kendi uygarlığımızın mevcut teknolojik yeni yetmeliğinden sağ çıkma umudunun olup olmadığını öğrenmektir. Belki de yıldızlardan gelebilecek bir mesaj, insanlığın kendi kendini yok etme eğilimine ket vurabilir.

Sagan, kitle imha silahlarının geliştirilmesinden önce ve hatta sonra küresel istikrar ve refah sağlayan kimi teknolojik uygarlıkların göz ardı edilemeyeceğini ifade ederek felaket tellallığına karşı çıkma girişiminde bulundu. Kendi gezegen ortamları üzerinde uzmanlaşıp, kendi gezegen sistemlerinin

geri kalanındaki kaynaklardan faydalanmaya başlayabilirlerdi. Sagan, güç ve bilgelikle dolup taşan böylesi bir toplumun, neredeyse tüm doğal afetleri önleme ve onlara karşı koymada mücadele şansı olduğunu düşünüyordu. Bu gezegen, kuramsal olarak, yüz milyonlarca ve hatta milyarlarca yıl hayatta kalabilir, muhtemelen yörüngesinde döndüğü yıldız parlamayı sürdürdüğü müddetçe varlığını sürdürebilirdi. Eğer bu uygarlık, ölmekte olan güneşinden kaçıp başka gezegen sistemlerinde koloni kurmayı bir şekilde başarabilirse de... Eh, belki de pratikte sonsuza dek var olabilirdi. Tüm katılımcılar arasında, teknolojik uygarlıkların yalnızca birçok gezegen sorununu değil, aynı zamanda yıldızlararası seyahatle ilintili çok katmanlı birçok zorluğu da çözeceğine dair açık ara en iyimser olan Sagan'dı. Dışarıda bir yerlerde, bizim galaksimizde olmasa bile sayısız başka galaksinin en azından birinde, ölümsüzler, yıldızların orta yerinde sonsuz günlerini yaşıyordu. Sagan, bizim de onlara dahil olabileceğimizi düşünüyordu.

Katılımcılar *L* üzerinde yorgun düşene değin görüşüp tartıştıktan sonra Drake ayağa kalktı ve bir fikir birliğine vardıklarını duyurdu. Teknolojik uygarlıkların yaşam sürelerinin, dedi, ya en fazla bin yıl sürerek görece kısa olması ya da yüz milyon yıl ve ötesine uzanarak fazlasıyla uzun olması muhtemel. Şüphesiz eğer Drake denkleminin en hayati etmeni yaşam süresiyse, bu, Samanyolu'nda bin ile yüz milyon arasında teknolojik uygarlığın var olduğu sonucuna çıkıyordu. Bin gezegen uygarlığı, galaksimizdeki her yüz milyon yıldızda bir gezegen anlamına geliyordu. Eğer sayılar bu kadar düşükse, bize komşu olan en yakın uygarlık binlerce ışık yılı uzakta olacağından, konuşabileceğimiz birisini bulmakta epey zorlanırdık. Öte yandan eğer yüz milyon uygarlık var olsaydı bunlar, her bin yıldızdan birinde yaşıyor olurdu ve bu durumda da bu uygarlıklardan halihazırda bir şeyler duymuş olurduk. Drake'in 1961'deki en iyi tahmini, bu iki ucun arasında bulunuyordu: Drake, *L*'nin on bin yıldız civarında olabileceğini ve dolayısıyla bizimkiyle birlikte bu on bin teknolojik uygarlığın Samanyolu'na serpiştirilmiş olabi-

leceğini düşünüyordu. Drake'in kişisel tahmininin, uzaylı bir uygarlığın başarılı bir şekilde tespit edilmesini oldukça zor olan ama yetilerimizin de ötesinde olmayan bir noktaya yerleştirmesi muhtemelen tesadüfi değildi: kendisinin hesaplamalarına göre nihai bir keşfin elde edilebilmesi için yalnızca on milyon yıldızın gözlenmesi gerekiyordu; bu arayış on yıllar, belki de yüzyıllar sürebilecek olsa da.

Konferansın sonunda, konuklar, Calvin'in Nobel Ödülünü kazanmasını kutladıkları zamandan kalma şampanyayı içerlerken, Struve'un önerisiyle kadeh kaldırıldı: "*L*'nin değerine içelim. Umalım da çok büyük bir sayı olsun."

Bölüm 2

DRAKE'İN ORKİDELERİ

Yarım yüzyıl sonra kendisinin oturma odasında sohbet ettiğimiz sırada, Drake, Green Bank konferansında ulaşılan sonuçların, hiçbir şey değilse bile fazla kötümser olduğu yönündeki yargısını dile getirdi. Geçtiğimiz birkaç on yıl içinde, yaşama elverişli bir evren hususunda astrofizikte muazzam gelişmeler yaşandı, dedi. Yıldız oluşum oranlarına dair tahminler 1961'den beri çok az değişti, ama yeni birçok çalışma bizim Güneşimizden daha küçük, daha soğuk ve çok daha verimli birer yıldız olan "kırmızı cücelerin" yaşama önceden inanılandan daha uygun olduğuna dair ipuçları verdi. Ötegezegen patlamasından alınan verilerin istatistiksel analizi, yalnızca bizim galaksimizdeki her türden yıldızın etrafında dönen yüz milyarlarca gezegenin var olduğuna işaret ediyor; Green Bank grubunun, yörüngesinde gezegen barındıran yıldızlar için yaptığı özgün tahmin çok daha düşüktü. Kaçınılmaz bir şekilde, bu gezegenlerin yörüngeleri de içerisinde bulundukları sistemin yaşanabilir bölgelerinde olacaktı. Her ne kadar Venüs ve Mars'ın yaşanabilir dönemleri çok kısa olmuşsa ve ikisi de sahip oldukları okyanusları yüz milyonlarca yıl sonra kaybetmişse de bu iki gezegene gönderilen uzay araçları buralarda milyarlarca yıl önce okyanus suyunun var olduğuna dair umut vaat eden deliller toplamıştı. Bu sırada araştırmacılar, güneş sisteminin dış kesimlerinde, Jüpiter ve Satürn gibi buz devlerinin uyduları olan Europa ve Titan'ın buzlu kabuklarının altındaki güneş yüzü görmeyen engin denizlerde sıvı sudan oluşan okyanuslar keşfetmişti. Bu sonuçları değerlendiren astronomlar, belki de Dünya'ya benzeyen yaşanabilir uyduların, başka yıldızların etrafında döndüğü

halihazırda bilinen Jüpiter boyutundaki sıcak dünyaların bazılarının yörüngesinde dönüyor olabileceği yönünde fikir yürüttü. Hatta bu astronomlardan bazıları, bağlı bulunduğu yıldızdan uzaklara fırlatıldıktan sonra yıldızlararası uzayın derinliklerinde serbestçe dolaşan yaşanabilir gezegenlerden bahsetti. Sera gazından oluşan kalın bir atmosferik örtü veya derin bir okyanusun üstündeki buzlu bir kabuk bu tür göçebe dünyaları izole edebilir ve onların yaşanabilirliğini milyarlarca yıl koruyabilir. Galaksimizde yaşama elverişli olan gezegenlerin çoğu bizim Güneşimize benzeyen yıldızların yörüngesinde bulunmuyor da olabilir elbette, dedi Drake. Belki de hiçbir yıldızın yörüngesinde dönmüyorlardır.

Drake, biyokimyanın da epey gelişmiş olduğunu düşünüyordu. Yaşamın kökenleri üzerine yapılan çalışmalarla geçmiş yarım yüzyıllık bir süreç, hücre zarlarına, kendi kendini kopyalayan moleküllere ve başka temel hücresel yapılara yol açabilecek olası kimyasal yolların bolluğuyla karşılaşmıştı. Birden çok kanıt çizgisi, tek hücreliden çok hücreli yaşama doğru sıçrayışın Dünya'nın erken dönemlerinde geniş bir organizma dizisiyle birden çok kez gerçekleştiğine işaret ediyor, bu da geçişin nadir bir rastlantı değil, yine bir başka yakınsak evrim örneği olduğu sonucuna çıkıyordu. Araştırmacılar Dünya'nın yüzeyinin kilometrelerce altında bulunan kayalıklarda, kaynama derecesindeki hipersalin* asidik su havuzlarında, buzulların iç kısımlarında, en derin ve en karanlık okyanus uçurumlarında ve hatta nükleer reaktörlerin radyasyonla dolup taşan sınırlama odalarında hayatta kalıp muazzam miktarlarda üreyebilen mikroplar keşfetmişti. Görünüşe göre, bir gezegen fenomeni olarak yaşam bir kez ortaya çıktıktan sonra üstün bir biçimde uyumlanabiliyor, mümkün olan tüm ekolojik ortamlarda refaha erebiliyor ve akla gelebilecek neredeyse bütün çevresel bozulmalara dayanabiliyordu.

Tüm bunların, bu denklemin geri kalan parçaları için ne anlama geldiğini sordum.

---

* Hipersalin: Deniz suyunun tuzluluk oranından daha fazla tuzluluğa sahip olan –çn.

"Potansiyel olarak yaşanabilir olan oldukça yüksek sayıda yer bulduk, ama akıllı ve teknolojik bir yaşam bulabilmeyi umabileceğimiz yerlerin sayısı aslında çok da artmadı," diye yanıtladı Drake. "Bana göre bu, yaygın ve güçlü bir teknolojinin gelişmesinin önünde ciddi engellerin bulunduğuna işaret ediyor. Bu engelleri aşabilmek için Dünya'ya oldukça benzeyen bir gezegene ihtiyacınız olabilir. Bu cesaret kırıcı gelebilir; şüphesiz, var olan yıldızların sayısının farkına varana dek. Bu yıldızların sayısı, Dünya'nın ve onun sahip olduğu yaşamın bir denginin daha önce birçok kez ortaya çıktığına ve bundan sonra da çok ama birçok kez daha ortaya çıkacağına işaret ediyor. Bu gezegenler, yukarıda bir yerlerde."

Drake kıkırdadı, öksürdü ve oturmaktan bariz bir biçimde bitap düşmüş halde, gıcırtılar eşliğinde koltuktan kalktı. Temiz hava almak için dışarı çıktık.

Akşamüstü güneşi yüzümüzü ısıtıyor, serin bir esinti kule gibi yükselmiş kızılçamların arasından fısıltıyla geçerek Drake'in gümüş rengi saçlarını karıştırıyordu. Havada yeşil ve büyümekte olan bir şeylerin kokusu vardı. Drake, bulutsuz gökyüzünde yükselen Ay'ın belli belirsiz seçilen hilal şekline işaret etti. Hilalin hemen yanından, yüksek irtifada uçan bir yolcu uçağının bıraktığı gümüşümsü çizgi geçiyordu. Bahçeye doğru yürürken, bir ağacın başımızın üzerindeki dallarında asılı olan yuvadan düşüp kırılmış bir bülbül yumurtasının üzerinden temkinli bir biçimde atladım. Gelgit çok altımızda, ağaçlı tepelerin ve sahile komşu banliyölerin ötesinde kıvrılıyor, sörfçüler de Monterey Koyuna çarpan büyük dalgaların üzerinde kayıyordu.

Drake'in ön kapısından görülen manzara, dünyadaki yaşamın temel gerçeklerinden birçoğunu içeriyordu. Ham güneş ışığıyla çalışan bitkiler, su ve karbondioksidin kimyasal bağlarını parçalıyor, şeker ve hidrojen ve karbondan gelen diğer hidrokarbonları çeviriyor ve havaya oksijen veriyordu. Havadaki tüm bu oksijen moleküllerini parçalayan güneş ışığı, gökyüzünün mavi görünmesini sağlıyordu. Oksijeni soluyup vücutlarını hidrokarbonlarla besleyen hayvanlar, bitkilerden gelen bu fotosentetik armağanlara bütünüyle bağlı

hale geliyordu. Ölürken bitkiler de hayvanlar da benzer şekilde Güneş'in eli değmiş karbonu, onu muazzam miktarda ısı, basınç ve zamanla kömüre, petrole ve doğal gaza çeviren Dünya'ya veriyordu. Gezegenin kabuğundan mekanik olarak çıkarılan ve motorlarda, jeneratörlerde ve fırınlarda yakılan bu fosil enerjisi insanlığın tüm dünyadaki teknolojik hakimiyetinin büyük bir kısmına güç sağlıyordu. Ortaya çıkarılan ve yüz milyonlarca yıl boyunca kilit altında kalan bu karbon yığını, jeolojik bir anda püskürerek gezegenin atmosferine tekrar karışıyordu.

Monterey Koyundaki deneyimimiz, gezegenimizin fiziksel özelliklerinin ve bunları ortaya çıkaran beklenmedik olayların bir ürünüydü. Dünya'nın eksen eğikliğini dengeleyen ve ona gelgitleri bahşeden anormal oranda büyük uydumuz Ay, güneş sistemimizin tarihinde, Mars boyutlarında bir kütle ilkel Dünya'ya çarptığında ortaya çıkmıştı. Bir başka darbe, 66 milyon yıl önce on kilometre genişliğinde bir asteroitle birlikte geldi ve küresel bir kitle yok oluşunun kıvılcımını çakarak dinozorların çağını sona erdirdi. İnsanlığın küçük, memeli ataları biyosferik hakimiyete doğru yavaş bir sürece girerken yok olmamış kertenkelelerse aşamalı olarak kuşları ortaya çıkardı. Dinozorlardan milyarlarca yıl önce, bizim Dünya'nın okyanusları olarak bildiğimiz yaşam sıvısıysa güneş sisteminin dış kesimlerinden Dünya'ya ulaşan, su bakımından zengin asteroit ve kuyrukluyıldızların yağmuru sırasında gerçekleşen çarpışmalarla geldi. Dünya'daki su bolluğunun gezegenin parçalanmış kabuksu levhalarını kayganlaştırdığı ve onların, bizim levha tektoniği dediğimiz, güneş sistemindeki tüm gezegenler içinde yalnızca bizim dünyamıza özgü olan iklim düzenleyici mekanizma içerisinde sürüklenip kaymasına olanak sağladığı düşünülüyor.

Sırtını koya dönen Drake, evinin garajının önüne, parçalanmış devasa bir kızılçam kütüğünün uzun süredir sönük olan bir yanardağ gibi yükseldiği yere doğru ilerledi. Eğildi ve ellerini kadim ahşabın üzerine koydu. Yıllar önce, kütüğün yüzeyinin bir kısmına ince bir kireçtaşı tabakası dökerek büyüme halkalarının kolayca görülebilmesini sağladığı-

nı ve çocuklarına da gayri resmi bir bilim projesi olarak bu halkaları sayma görevini verdiğini söyledi. Her biri ağacın yaşamını işaretleyen 2000 halka saymışlardı; görünüşe göre ağaç İsa'yla aynı yıllarda doğmuştu.

"Bu ağaç, Yengeç Bulutsusunu yaratan süpernovadan gelen ilk ışığı gördü; işte, şurada," dedi Drake, kütüğün merkeziyle çeperi arasında, ortadaki bir noktaya dokunarak. Süpernovadan gelen ışık, Dünya'yı 1054 yılında, tam da Batı Avrupa Karanlık Çağlarına girerken aydınlatmıştı. Drake, elini çepere doğru daha da sürerek Coğrafi Keşifler Çağını şöyle bir süpürerek Avrupalıların Kuzey ile Güney Amerika'yı ilk keşfettiği ve kolonileştirmeye başladığı yılların kaydını tutan halkaları geçti. Adamın eli, kütüğün kenarından kayana dek ilerlemeye devam etti.

Ağacın 2000 yıllık yaşamı süresince, Samanyolu, kendisine en yakın komşu spiral galaksi olan Andromeda'ya 8 trilyon kilometre yaklaştı, ama iki galaksi arasındaki mesafe, önümüzdeki 3 milyar yıl boyunca bir çarpışmaya sebebiyet vermeyecek kadar da uzak kalmayı sürdürdü. 2000 yıl içinde, Güneş galaktik merkezdeki 250 milyon yıllık yörüngesinden nadiren oynadı ve bu yıldızın milyarlarca yıllık yaşam süresini hesaba katarsak, bir gün bile yaşlanmadı. Güneş ve onun yörüngesindeki gezegenler, 4,6 milyar yıl önceki oluşumlarından beri belki de on yedi galaktik yörünge gerçekleştirdi; yani güneş sistemimiz on sekiz "galaktik yıl" yaşında. Sistem on yedi yaşındayken, Dünya üzerinde kızılçam ağaçları yoktu. On altı yaşındayken, basit organizmalar denizden karaya doğru, orada koloni kurmak üzere ilk deneysel gezintilerine çıkıyorlardı. Aslına bakılırsa, güneş sisteminin on sekiz galaktik yılından on beşinde, gezegenimizin tek hücreli mikroplardan ve çok hücreli bakteri kolonilerinden biraz daha fazlasına ev sahipliği yaptığına ve diferansiyel denklemler çözebilecek, roketler inşa edebilecek, manzara resimleri çizebilecek, senfoniler yazabilecek ve sevgiyi hissedebilecek varlıklar şöyle dursun çimen, ağaç veya hayvan kadar karmaşık bir yapıya sahip herhangi bir şeyden bile yoksun olduğuna fosil kayıtları da tanıklık ediyor.

Gezegenimiz, bugünden birkaç milyar yıl sonraki yirmi birinci galaktik doğum gününde önceki çorak haline geri dönebilir. Astrofizik ve iklim modelleri zaman geçtikçe istikrarlı bir biçimde parlamaya devam eden güneşin o zamanlarda parlaklığını yüzde on civarında artırması gerektiğine işaret ediyor; görünüşte küçük, ama Dünya'nın iklimini karmaşık çok hücreli yaşamı destekleyemeyecek kadar sıcak, atmosferiniyse yine bir o kadar sönük hale getirmeye yeterli bir değişim. O günlerde okyanuslar buharlaşıyor ve Dünya'daki suyun büyük bir kısmı da hızlıca uzaya kaçıyor olacak. Her ne kadar gezegenin kavruk kabuğunun altında korunmuş halde duran ve her yerde ve her zaman var olan mikrobik biyosfer milyarlarca yıl daha dayanabilirse de okyanusların bundan bir milyar yıl sonra kaybolması Dünya yüzeyindeki tüm yaşamın sona erme tarihini işaretliyor. Bugünden yaklaşık beş milyar yıl sonra Güneş hidrojen stoğunu tüketecek ve enerji bakımından daha zengin olan helyumu kaynatmaya başlayarak mevcut halinden 250 kat daha fazla şişip bir kızıl dev haline gelecek. Astronomlar şu anda, Dünya'nın kızıl Güneş'in sıcak dış katmanlarına mı gömüleceğini yoksa yalnızca kabuğunun eriyerek magmaya dönüşmesiyle kurtulup görece hasarsız mı kalacağını tartışıyor. İki türlü de gezegenimizdeki yaşam bu geç tarihte nihai bir sonuca varacak.

Yaşanabilir gezegenimizi ortaya çıkaran astrofiziksel olayların uzun toplaşımı ve bu gezegenin kaderini şekillendiren teknoloji ile jeolojinin birlikteliği göz önünde bulundurulduğunda, talih ve gereklilik arasındaki ayrım da bulanıklaşıyor. Birkaç yüz milyon yıl süre verildiğinde, herhangi bir kayalık, ıslak ve sıcak dünyada yaşam ortaya çıkar mıydı? Zekâ ve teknoloji yalnızca Dünya'nın Ay'ı, hareketli kabuğu ve mavi gökyüzünün denkleriyle dolup taşan, bizimkiyle paralel tarihlere sahip dünyalarda mı ortaya çıkardı? Yoksa bu özelliklere odaklanmak yalnızca bizim Dünya'yla sınırlandırılmış hayal gücümüzün bir başarısızlığı mı? Gezegenimiz ve onun tarihi, uzaylı yaşam ve zekâ arayışında kullanışlı bir şablon muydu yoksa bir engel miydi? Eğer ona yarım milyar yıl geçmişten veya gelecekten bakıyor olsaydık, biz bile

gezegenimizi "Dünya benzeri" olarak görebilir miydik? Bilim insanlarının üzerinde çalışabilecekleri canlı tek bir dünya –bizimki– olduğu müddetçe bu tür soruların cevaplarının bilinmesi de zor olacak. Drake, bu soruların sonsuza dek elde edilemez olduğuna inanmıyordu.

***

"Her ne kadar Otto Struve bize güneş sistemi dışındaki gezegenlerin günün birinde nasıl tespit edilebileceğine dair kimi fikirler vermişse de 1960'larda ben, bunun benim ömrüm süresince gerçekleşmesi ihtimalinin çok ama çok düşük olduğunu düşünüyordum," demişti Drake, oturma odasında. "Başka gezegenlere dair deliller elde etmek için tek umudumuzun, o gezegenlerde yaşayan akıllı yaratıklardan gelen radyo sinyallerini almak olduğunu sanıyordum. Şimdi diğer yıldızların etrafındaki gezegenlerin tariflendirilmesiyle birlikte, benzer bir karamsarlığın tükenmekte olduğunu görüyoruz. Var olan teknikler önümüzde."

Gezegen avcıları, en temel detayları Dünya'yla çok da farklı görünmeyen halihazırda bir avuç gezegen bulmuştu. Sayıları her geçen yıl artan bu gezegenler, potansiyel olarak bizimkine benziyor olabilirdi. Ama onları bulmak için kullanılan yöntemler, soluk gezegenin kendisini değil, o gezegenin fenere benzeyen parlak yıldızını yakından incelemeye dayanıyordu; bir gezegenin yıldızı üzerindeki kütleçekim kuvveti veya yıldızının önünden geçerken Dünya'nın üzerine düşen gölgesi, o gezegenin yalnızca kütlesi, boyutu ve yörünge özellikleri hakkında bilgi veriyordu. Bu dünyaları gerçekten görmeden –yani onların yüzey ve atmosferlerinden yansıyan fotonları toplayıp incelemeden– bilim insanlarının bir gezegenin potansiyel olarak yaşanabilir olup olmadığını veya Dünya'ya benzeyip benzemediğini belirlemesi imkânsız olurdu. Yıldızlardan, uzaktaki, çok uzaktaki bir yerin bitki örtüsü, faunası ve ortamına dair bilgilerle dolu bir mesajın gökyüzünden süzülerek gelmesi olasılığına karşın umut içinde, Drake'in elli yıl önce bulunduğu yerde sıkışıp kalırlardı.

On dokuzuncu yüzyıl boyunca, gittikçe artan bir dizi keşif, modern astronominin büyük bir kısmına ulaşmamızı sağlayan dönüm noktasını ortaya çıkardı: madde tarafından salınan, soğurulan veya yansıtılan ışık, maddenin kimyasal imzasını saklayacak biçimde renk değiştiriyordu. Bu renkleri açığa çıkarmak için ışığın bir tayf içinde parçalara ayrılmasıysa –tayfölçümü [spektroskopi] denen bir teknik– bu imzaları da ortaya çıkararak astronomların galaksiler, yıldızlar ve gezegenlerin kimyasal bileşimini uzaktan ölçmesine olanak tanıyordu. Araştırmacılar eğer bir dış gezegenin fotonlarından yeteri miktarda toplayıp onun umut vaat eden bir resmini bir şekilde çekebilirse, ortaya çıkan tayfı, o dünyanın atmosferik kimyasını incelemede kullanabiliyordu. Su buharı veya karbondioksit gibi yaşanabilirlik işaretleri veya bizim gezegenimizin göklerini doldurup ona rengini veren serbest oksijen arayabiliyorlardı. Bir ana yıldızın bir gezegenin okyanusları veya denizlerinin yumuşak, düz yüzeyinden yansıyan ışığının parıltısını ve hatta toprak renklerinde fotosentetik bitkilere işaret eden ince değişimleri bile arayabilirlerdi. Uydulardan ve gezegenler arası uzay araçlarından gelen gözlemleri kullanan araştırmacılar tüm bu ölçümleri kullanarak Dünya'nın, kuramsal olarak yıldızlararası uzayın engin derinliklerinden incelenebileceğini halihazırda doğruladılar. Dünya dışı canlılar genel itibariyle evrene kendi varlıklarını duyurmamış olsalar bile tayfölçümü gibi teknikler yine de onların gezegenlerini bulup inceleyebileceğimize dair umut vaat ediyordu.

Yirminci yüzyılın son birkaç on yılında, egzoplanetoloji geçerli bir bilim dalı halini aldıkça, gezegen avcıları da ışık yıllarıyla ölçülen mesafelerden gezegenlerin fotoğraflarını çekmenin çeşitli yollarını geliştirdiler. Bu yolların hepsi de hedefteki yıldızın göz kamaştırıcı ışıltısını etkisiz kılmak ve o yıldızın gezegenler heyetini ortaya çıkarmak için tasarlanmış, el yapımı bir veya daha fazla sayıda uzay teleskobunu içeriyordu. Birkaç milyar dolar karşılığında, yakın mesafedeki yıldızların çevresinde bulunan her bir gezegenin minik, ama tayfölçümü için yeterince büyük bir boyut

olan birkaç piksellik birer nokta halinde görüldüğü görüntülerin elde edilebileceği tek bir uzay teleskobu inşa edilebilirdi. Eğer paranın miktarı sorun yaratmayacak olsaydı, yakındaki ötegezegenlerin daha büyük görüntülerini elde ederek, her ne kadar yine de fazlasıyla düşük çözünürlükte olsa da bir dünyanın kıyı çizgilerini, kıtalarını ve bulut şablonlarını ortaya çıkarabilen tek bir devasa alet şeklinde işlev görecek bir teleskoplar filosu uzayda veya Ay'ın uzak bir noktasında birleştirilebilirdi. Bu tür teleskoplar, bir gezegenin "Dünya benzeri" olarak nitelenmeye layık olup olmadığının belirlenmesinde uzun bir yol kat edilmesini sağlardı. Ancak parçalanmış bir astronomi camiası, kayıtsız bir halk, kapana kısılmış bir siyaset sistemi ve debelenip duran bir ekonomi baz alındığında, bu teleskoplardan biri bile inşa edilmeyecek gibi görünüyordu; en azından Amerika Birleşik Devletleri'nin federal hükümeti tarafından.

Drake, eğer bir şeyler başarılabilseydi, şu anda ve burada olmasa bile bir yerlerde bir şeylerin gerçekleşebileceğini hissediyordu. Eğer yakındaki yıldızların etrafında gelişmiş kültürler mevcutsa onların kendi büyük uzay teleskoplarını kullanarak uzun süredir bizim gezegenimizi izleyip izlemediklerini merak ediyordu.

"Şu anda desteksiz bir tahmin yürütüyorum," dedi, bahçesinde gezinirken. "Ama bizimkinin azıcık ötesinde teknolojik yetilere sahip her uygarlığın, yaklaşık bir milyon kilometre çapında lensler kullanarak evreni keşfettiğini ve yıldızlararası iletişim kurduğunu tahmin edebiliyorum."

Drake, 1980'lerin sonundan itibaren, Ay'ın uzak tarafına teleskopların yerleştirilmesini çocuk oyuncağı gibi gösterecek bir fikri keşfetmeye başlamıştı. Emekliliğinde bu iş onu tüketmişti ve şimdi de kalan zamanının büyük bir kısmını alıyordu. Drake, bir buçuk milyar kilometre çapında bir büyütece sahip, diğer tüm teleskopları aşan bir teleskop yaratmak istiyordu. Güneş'in kendisini nihai bir teleskoba çevirmenin bir yolunu bulmuştu.

Güneş'in muazzam kütlesinin sonuçlarından biri de yüzeyini sıyırıp geçen ışığı eğip büyüten, yıldız boyutlu bir

"kütleçekim lensi" gibi davranmasıdır. İlk olarak 1919'da bir güneş tutulması sırasında Arthur Eddington tarafından ölçülen bu etki, Einstein'ın genel görelilik kuramını doğrulayan delillerin kilit parçalarından biriydi. Akıllıca uygulanan basit matematik ve fizik, bizim yıldızımızın ışığı bükerek Güneş'in merkeziyle ve çok uzaklardaki bir ışık kaynağının merkeziyle aynı hizadaki dar bir huzmeye dönüştürdüğünü gösteriyor. İlk olarak Stanford radyo astronomu Von Eshleman tarafından 1979'da hesaplanan bu ışık huzmesi, Güneş'ten 82 milyar kilometre, Plüto'nun yörüngesindense yaklaşık on dört kat daha uzaktaki bir noktada odağa giriyor ve sonsuzluğa doğru genişliyor. Gökyüzünde parıldayan nesneler kadar odak noktası ve Güneş'le büyütülmüş ışık huzmesi mevcut; yıldızımızın etrafını saran ve yüzeyi, göklerin büyütülmüş yüksek çözünürlüklü görüntülerinin yansımasıyla boyanmış büyük bir küre hayal edin.

Eshleman'ın hesaplamalarını gözden geçiren Drake, Güneş'in dış katmanlarındaki iyonize gazlar tarafından üretilen elektromanyetik girişim sayesinde, bu nihai teleskobun görüş koşullarının 82 milyar kilometrede değil, bunun neredeyse iki katı ve bizim de Güneş'le aramızdaki mesafenin bin katı olan 150 milyar kilometrede bulunduğunu keşfetmişti. Kıyaslama olması açısından, 1977'de fırlatıldığında ve insanlığın en hızlı ve en uzak mesafeli temsilcisi olan *Voyager 1* uzay aracı, 2011 yılında Güneş'e Drake'in ideal odak uzaklığının onda birinden biraz daha fazla olan 18 milyar kilometreden biraz daha yakındı. Dünya'dan bu kadar uzaklaşması otuz beş yıl sürmüştü. Güneş sistemimizin nihai teleskobunu kullanıma açmanın başarılması asırlar sürebilecek bir hedef olduğu ortadaydı. Ama alınacak karşılık girilen zahmetlere değebilirdi. Herhangi bir uzak nesnenin belirli bir odak noktasına yerleştirilen yaklaşık 10 metre boyundaki ışık toplayıcı bir teleskobun Dünya'ya göndereceği görüntülerin çözünürlüğü, Ay'ın uzak bir noktasındaki bir teleskoplar ağının göndereceği görüntülerin çözünürlüğünden milyon kez daha yüksek olurdu. Örneğin eğer Güneş'in en yakın komşu yıldız sistemi olan Alpha Centauri'deki Güneş benzeri yıldızların

yörüngesinde bulunan potansiyel olarak yaşanabilir bir gezegeni incelemek istesek, Güneş-Alpha Centauri kütleçekim odağının ekseninde bulunan 10 metrelik bir teleskop nehirler, ormanlar ve şehir ışıkları gibi yüzeysel özellikleri çözümleyebilirdi. Diğer bir deyişle, Alpha Centauri'deki bir kütleçekim lensi, Monterey Koyunun kıyı şeridini, ağaçlarla kaplı tepelerini ve San Francisco ve Los Angeles gibi büyük komşu şehirlerin parlak ışıklarını kolayca görebilirdi.

"Kütleçekim lenslerinin bir diğer güzel yanı da lens denen nesne uzayı eğdiğinden, onun içinden geçen tüm ışığın da eşit oranda etkilenmesi," dedi Drake, limon ağaçlarından birinin ardından gelen güneş ışığına gözlerini kısarak bakarken. "Kütleçekim lensleri akromatiktir; görünür ışığı ya da kızılaltını ayırt etmeden, her şey için aynı şekilde çalışırlar. Radyoyla neler yapabileceklerini düşünmeden edemiyorum. İki farklı yıldızın etrafında, birbirlerinin farkında ve birbirleriyle iletişim halinde olan iki uygarlık olsaydı, bunlar, iki tarafta da aktarım ve alım istasyonları kurmak için kütleçekim lenslerini kullanırlardı. Rakamlara bakınca ilk önce çılgınlık gibi geliyor, ama bu gerçek. Yalnızca bir watt kuvvet kullanarak buradan Alpha Centauri'ye yüksek bant genişliğinde sinyaller gönderebilirsiniz..."

Beklenti içinde bana baktı, ama söylenebilecek hiçbir şey gelmiyordu aklıma.

"Bu bir cep telefonunun iletim gücüdür," diye bitirdi. "*Chailot'daki Deli* isimli bir Fransız oyununda, bu konuda konuştuğum zaman kullanmayı sevdiğim bir söz geçer: 'Şu anda bütün evrenin bizi dinlediğini ve söylediğimiz her bir sözcüğün en uzak yıldızlarda yankılandığını çok iyi biliyorum.' Kütleçekim lenslerinin yapabilecekleri, bu tür bir paranoyayı neredeyse geçerli kılıyor. Eğer Dünya'nın dışında bu şeyleri inşa etmek için yeterli imkân varsa, herkesin birbirini izlediği ve birbiriyle konuşabildiği, geniş bant aralığına sahip ve çok düşük bir güçle çalışan bir tür 'galaktik internet'e sahip olabiliriz."

***

Evin dışında yarım saat sallana sallana dolaştıktan sonra kendimizi Drake'in üç serasının önünde bulduk. Bu seralar, SETI çalışmalarına dalmadığı zamanlarda Drake'in vaktini geçirdiği yerlerdi. Drake en yakın seranın kapısını açınca havalandırma fanlarının uğultusuyla birlikte nemli ve killi bir hava yüzümüze çarptı. Drake, içeri adım atarak huzurla iç geçirdi. Diğer iki sera gibi bu da orkidelerle doluydu; bataklık yosunuyla dolu saksılarda, buğulu cam tavandan sarkan orkideler; üzerine sulama kapları serpiştirilmiş uzun ahşap masaların üstünde boylu boyunca sıralı halde uzanan orkideler ve lambalarla sulama tüplerinin altındaki plastik kovalarda filizlenen orkideler. Drake, yaklaşık 225 orkidenin olduğunu söyledi, ama çoğu uyku halindeydi. Bense üç serada, açmış halde bulunan yaklaşık yalnızca birkaç düzine orkide saydım. Drake bu hobiye 1980'lerde, Güneş'i bir kütleçekim lensi olarak kullanmayı ciddi ciddi düşünmeye başladığı zamanlarda merak sarmıştı. Söylediğine göre bunu yapmaya, kimi zaman kaprisli olan bitkilerin büyüyüp açılmasının zorluğu ve morfolojik çeşitliliklerin güzelliğinin ortaya çıkışının verdiği tatmin duygusu için başlamıştı. Doğal seçilim milyonlarca yıl içerisinde orkidelere şekil ve renk bakımından zengin bir çeşitlilik bahşetmişti ve her bir çeşitlilik de tipik olarak bir veya iki tozlayıcı türüne göre ayarlanmıştı. "Haşereler, özellikle de kınkanatlı böcekler," dedi Drake. "Çiçekleri körlemesine şekillendirenler, bunlar. Ama elbette melez türler, insanlar tarafından seçilip yetiştiriliyor."

Drake bir neon lambasını açtı ve lambanın pembemsi ışığı altında çiçek açan birkaç melez türü, elle çapraz polenlediği kimi kültür bitkilerini gösterdi. Her biri birbirinden fazlasıyla farklıydı. Birinde beyaz taçyapraklara ve sarı polenle ağırlaşmış başçıklara sahip bir çiçek bulunuyordu. Bir başkasında, her biri kırmızı ve kıvrık yapraklarla çevrili, boru şeklinde ve sarkık mor çiçekler vardı.

Drake, o sırada en sevdiği olduğunu söylediği, kan kırmızısı uçlara doğru gittikçe sivrilen üç adet açılı taçyaprağa sahip tek bir turuncu çiçeğe döndü. Çiçeğin taçyaprakları azıdişlerine benziyordu. Bu, iki farklı cinsin, *Dracula* ve

*Masdevallia*nın melezi," dedi. "Andlar'dan gelen soğuk severler. Bu tür bir kırmızıya sahip böylesini daha önce hiç kimse görmedi. Dün çiçek açmıyordu. Bazıları yılda yalnızca bir gün çiçek açıyor, ertesi gün tekrar soluyor. Şu anda burada olduğun için şanslısın; çiçeklerin bu dünyadaki ömrü pek uzun olmuyor." Taçyapraklara huşu içinde dokundu.

"Ölüyorlar, ama onlarda reenkarnasyon var," diye devam etti Drake. "İyi bakılan orkideler, prensipte ölümsüzdür. Yeni filizler vererek yeniden ürüyorlar. Bak, biri burada." Üzerinde hiç çiçek barındırmayan, ama saksısından taşan sarımtrak birkaç soğansı filize sahip bir bitkiye işaret etti. "Bu bayağı yaşlı. Artık kabına sığmıyor; başka bir kaba aktarmam gerekecek. Şu sahte soğan uçlarında yeni filizlerini görebilirsin. Elinde bunlardan iki veya üç adet olduğunda birini kesip gübreli toprağa ekebilirsin. O yeni bir bitki haline gelip başka yeni bitkiler üretecek, onlar da yeni bitkiler üretmeye devam edecek. Hiçbiri sonsuza dek yaşamıyor, yalnızca üç dört yıl hayatta kalıyorlar, ama organizma, sürekli yeni filizler vererek bir dalga gibi hareket ediyor."

Drake'e, orkidelerinin bana, teknolojik bir uygarlığın yaşam süresini ifade eden ve kendisinin denklemindeki en büyük belirsizlik olan *L*'yi çağrıştırdığını söyledim. Eğer bu süre çok düşükse, galaksimiz neredeyse sonsuz ömründe bu tür milyonlarca ve hatta milyarlarca uygarlığı ortaya çıkarabilir, ama her biri yalnız birer gezegende tecrit halinde olan bu uygarlıklar, hiçbir tozlanma şansı bulamadan ve fark edilmeden sönüp yok olurdu. Eğer *L* yüksekse, o halde çiçek açmış uygarlıklar oldukları yerde kalmaya devam eder ve nihayet birbirleriyle iletişime geçerek ışık yılları üzerinden kültürlerini melezleyebilirdi. İstikrar kurulurdu; bazıları belki de bir tür ölümsüzlüğe bile erişebilirdi.

Drake gülümsedi ve başını aşağı yukarı salladı. Benzerlik onun da dikkatinden kaçmamıştı.

***

Eve geri döndüğümüzde, Drake dolaptan bir paket kaju çıkardı ve bana da bir şişe Sam Adams birası verdi. Kendisi de

bir kutu Coca-Cola açıp oturma odasındaki koltuğuna yerleşince gelecekte SETI'yi nelerin beklediğine dair konuşmaya başladık. Drake, hâlâ bir uygarlığın ortalama yaşam ömrünün yaklaşık 10.000 yıl olduğunu ve aşağı yukarı 10.000 uzaylı kültürün muhtemelen Samanyolu'nun bir köşesinde durup keşfedilmeyi beklediğini düşündüğünü söyledi. Kendisinin fikirlerinin biraz inanç temelli olduğunu da itiraf etti.

"Bence 10.000 akla yatkın, ama benim tahminlerim, sizi bu spesifik sayıya doğru bir biçimde yönlendirebilecek deneysel kanıtların var olduğu söylenerek yüceltilmemeli," dedi ağız dolusu kajunun arasından. "*L* etkeni hâlâ tam bir bulmaca. Gezegenlere sahip yıldızların parçalarını kabaca da olsa artık biliyoruz, ayrıca yaşanabilir gezegenlerin sıklığı hakkında da ilerleme kaydediyoruz. Er ya da geç bu sayıyı öğreneceğiz. Ama teknolojik uygarlıkların yaşam süresi gibi bir şey..." Sesi cansızlaştı ve gözleri oturma odasının mavi vitraylı camlarına uzun bir an boyunca sabitlendi.

Çok renkli cam parçaları, pencerenin mavi bölgesinin içine kaynaştırılmıştı ve kendini metal tel üzerinde belli eden bir dizi piktogram oluşturuyordu. Camın içinden geçen güneş ışığı, pencereye, eski bir analog televizyon ekranı gibi fosforlu bir parıltı veriyor, blok halindeki renkli şekiller, 1980'lerin başlarından gelen kimi unutulmuş bilgisayar oyunlarının kaba, pikselli grafiklerini andırıyordu. Drake bu tasarımı 1974'te, Cornell Üniversitesinde yirmi yıllık profesörlük görevinin ortalarında geliştirmişti. Bu iş başlangıçta, 1964'te, Drake'i cezbetmişti, çünkü Cornell gezegenimizin en büyük ve en güçlü tek delikli radyo teleskobu olan Arecibo Gözlemevini açmayı henüz başarmıştı. Cornell'e gelişinden kısa bir süre sonra Drake, Arecibo'nun yöneticisi oldu ve bu işi 1981'e kadar sürdürdü. Gözlemevi, Porto Riko'nun kuzeyinde bulunan bir ormandaki muazzam bir kireçtaşı obruğuna inşa edilmişti ve 305 metre genişliğinde kase şeklindeki alüminyum bir antene sahip olmakla övünüyordu; Drake'in hesabına göre bu, 350 milyondan fazla mısır gevreği kutusunun sığması için yeterli büyüklüktü. Bu çanak aynı zamanda

yüzlerce ve hatta binlerce ışık yılı öteye mesaj gönderebilecek kadar büyüktü. 16 Kasım 1974'te Drake, bu muazzam anteni kullanarak, ayarlanmış radyo dalgalarından oluşan odaklanmış ışık huzmesinin üzerindeki mesajını 25.000 ışık yılı uzaklıktaki Herkül takımyıldızında bulunan M13 adlı bir yıldız kümesine gönderdi. Drake'in, sahip olduğu spesifik dalga boyunda yirmi milyon megawattlık fiili ışınırlıkla iletimi üç dakika süren huzmesi, Güneş'in parlaklığını 100.000 faktör kadar aştı.

Görüntünün düşük çözünürlüğü işlevsel bir gereklilikti; içeriğiyse iletim huzmesindeki 1679 frekansta bir dizi vuruştan oluşuyordu. 1679 sayısı, birer asal sayı olan 23 ve 73'ün çarpımının sonucuydu. Drake'in umudu, anlayışlı uzaylıların bu ipucunu kullanarak 0'ın ve 1'in 73 birim yüksekliğini ve 23 birim genişliğini ifade eden mesajın vuruşlarını doğru yorumlayabilmesi yönündeydi. Drake'in vitray camlı penceresi, ortaya çıkan sonucu gözler önüne seriyordu: üst sırada onluk sayma yöntemi oluşturarak birle on arasındaki sayıları sıralayan bir dizi nokta ve onun hemen altında, Dünya'daki tüm yaşamın kilit kimyasal elementleri olan hidrojen, karbon, nitrojen, oksijen ve fosforun atom numaralarını listeleyen ikinci bir sıra. Üçüncü bir kısımsa önceden gelen atom numaralarını bir DNA molekülündeki nükleotitlerin kimyasal formülleri halinde bir araya getiriyordu ve onu da DNA molekülünün ayırt edici çift sarmal yapısının şematik bir tasviri izliyordu. Uzun dikey bir çubuk, DNA molekülünün şeker-fosfat omurgasını temsil ediyor ve insan genomunun içerisindeki nükleotit baz çiftlerinin kabaca sayısı olan 3 milyarın onluk betimlemesi halinde çiftleniyordu. Molekülün görüntüsü, yapıştırılmış bir insan figürünün kafasının üzerinde duruyordu ve bu kafa da onluk iki sayının, 4 milyar ile 14'ün arasında kalmıştı. 4 milyar, dünyanın 1974 yılındaki nüfusunu ifade ediyordu ve aktarımın dalga boyu olan 12,6 santimetreyle çarpılan 14 de insan figürünün 176 santimetre boyunda, yani görünüşe göre Drake'in boyunda olduğunu gösteriyordu. Bu figür, çok daha büyük bir noktadan sıralı halde uzaklaşan dokuz küçük noktanın üçüncü-

sünün üzerinde duruyordu; güneş sistemimizin bir temsili ve yıldızımıza en yakın üçüncü gezegende yaşadığımıza dair bir ipucu. Son olarak da Arecibo'nun kendisi, muazzam boyutları onluk ifade sistemiyle verili halde, basitleştirilmiş bir çanak anten şeklinde tasvir edilmişti.

Herhangi bir uzaylının bu mesajı kavrayıp kavramadığı başka bir konu; bu tasvirler çoğu insan için bile fazlasıyla karışıktı. Drake aktarımdan önce bunları meslektaşlarına gösterdiğinde, bu insanların mesajın içeriğine dair kavrayışlarının sahip oldukları uzmanlık alanına göre değiştiğini görmüştü. Kimyacılar elementleri ayırt edip, astronomlar da güneş sistemini seçerken, biyologlar ve neredeyse geri kalan herkes de DNA'yı tanımıştı. Ama Arecibo'nun mesajının her bir bileşenini doğru bir biçimde yorumlayan tek bir kişi bile çıkmamıştı.

Drake'in Arecibo aktarımını takip eden yıllarda, günümüzden yaklaşık yirmi beş bin yıl sonra, yani mesajın fotonlarının M13'teki aşağı yukarı 300.000 yıldıza ulaşması gereken zamanda, bu fotonların yıldızlar yerine boş uzaydan geçeceğinin fark edilmesiyle bu aktarımın nihai yorumlaması biraz tartışmalı hale geldi. Galaktik rotasyon o zamana kadar yıldız kümesini çoktan mesajın gökyüzünde hedeflediği yerden uzaklara taşımış olacaktı. Radyo dalgalarının vuruşları ilerlemeye devam edecek, Samanyolu'nun hudutlarından nihai olarak kurtulmadan önce belki birkaç yalnız güneşin yanından geçecekti. Teknolojiye dair yankıları ve bir biyolojiye, bir kültüre ait solup giden düşük çözünürlüklü fotoğraflar, Dünya'nın kendisi bir anıya dönüştükten çok sonra bile galaksiler arası boşlukta akıp gitmeye devam edecekti.

Arecibo'nun mesajı, sahip olduğu parçaların toplamından fazlasıydı; açık bir biçimde, Drake'in yıldızlararası iletişime dair kişisel ve mesleki ilgisinin zirvesini temsil ediyordu. Doğrusu, Arecibo Gözlemevi, Drake'in uzak diyarlardan ve yabancı toplumlardan gelecek mesajlara dair hayallerinin temel taşıydı. Yıllar geçtikçe ve uzayıp giden kozmik sessizlik kimi SETI çalışanlarını *L*'ye ve yakın yıldızların çevresinde yaşaması muhtemel uygarlıkların varlık olasılığına dair tah-

minlerini düşürmelerine yol açtıkça, devasa Arecibo anteni de SETI çabalarının var oluş amacı haline geldi. Bu antenin varlığı sayesinde iletişim ihtimali, gittikçe kötümserleşen bir atmosferde korunabiliyordu: en yakın komşularımızın galaksinin yarısı kadar uzaklıkta olduğu varsayılsa bile eğer onların ellerinde bizim yirminci yüzyılın başlarındaki teknolojiyle inşa edilmiş Arecibo'muza benzer bir şey varsa ve onunla bilgi göndermişlerse, onların sinyallerini prensipte hâlâ tespit edebilirdik. Örneğin Arecibo, Allen Teleskop Dizisinin daha sonra Kepler görüş sahasında gezegen barındıran yıldızlar aramasının arkasındaki en büyük gerekçelerden biriydi. Kepler sahasındaki yıldızların çoğu birkaç yüz ışık yılı uzaklıkta; eğer diğer taraftaki gönderici anten en az Arecibo'nunki kadar büyük değilse, ATD'nin oradan gelen radyo sinyallerini tespit etmesi ihtimali oldukça düşük.

Tıpkı SETI Enstitüsü ve ATD'nin kendisi gibi, Arecibo da daha iyi günler görmüştü. Milenyum arifesinde, kendileri de siyasi sebeplerle oluşan bütçe kesintileriyle mücadele etmekte olan Ulusal Bilim Kurumu (NSF)* ve NASA gibi federal kuruluşlar Gözlemevine yapılan harcamaları kestikçe, buranın fonları da istikrarlı bir düşüşe geçti. Özel bağışlar, üniversite fonlamaları ve Porto Riko devletinden gelen bir nebze finansal destek de yapılan kesintileri tamamen dengelemeye yetmedi. 2011'in Mayıs ayında, NSF, Gözlemevini artık Cornell Üniversitesinin idare etmeyeceğini ve sorumluluğu da kâr amacı gütmeyen bir kuruluş olan SRI International tarafından yönlendirilen özel ve kamusal yönetim ortaklarından oluşan bir kurula devrettiğini duyurdu. Herhangi büyük bir ek fon kaynağının bulunmaması durumunda yeni yöneticilerin Arecibo Gözlemevini kapatacağına, dünyanın en büyük radyo antenini parçalarına ayıracağına ve kireçtaşı obruğunu eski doğal haline döndüreceğine dair söylentiler kol geziyordu. 2012'de idare can çekişen ATD'den de alınıp SRI International'a verildi.

"Başlangıçta *L* etkeni yalnızca bir uygarlığın yüksek teknolojiye sahip olma süresini ifade ediyordu," dedi Drake,

* "National Science Foundation" (NSF) –çn.

dikkatini pencereden tekrar paketin içindeki gittikçe azalan kaju stoğuna vererek. "*L*'nin gerçekten de bir uygarlığın tespit edebileceğimiz bir teknolojiye sahip olma süresi olması gerekiyor. Bu da her şeyi karman çorman ediyor, çünkü *L*'nin yalnızca ilk olarak tespit edilebilecek bir teknolojinin var olmasına değil, bir de araştırmacıların teknolojik kabiliyetlerine de bağlı olduğu anlamına geliyor. Örneğin kendi medeniyetlerimize bakalım. Şu an için radyoya yaklaşık yüz yıldır sahibiz, bunun da bize *L* için en az yüz değerini vermesi gerektiğini düşünürüz. Ama radyolarımız zaman geçtikçe daha da sessizleşiyor, bu yüzden birisi bizi radyoyla izliyorsa, çok uzun süre göremeyecek demektir.

"60'larda kıtalararası balistik füzeler için çok güçlü askeri radarlarımız, erken uyarı sistemlerimiz vs vardı," diye hatırlattı Drake. "Bunlar, o zamanlarda sahip olduklarımıza benzer ekipmanlar kullanılarak yakınlarımızdaki yıldızlardan tespit edilebilirdi. O günlerde bu tür bir teknolojinin gittikçe daha da güçleneceğini ve bunun da Dünya'yı pratikte sonsuza dek görünür kılacağını düşünüyordum. Teknoloji gerçekten de çok güçlendi, ama benim beklediğim şekilde değil. Daha verim odaklı hale geldi. Örneğin dijital televizyona geçiş bizi analog yayın kullandığımız zamanlarda olduğundan çok ama çok daha az algılanabilir kıldı. Koaksiyel kablolar ve fiberoptikle, önceden olduğundan daha fazla gönderim gerçekleştiriyoruz. Radyo sinyallerini gönderme biçimlerimizin çoğu da kozmik radyo gürültüsünden neredeyse ayırt edilemez durumda. Tüm bunlar, varlığımızın büyük bir işareti olabilecek bir şeyin ortadan yok olmasına sebep oluyor. Puf!"

Drake iç geçirdi. "Bugünlerde, daha gelişmiş uygarlıkların tespit edilmesinin daha genç olanlardan muhtemelen daha zor olacağını düşünüyorum," dedi.

Dünyada, yirminci yüzyılın ilk yarısında gelişmiş olan yüksek teknoloji, asrın ikinci yarısında gelişmiş ülkelerden yayılarak tüm dünyayı sarmıştı. Bilim, atom çekirdeğinin kuvvetinden faydalandıktan sonra yüzünü canlı hücrelerinin çekirdeğindeki mekanizmaya dönerek, sentetik biyoloji-

nin dönüştürücü çağı olmayı vaat eden bir dönemi öne çıkardı. Tarımsal üretimdeki genetik mühendisliği patlamaları, tıptaki çığır açan gelişmeler ve yaşam standartlarındaki bilim temelli başka birçok artış yoluyla dünya nüfusu iki kattan fazla arttı. Eş zamanlı olarak çevresel bozulma ve yaşam alanı yıkımlarına bağlı olarak doğal türlerin yok oluş oranı hızla tırmandı. Kara otobanlarla, güç aktarım hatlarıyla ve fiberoptik iletişim ağlarıyla kaplandı; gökyüzüne kıtalar ötesi uçakların arkalarında bıraktıkları izlerle ve yörüngesel uyduların yıldız benzeri parıltılarıyla hatlar çizildi; havanın kendisiyse radyoların, televizyonların ve cep telefonlarının elektromanyetik çıtırtılarıyla ve gezegenin fosil yakıt rezervlerinin çılgınca yanmasının sonucu olarak gittikçe artan miktarlarda karbondioksitle doldu. Bilgi teknolojisindeki hızlı, ardışık devrimler, güçlü bilgisayarları her yerde hazır ve nazır, şebekelenmiş ve kişisel kılarak sıklıkla atomlar dünyasına sadece belli belirsiz bağlı olan sanal diyarlar yarattı.

Bu değişimlerin kültürümüzün ve dünyamızın geleceği açısından ne anlama geldiği henüz bilinmiyordu, ama yine de birkaç asırlık bir zaman diliminde torunlarımızın geldiği hali tanımamızın bile mümkün olmayacağı muhtemel gibi görünüyordu. Drake'e, SETI Enstitüsünün fonlanmasına yardımcı olan aynı Silikon Vadisi kodamanlarının birçoğunun sıklıkla, daha radikal ve hızlı bir değişim çağının şafağı, içerisinde işletim gücü ve çok yönlülüğün üssel büyümesinin en hafif halde bütün gezegeni kökten değiştirebilecek bir "teknolojik tekilliğin" gelişi hakkında konuştuklarından bahsettim. Kimi tekno-peygamberler, bilgisayarların duygulara veya tanrısal güçlere sahip olması hakkında gerek tapınırcasına, gerek korku dolu ifadelerle konuşuyordu. Başkaları, insanların zihinlerini günün birinde bir açıdan sonsuza dek yaşayabilecekleri silikon substrata yükleyerek karbon temelli zincirlerinden kurtulacağını iddia ediyordu. Hepsi de eğer insanların kendi kaderlerinde dünyayı miras almak yoksa, onu miras alacak şeyi kesinlikle insanların yaratacağı konusunda anlaşmış gibi görünüyordu. Hatta birkaçı Drake'in

gençlik yıllarının çoktan geride kalmış Uzay Çağı hayallerini yeniden uyandırmış, kafalarında, insanların akıllı makineleriyle güneş sistemi içinde dolaşabileceği ve belki de bir gün diğer yıldızlara seyahat edebileceği, refah ve keşfin altın çağı olarak nitelenebilecek bir dönem canlandırmıştı.

"Evet, onları ben de duydum," diye yanıtladı Drake. "Mars'a gidebilseydik çok iyi olurdu. Ama hepimizin yavaşça birer bilgisayar haline geleceği veya onların bizim yerimize geçeceği hipotezine katılmıyorum. Günün birinde yapabileceğimiz şeyleri düşünürsek de hiçbir zaman başka yıldızlara koloniler kurabileceğimizi düşünmüyorum."

Bunun sebebini sordum.

"Bilgisayarların eğlenebileceğini sanmıyorum," dedi. "Bana göre eğlence, bilgisayarlara uygun olmayan bir nitelik. Ama ben ne bilirim ki?" Güldü. "Öte yandan yıldızlararası seyahat üzerine azıcık çalışmışlığım var. Yüz insanı yakın bir yıldızın çevresine yerleştirmek, onları kendi sisteminizin yörüngesine yerleştirmekten yaklaşık bir milyon kat daha pahalı bir işlem. Bunu başarabilmek için hayli zengin olmanız gerek.

"Diyelim ki on ışık yılı uzaklıkta iki koloniniz var; tahminimce yaşanabilir gezegenler arasındaki tipik uzaklık bu kadar. Gerçek şu ki ışık hızının onda birinden daha hızlı yol alamazsınız. Bundan daha yüksek hızlarda eğer bir maddeye filan çarpacak olursanız ortaya çıkacak enerjinin miktarı bir nükleer bombanın enerjisine yaklaşacaktır. Dolayısıyla yüzde onla, yani bizim yakınına bile yaklaşamadığımız bir hızla sınırlısınız ve bu da her biri en az yüz yıllık yolculuklara bakıyoruz demek. Uzaklıklar, süreler ve hızlar ürkütücü, ama en ürkütücü olan, maliyetler. Akla yatkın miktarlarda mürettebatla keşif gezisine çıkılabilecek en küçük modellerden biri olan Boeing 373 boyutlarında bir aracı en yakın yıldızlardan birine ışık hızının yüzde onu kadar bir hızla gönderdiğimizi düşünelim, tamam mı? Şimdi bu aracın içindeki kinetik enerjiyi ele alalım. Bu, yaklaşık olarak, günümüz ABD'sinin iki yüz yıllık toplam elektrik üretimine eşit olacaktır. Bu yalnızca, yavaşlamadan diğer uçta yörüngeye

girilecek tek yönlü bir yolculuk için gereken enerji. Yıldızlararası yolculuğun doğasında var olan zorluk, radyo sinyali gibi şeyler aramanın böylesine çekici gelmesinin arkasındaki en büyük sebeplerden biri."

"Yani güneş sistemimizin içinde sıkışıp kaldığımızı düşünüyorsunuz," dedim, şişmiş kızıl Güneş'in Dünya'yı temizleyeceği uzak günleri düşünerek. "Bu mudur?"

"Evet, öyle düşünüyorum," diye yanıtladı Drake, karamsarca. "Ama kabul etmelisiniz, var olduğu müddetçe burası da fena bir yer değil."

Drake son kajularını yedi, Coca-Cola kutusunu eline aldı ve kutunun baş kısmını benim bira şişemin boyun kısmıyla tokuşturdu. *L*'nin şerefine ve onu büyük bir sayı haline getirmenin yollarını arayanlara içtik.

Bölüm 3

PARÇA PARÇA BİR İMPARATORLUK

Ozma Projesi 1960'ta açığa çıkarıldığında, astronomlar arasında derin bir uçurumun oluşmasına sebep oldu. Kimileri başka galaktik uygarlıklar için gökleri tarama fikrini severken, başkaları da bunun en kötüsünden bir sahtebilim olduğunu düşünüyordu. SETI'nin savunmasında Struve, küresel astronomi camiasının üst kademeleri arasında dolaşan etkileyici bir mektup kaleme aldı.

Struve mektupta, başka yıldızların etrafında da gezegenlerin muhtemelen yaygın olduğunu ve belirli herhangi bir dünya üzerinde ortaya çıkacak yaşam veya zekânın olasılığı bilinmese bile "eğer etkinliklerin sayısı çok fazlaysa, içkin bir biçimde olasılıksız tek bir etkinliğin de hayli muhtemel olacağını.... Güneş benzeri yıldızlara dair erişilebilir örneklerin miktarı yeteri kadar fazlalaştığında Ozma deneyinin de nihai olarak olumlu sonuçlar getireceğine inanmak için her türlü sebebin var olduğunu" vurguluyordu. İnsanlık, diyordu, kozmik aşamada artık yalnız veya isimsiz olduğunu düşünemez.

Astronomi bir dönüm noktasındaydı, diye yazıyordu Struve. Uzay Çağı, bu alanı, "insanlık tarihinde görülmemiş bir türbülans, belirsizlik ve kaotik genişleme haline," muazzam devlet hazineleri tarafından gittikçe artan fonlarla desteklenen bir duruma itmişti. Astronomlar, dünya dışı yaşam ve zekâ arayışını kucaklayarak, Aydınlanma çağına rakip olacak yeni bir keşifler çağı için toplanarak bu yeni keşfedilmiş bolluktan istifade edebiliyordu. Bununla birlikte geleceğin tarihçilerine "birbirlerine rakip ama pek de parlak olmayan bilim insanlarının ekip çalışması, apaçık bir fikirler karma-

şası, araştırmamızın ve onun siyasi yankılarının rekabetçi yönleri" biçiminde tanımlanan daha az etkileyici kayıtlar bırakarak yalnızca mevki peşinde koşarak da geçinip gidebiliyorlardı. Genellikle olduğu gibi burada da işin aslı bu ikisinin arasında yatıyordu.

Drake'le buluşmadan birkaç gün önce, Santa Cruz'un 200 kilometre kuzeyinde bulunan Tomales Koyundaki Marconi Konferans Merkezinde bilim insanları ve gazetecilerin bir araya geldiği toplantıya katıldığımda, Struve'un uyarıları aklımdaydı. Günümüzde UC Berkeley'in Miller Temel Bilim Araştırma Enstitüsünün yıllık olarak düzenlediği disiplinler arası bir konferansa ev sahipliği yapsa da 1913 yılında radyonun öncüsü İtalyan Guglielmo Marconi tarafından inşa ettirilen bu konferans salonu bir zamanlar dünyanın ilk Pasifik ötesi alıcı istasyonuydu. Küçük botların ve jet skilerin, dar koyun zümrüt yeşili sularını lekelediği sıcak ve güneşli bir Cumartesi akşamüstüydü; ama tüm katılımcılar şahin gagasına benzeyen bir burna ve kocaman yeşil gözlere sahip, siyah saçlı, şık giyimli, bir deri bir kemik bir adam tarafından büyülenmiş bir biçimde, boğucu ve karanlık bir odada oturuyordu. Adam, bir projektörden yansıyan PowerPoint slaytlarının önünde heyecanla konuşuyor, konuşmasının hızlı ritminde ara sıra kekeliyor, uzun kollarıyla çeşitli jestler yapıyordu. Bu adam, beni 2007 yılında egzoplanetolojiyle tanıştıran kırk dört yaşındaki astrofizikçi ve UC Santa Cruz'da profesör olan Greg Laughlin'di.

"Bu fotoğrafı evimin ön kapısından beş megapiksellik ucuz bir makineyle çektim," dedi Laughlin, masmavi bir arkaplanın önünde duran bir topak solgun Lego gibi görünen bir şeye işaret ederek. "Bu, Venüs; piksellerin her biri görülebilir olsun diye yakınlaştırıldı. Bu, şu anda ötegezegenlerle içerisinde bulunduğumuz durum açısından simgesel, çünkü baktığımız zaman bir yapı görüyoruz, bu gizemli bir yapı ve onun hakkında daha fazla şey bilmek istiyoruz. Aynı zamanda, diğer yıldızların yörüngesindeki dünyalar hakkında anlamaya çalıştığımız çoğu şeyi, kendi güneş sistemimizdeki gezegenlerle hali hazırda yaşamış olmamız bakımından da simgesel."

Venüs ayrıca Laughlin'in ilk bilimsel başlangıçları bakımından da simgeseldi. Kendisinin astronomiyle ilk çatışması, Illinois taşrasındaki bir kasabada yaşayan sekiz yaşında bir çocukken küçük ve basit bir teleskop almak için yeterli parayı biriktirdiğinde gerçekleşmişti. Yıldızlara ve Ay'a bakmıştı. Bir gece alacakaranlıkta teleskobunu alçakta parıldayan Venüs'e çevirmişti. Bu sefer büyütülmüş olmakla birlikte, çıplak gözle gördüğü bulanık noktanın aynısıyla karşılaşmayı bekliyordu. Teleskop bunun yerine, kesilen bir tırnak gibi, keskin ve beyazımsı sarı renkte bir hilal gösterdi. O anda, Venüs'te hem gündüzü hem de geceyi gördüğünü ve ikisi arasındaki çizginin tıpkı şu anda kendisinin de Dünya'da içinde bulunduğu gibi bir alacakaranlık bölgesini işaretlediğini kavradı. Illinois'deki bahçesinden gördüğü manzara daha öncekilerden hem küçük hem de büyüktü; yabancı bir gezegenin gizli detaylarının gözlerinin önüne serilmesiyle ilgili bir şey, zihnini coşturdu. Bu his, beklenmedik ve güzel olan bir şey bulduğu her seferde anlık olarak geri dönmek üzere kayboldu. Daha fazla öğrendikçe, sayıların ve denklemlerin saflığında daha fazla derinlik, gezegenlerin, yıldızların ve galaksilerin yaşamlarında daha fazla ihtişam buldu. Laughlin o zamanlarda, Venüs'ün uzak bulutlarının üstünde parlayan güneş ışığına bakarken bilmiyordu bunu, ama teleskobundan kendisine ulaşan bu manzara onu gezegen avcılığının sınırlarına çekecekti.

"Güneş'e her ne kadar yakın olsa da Venüs'ün üzeri o kadar çok bulutla kaplıdır ki aslında Dünya'nın soğurduğundan daha az güneş ışığı soğurur," diyordu Laughlin, dinleyicilerine. "Bu yüzden, onca yıldır Venüs'ün yüzeyinin şu şekilde göründüğünü düşünmek tamamen mümkündü." Arkasındaki ekranda, sisle kaplı dağlık bir ormanın içinden akıp dökülen bir şelalenin havadan çekilmiş bir fotoğrafı belirdi. "Sonrasında, 1950'lerde, astronomlar yaklaşık altı yüz derece Celsius'luk bir sıcaklığa karşılık gelen bir soğurmayla, Venüs'ün yalnızca mikrodalgalar kustuğunu tespit etti. Kısa süre sonra da Venüs'ün denetimsiz bir sera dünyası, gerçekten korkunç bir yer olduğu ortaya çıktı." La-

ughlin, Venüs'ün gerçek yüzeyinin bir görüntüsünü açtı ve bu görüntünün ekranda sessizce durmasına izin verdi; 1982 yılında, cehennem sıcaklıkları ve ezici atmosfer basıncı altında patlamadan saniyeler önce Rus *Venera 13* uzay aracı tarafından gönderilen, parçalanmış kayalarla dolu cansız, dümdüz bir manzara.

"1950'lerde, Venüs'ün yalnızca yaşanabilir bir ortama sahip olmakla kalmayıp, insanların da yakın zamanda bu gezegene gideceğinin ciddi ciddi düşünülebildiği, kısa ve çılgın bir aralık vardı. Apollo programı çok uzakta değildi ve gezegenler arası seyahat imkânı avuçlarımızın içindeydi; görünüşe göre günümüzde artık olmayan biçimde. Bize tam anlamıyla komşu olan Dünya benzeri yaşanabilir bir gezegen bulmuş olsaydık nelerin olacağını, tarihin nasıl değişeceğini ve dünyamızın bugün nasıl görüneceğini bir düşünün. Bu olasılıkların, Uzay Çağının gelmesine çok yakın bir zamanda ortadan kaybolması tuhaf, trajik bir tesadüftür. Venüs ve sonrasında Mars birer ekonomik kolonileşme adaylarından daha çok birer bilimsel ilgi nesnesine dönüştüğü andaysa halkın ilgisi diğer yıldızların yörüngesindeki gezegenlere kaydı."

Birkaç slayt sonra Laughlin, dikey y ekseninde kütleleri ve yatay x ekseninde de keşfedildikleri yılların belirtildiği, bilinen tüm ötegezegenleri haritalayan bir grafik gösterdi. Grafiğin eski, ıssız sol tarafında Jüpiter'le Satürn'ün kütlelerinin arasındaki 1995 sütununun üst kısmında yalnız bir nokta duruyordu. Bu nokta, bağlı bulunduğu yıldız olan 51 Pegasi'yi sıyırıp geçerek bu yıldızın yörüngesindeki dönüşünü 4,5 günde tamamlayan gaz devi bir dünyayı simgeliyordu. Bu, Güneş benzeri bir yıldızın etrafında bulunduğu doğrulanan ilk ötegezegen, bir "sıcak Jüpiter" ve kuramcıları gezegen oluşumuna dair kuramlarını yeniden yazmaya itecek kadar sıradışı bir gezegen sistemi olan 51 Pegasi b'ydi. Zamanda ileri sürüklenen noktalar çizelge boyunca hızla çoğaldı ve yayılarak geniş bir kütle yelpazesini içeren kalın bir yapı oluşturdu. On yıllık bir aralıkta, güneş sisteminin ötesinde olup da doğrulanan dünyaların sayısı, sonu görün-

meyen bir şekilde yüzlere çıkmıştı. Egzoplanetoloji alanında daha önce görülmemiş bir patlama yaşanıyordu.

Bu dünyaların neredeyse tamamı, yörüngedeki gezegenlerin ileri geri kütleçekimsel sürüklenmeleri yüzünden yalpalayan yıldızları aramada kullanılan, radyal hız (RV) tayfölçümü adı verilen bir teknik yoluyla tespit edilmişti. Bir gezegen yıldızını Dünya'daki gözlemciye doğru sürüklediğinde yıldızdan gelen ışık dalgaları tayfın mavi ucunda yoğunlaşır; gezegen yıldızını uzağa sürüklediğindeyse yıldız ışığı kırmızı tarafa doğru yayılır. Aynı etki ışık yerine ses dalgalarında da ayırt edilebilir; tıpkı bir ambulansın sirenının sesinin araç size yaklaştıkça artması, sizden uzaklaşırken giderek azalması gibi. Bir yıldızın yalpalama sıklığı, bir gezegenin yörüngesel dönemine, yani bir yılına işaret eder. Yalpalanmanın büyüklüğü –örneğin saniye başına ister bir kilometrelik ister bir santimetrelik harekete karşılık gelsin– gezegenin kütlesine dair bir tahmin sunar.

Gezegen sinyallerini, bizim yıldız adını verdiğimiz milyon kilometre genişliğindeki dehşetli plazma toplarının hareketlerinden ayrıştırmak, özellikle de gezegenler küçük olduğunda ve uzak yörüngelerde döndüklerinde, hiç de kolay değildir. Bunun yapılması için yalnızca büyük teleskoplara değil, aynı zamanda yüksek çözünürlüklü ultra sabit tayfölçerlere de ihtiyaç vardır. Bir teleskobun aynası, hedefteki bir yıldızdan gelen ışığı toplar ve büyütür, sonrasında bu ışık bu tür bir tayfölçere gönderilir. Yıldız ışığı, tayfölçerin içerisinde; saklanıp korunmak üzere bir yük bağlaşımlı aygıtın, sıradan tüketicilerin dijital kameralarında bulunan türden bir CCD'nin* hafızasına göndermeden önce fotonları dalga boylarına göre şekillendiren, ayıran ve sınıflandıran aynalardan, ızgaralardan ve prizmalardan oluşan bir labirentten geçer. Bir yıldızın ham tayfı, uzatılıp parçalara ayrılmış bir gökkuşağına benzer ve kırmızıdan maviye giden baştan çıkarıcı süremi, binlerce siyah soğrulma çizgisiyle bozulmuştur. Bu çizgiler, yıldızın parıldayan yüzeyinde süzülen ve fotonlar uzaya kaçmadan önce yıldız ışığının belirli dalga

* CCD: İng. "charge-coupled device" (Yüklenme iliştirilmiş araç) –çn.

boylarını soğuran belli başlı atom ve moleküllerden gelir. Bir yıldızın yalpalaması, o yıldızın, yörüngesindeki gezegenin kütleçekim kuvvetinden gelen yansıtıcı hareketiyle aynı anda kırmızıya ve sonra da maviye doğru kayan bu çizgilerde algılanır. Astronomlar, çizgilerin hareketlerini izlemek için tayfın üzerine bir cetveldeki küçük çizgilere benzeyen referans işaretleri yansıtırlar. Küçük gezegenler için çizginin CCD algılayıcısındaki karşılığı yalnızca bir piksellik bir kısım olabilir; algılayıcının dondurucu sıcaklıklara kadar soğutulması, piksellerdeki rastgele elektronik gürültüleri en aza indirerek bu tür belli belirsiz derecelerin görülmesine olanak sağlar. Rastgele elektrik akımları veya hava basıncı ve sıcaklıktaki küçük değişimler aynı zamanda gezegen sinyallerini maskeleyen veya taklit eden gürültüler de yaratır. Toplanan verilerin karmaşık istatistiksel indirgemeleri ve analizleriyse hata payını artırır. RV sinyalleriyle gürültüyü birbirinden ayırma işi kısmen bir bilim, kısmen de esrarlı bir sanattır ve bu işi yapabilmek için fiziksel kaynaklara ve zihinsel yeterliğe sahip insanların sayısı tüm dünyada birkaç onu geçmez.

Araç istikrarı ve veri kalibrasyonuyla ilgili sorunlar, gezegen avcılığı için yeni şeyler değildi. Doğrusu daha eski ve unutulmaya yüz tutmuş bir yanlış alarm gezegenleri çağının arkasında bunlar vardı. 1940'ların başlarından itibaren 1970'lerin başlarına değin çeşitli astronomlar komşu yıldızların yörüngelerinde gezegenlerin tespit edildiğini iddia etmiş, bunların hepsi de nihayetinde asılsız çıkmıştı. Mazide kalmış bu çağın en meşhur gezegen avcısı, Swarthmore Yüksekokulundaki Hollanda asıllı Amerikalı astronom Peter van de Kamp'tı. Yüksekokulun 61 cm'lik Sproul Teleskobuyla onlarca yıllık bir süreçte elde edilen fotoğraf filmleriyle çalışan van de Kamp, Güneş'e Alpha Centauri'den sonraki en yakın yıldız ve bir soluk kızıl cüce olan Bernard hareketlerinde gezegen yalpalamalarını gözlediğini düşünüyordu. Başlangıçta kendisinin Bernard Yıldızı'nın çevresindeki gaz devi iki gezegene dair iddiaları *Time* dergisi ve *New York Times* gibi yayımlarda ve bilimsel dergilerde bildirildi –ve

teyit edildi– ama rakipler kendi gözlemlerinde bu dünyalara dair hiçbir kanıt bulamamıştı. Bunu takip eden araştırmalar, van de Kamp'ın bildirdiği yalpalamaların sebebinin hatalı analitik teknikler kadar Sproul Teleskobunun periyodik temizleme ve güncellemelerinin neden olduğu sapmalar olduğuna işaret etti. Yıllar süren yakın gözetlemeler, bu gezegenlere dair başka hiçbir kanıt bulamadı. Van de Kamp 1995'te, 51 Pegasi b'nin keşfedilmesinden birkaç ay önce, kendisini eleştirenleri hiçbir zaman affetmemiş bir şekilde ve keşfettiği dünyaların gerçek olduğunun kesinliğinden en ufak bir tereddüt duymadan öldü. Günümüzde astronomlar, kendisinin hikâyesini dolaylı kanıt ve zayıf istatistikleri temel alan gezegen keşiflerine dair kibirli iddialara karşılık güçlü bir uyarı olarak kullanıyor.

2009 yılında NASA'nın 600 milyon dolarlık Kepler uzay teleskobunun fırlatılmasıyla birlikte, RV'nin yanında bir başka daha doğrudan teknik de popülerleşmeye başladı. Kepler, yıldız yalpalamaları yerine, bir gezegen yıldızının önünden geçerken ve CCD'de kaydedildiği gibi yıldızın ışığının bir kısmını engellerken gerçekleşen transit geçişler aradı. Bu tür bir geçişin tekrarlanma sıklığı bunu yapan gezegenin yılını verir ve astronomlar da engellenen yıldız ışığının miktarından bu gezegenin boyutunu tahmin edebilir. Zaman içinde muhtemelen çoğu yıldızın etrafındaki çoğu gezegeni tespit edebilecek olan RV'nin aksine, transitler rastgele geometrik hizalamalara dayanır. Yalnızca Dünya'dan görünen görüntü çizgisiyle yaklaşık olarak örtüşerek şans eseri hizalanan yörüngelere sahip gezegenler transit geçiş yapacaktır. Bu da ötegezegenlerin büyük bir çoğunluğunun bu teknikte görünmez olduğu anlamına gelir. Ancak atılan taş, ürkütülen kurbağaya değiyordu. Gökyüzünün 165.000'den fazla yıldızı barındıran yalnızca tek bir bölgesini gözetleyen Kepler, Laughlin'in konuştuğu sıralarda halihazırda transit yapan 1200'den fazla aday gezegen bulmuştu. Her ne kadar Kepler'in yıldızları sağlıklı takip ölçümleri için fazla belirsiz olsa da, "aday" sözcüğü her bir gezegen farklı tekniklerle doğrulanıp tasdik edilene kadar kullanıldı. 2013'ün başla-

rında, Kepler ekibi, doğrulanmış yüzden fazla dünyanın ve yaklaşık 3,000 adayın keşfini duyurdu.

Laughlin'in çizelgesinin en sağında sıkıştırılmış ve çizilmiş, ilan edilmiş Kepler aday gezegenleri, noktalardan oluşan bozulmaz bir çizgi halini almıştı. Önceki yılların göreli seyrekliğine kıyasla Kepler verileri, Jüpiter'in kütlesinin birkaç katından o kütlenin yüzde birkaçına, yani Dünya'nın kütlesine uzanan, katı bir duvara benziyordu. "Gördüğünüz gibi bu, bizim gittikçe azalan kütlelerde daha fazla gezegen bulduğumuzu gösteriyor," dedi Laughlin, çizelgesindeki Kepler'in dünyalar duvarına işaret ederek. "Sadece birkaç yıl önce, tüm bunlar *terra incognita*ydı.* Yalnızca bu yıl, şu anda, Dünya'nın kütlesine eşit kütledeki gezegenleri keşfetmeye başlamış bulunuyoruz. Başka yıldızların etrafında bulunan, Dünya'yla aynı kütle ve boyuttaki gezegenler hakkında gerçekten de akla yatkın bir biçimde konuşabileceğimiz bir noktadayız ve çoğu gezegen sisteminin düzenine dair çok daha iyi bir algı geliştirmeye başlıyoruz. Benim 'galaktik gezegen sayımı' dediğim şeyi alıyoruz ve sonuçta elde ettiğimiz şey, bize, tıpkı Venüs ve 51 Pegasi b'de olduğu gibi, Dünya ve kendi güneş sistemimiz temelinde dışkestirimlerde bulunmanın tehlikeli olabileceğini hatırlatıyor."

Laughlin, devam etmekte olan galaktik gezegen sayımında, teleskop başında bir gözlemci olarak değil, ama gözlemcilerin ulaştırdığı veriyi analiz etme aşamasında bütünleyici bir rol oynadı. Kendisinin uzmanlıklarından biri, denemeyanılmayla ilerleyen istatistiksel bir süreç olan, bir yıldızın gezegen sistemini yalnızca RV yalpalamaları yoluyla bir araya getirme işlemiydi. Eğer bir yıldızın yalpalamasının sebebi yörüngede tek başına dönen bir gezegense, ileri-geri salınımların haritasını çıkarmanın sonucunda elde edilecek olan, gezegenin yörüngesinin dönemlerine göre tekrarlanan yumuşak ve düzenli iniş ve çıkışlara sahip, sert bir biçimde çalınan bir kemanın telindeki tek temiz nota gibi görünen, klasik bir sinüs dalgası olacaktı. Verilerdeki bu kalıp modeli belirlemekse çocuk oyuncağıydı. Ancak çok gezegenli sis-

* Terra incognita: Lat. "bilinmeyen, keşfedilmemiş yer" –çn.

temlerde, her bir dünya yıldıza kendine özgü incelikli çekişi uygulayarak daha karmaşık bir yalpalamalar modeli yaratır. Sistemin mimarisini bu yalpalamalardan ayırmak, daha çok, bütün enstrümanlarının aynı anda farklı notalar çaldığı bütün bir orkestranın düzenini ve kompozisyonunu belirlemek gibiydi. Eğer bir gezegen avcısı kürelerin müziğindeki bir avuç izole hoş nidaya fazla odaklanırsa, keskin notalarda ve artık gürültüde gizlenmiş diğer gezegenleri kaçırabilirdi. Dünya ne kadar küçükse sinyali de o kadar azdı ve yıldız statiğinin izlerindeki varlığını tespit etmek için o kadar fazla astronomun çabalaması gerekiyordu. Laughlin, *Systemic Console* adı verilen ve bu tür karmaşık veri dizileri arasından gezegen sinyallerini algılayan bir yazılımın geliştirilmesine rehberlik etmişti. Bu yazılım çabucak alanın standart araçlarından biri haline geldi. Laughlin dizüstü bilgisayarında Systemic'i açtı ve gerçek gezegen avcılığını dinleyicilerine de tattırdı. Ekranda siyah beyaz bir ağ ve onun üzerinde de yüzlerce nokta belirdi.

"Bu, yaklaşık yirmi sekiz ışık yılı uzaklıktaki bir yıldız olan 61 Virginis'in, meslektaşlarım Paul Butler ve Steve Vogt tarafından geçtiğimiz birkaç yıl içinde iki teleskopla elde ettiği RV verisi," diye açıkladı Laughlin. Bir düğmeye tıkladı ve noktaların hepsiyle olmasa da çoğuyla kesişen bir sinüs dalgası verilerin üzerine eklendi. "Birkaç yüz günlük bir dönüme ve kabaca Jüpiter'in kütlesinin çeyreğine sahip bir gezegenin sinyalleri bu şekilde görünüyor, ama gördüğünüz gibi bu sinyaller kusursuz bir uyuşmanın yanından bile geçmiyor." Birkaç dakika boyunca model gezegenin yörüngesine ve kütlesine ince ayar yaptı, ama sinüs dalgaları veri noktalarıyla hizalanmamak için inatçı bir biçimde direniyordu. "Şimdi yalnızca, farklı kararlı gezegen biçimlendirmelerini deneyen, en iyi seçenekleri gözden geçiren ve bize en iyi uyumlanmayı veren otomatik uyumlama programını çalıştıracağız." Bir tuşa daha tıkladı ve saniyeler içinde noktalardan oluşan üç farklı eğri meydana geldi. Noktalar, Laughlin'in önceki girişimlerinde oluşan sinüs dalgalarından çok, bu eğrilerin içinden geçiyordu.

"Burada her ne kadar hâlâ artıklar varsa da yazılımın üç gezegenlik çözümünü görebilirsiniz; 61 Virginis, yaşanabilir bölgesinde bile daha fazla gezegene kolayca sahip olabilir," dedi. "Bu, meslektaşlarımla birlikte yayımladığım sonuçlardan biri. Asıl ilginç olansa civarımızda bize en yakın birkaç yüz yıldız arasında 61 Virginis'in bizim yıldızımıza en çok benzeyen yıldız olması. Güneş'le tamamen aynı kütleye, yarıçapa ve kimyasal bileşime sahip ve onunla neredeyse aynı yaşta, ama yine de sahip olduğu gezegen sistemi baştan aşağı farklı. Bu gezegenlerin en yakından en uzağa doğru kütleleri aşağı yukarı 5, 18 ve 23 Dünya kütlesinde, hepsi de birbirlerine çok yakın bir biçimde, bizim güneş sistemimizde Merkür'ün yörüngesi olabilecek bir şeyin içine doluşmuş. Bizim güneş sistemimizde Merkür'ün yörüngesinde hiçbir şey yok, ama 61 Virginis oraya üç koca gezegen sığdırmış! Bu tür mimariler baktığımız her yerde karşımıza çıkıyor, ama bizim kendi güneş sistemimizden de tahmin edilemezlerdi. Bunlar, beklenmedik şeylerdi."

Dinleyiciler arasından biri, hiçbir gezegene sahip olmayan yıldızların sayısını sordu.

"Herhangi bir yıldızın gezegenlerden yoksun olduğunu göstermek oldukça zor," diye yanıtladı Laughlin. "Bu yüzden, bizimki gibi bir gezegen sistemine sahip olan yıldızların yüzdesini sormak daha faydalı oluyor. RV araştırmalarından ve Kepler'den gelen veriler, bizim sistemimizdeki gibi, on yıllık bir yörüngenin içindeki Jüpiter kütlesinde bir gezegene sahip yıldızların hayli nadir olduğunu göstermeye başlıyor. Bu, gözlenen yıldızların şu anda en fazla yalnızca yüzde onunun destekleyebileceğini düşündüğüm bir şey. En azından konu Jüpiter olduğunda, güneş sistemimiz biraz sıradışı hale geliyor. Şu anda veriler bize, örnek gezegen sisteminin sıcak, kısa dönemli bir yörüngedeki Neptün benzeri bir gezegen olduğunu söylüyor, ama bunun bir kısmı da seçim yanlılığına giriyor; bu tür gezegenleri tespit etmek daha kolay."

Laughlin kasıtlı bir şekilde volta atmaya tekrar başlayıp, podyumla bir pencere arasında ileri geri yürüyerek sunumunun ritmini geri kazandı. "Aslına bakılırsa, Dünya boyutun-

daki gezegenlerin Dünya benzeri yörüngelere göre dağılımı hakkında henüz çok şey bilmiyoruz, ama beklentiler bu tür gezegenlerden bolca bulunduğu yönünde. Sanıyorum ki Kepler bunun cevabını yakında verecektir; toplam popülasyonların küçük parçalarını ortaya çıkarıyor olsalar bile transit geçişleri doğrulamak daha kolaydır. Günümüzde tespit ettiğimiz küçük gezegenler, yıldızları üzerinde saniyede yaklaşık bir metrelik RV sinyalleri yaratıyor. Ben de şu anda saniyede bir metre yürüyorum. Baktığınız zaman, çokça ışık yılı ötedeki bütün bir yıldızın hareketindeki böylesi küçük bir değişimi tespit etmek inanılmaz bir başarı, ama pek yeterli değil: Dünya'nın Güneş üzerindeki RV sinyali, saniyede yaklaşık on santimetre. Yıldızlar, dahili vuruşlarından, titreşimlerden ve yüzeylerinde dolaşan maddelerden ötürü, bundan çok daha fazla hareket ederler; her saniye bir yıldız tüm o gürültüyü yaratır ve sinyali kirleten astrofizik sapmasına yol açar."

Laughlin'in dikkatli bir biçimde dile getirilmiş yorumlarının içerisinde dolaylı bir uyarı vardı. En davetkâr dünyalar –yani Dünya'ya benzeyen ve yaşama ev sahipliği yapanlar– aynı zamanda bulunması en zor olanlardı. Yıldızının çevresinde ılımlı bir yörüngede dönen düşük kütleli bir gezegen, genellikle yalnızca bir yıldız denizinin üzerinden aşıp gelen bir sinyal şeridi olarak tespit edilebiliyordu. RV araştırmalarına, yakınlardaki yıldızların yörüngesinde bulunan yabancı Dünyaların bulunması için yapılan baskı arttıkça, neyin gerçek olduğunu bilmek de eş zamanlı olarak gittikçe zorlaşıyordu.

Zayıf RV gezegen sinyalleri, diyordu Laughlin dinleyicilerine, sessiz bir yıldız dikkatlice harcanarak, yıldızın halihazırda düşük olan gürültüsünün azaltılması için zaman içinde hepsinin ortalaması alınmış yüzlerce ve hatta binlerce gözlem için kafa patlatılarak büyütülebilirdi. Ama bu yaklaşımın da riskleri vardı; birinci sınıf bir teleskop ve tayfölçerle gözlem zamanını garantiye alabilecek kadar talihli bir gezegen avcısı ekibi, bir yıldızın davetkâr sinyallerini aylar ve hatta yıllar boyunca takip edebilir ve potansiyel gezegenlerin asılsız olduğu sonucuna ulaşabilirdi. Gezegenlere dair,

istatistiksel bir belirsizlikten doğan en ufak bir olasılık çıtırtısında kariyerler ve itibarlar tuzla buz olurdu. "Daha düşük kütleli gezegenler üzerindeki yoğun ısrar, aynı zamanda farklı rakip gruplar arasındaki bir 'silahlanma yarışı'nın bir parçası," diye açıkladı Laughlin, sunumunun sonlarına yaklaşırken. "Birkaç gezegen buluyorsunuz, sonra da süre-ödenek komiteleri size daha fazla gezegen bulmanız için biraz daha zaman tanıyor. Eğer bir noktada gezegen bulamazsanız iş bitiyor, oyundan diskalifiye oluyorsunuz."

***

Astronomların 1990'ların ortalarında sürekli olarak ötegezegen bulmaya başlamasından on yıldan fazla bir süre sonra, RV "oyunu," biri Amerikalı diğeri Avrupalı iki büyük gezegen avcısı hanedanla sınırlanmıştı. İlki 1983 yılında, Pasadena-California'da, Geoff Marcy isimli yirmi sekiz yaşındaki hırslı bir astronomi doktora öğrencisi uzun bir sabah duşu alırken başladı. Marcy'nin yıldızların manyetik alanları üzerine yaptığı araştırma bir türlü başarıya ulaşmıyordu ve önemli birkaç astronom tarafından da şiddetle eleştirilmişti. Marcy kendini yetersiz, umutsuz ve mahvolmuş hissediyordu. Sular öne eğilmiş başının üzerinden akarken, o zamana kadarki kariyerinin çoğunlukla bir başarısızlık olduğunu ve hiçbir şey değişmezse de henüz adamakıllı başlamadan sona erebileceğini fark etti. Gökyüzündeki tüm yıldızların gezegenlerinin olup olmadığını merak eden küçük bir çocukken onu astronominin felaketlerle dolu bu yoluna iten şeyleri düşündü. O tutku nereye gitmişti? Birdenbire bir aydınlanma anı yaşadı: eğer kaderi başarısızlığa mahkumsa, kendisinin sevdiği ama başka birkaç kişinin de ciddiye aldığı bir konunun peşinden giderek, olağanüstü bir biçimde başarısız olmalıydı. Duştan çıktığında belki de kısacık sürecek olan kariyerinin geri kalanını ötegezegen arayarak geçirmeye karar vermişti.

Marcy, sandığı kadar yetersiz değildi. Astronomi üzerine sahip olduğu ansiklopedik bilgi kıvrak zekâsı ve doğal bir hikâye anlatma yeteneğiyle birleşince, kavranması en zor astronomik konuları bile sıradan insanlar için anlaşılır kılı-

yordu. Kısa süre içinde San Fransisco Eyalet Üniversitesinde küçük bir okutmanlık işi buldu ve düzgün bir kalibrasyon olmadan gezegenlerin tayfölçümsel sinyallerinin tespit edilmesi imkânsız olacağı için planları her ne kadar tam olgunlaşmamış olsa da derslere girmekten arta kalan vakitlerinde bir RV gezegen araştırmasına kafa yordu. Aynı anda kimyada bir lisans derecesi ve astrofizikte de bir master derecesi kovalayan genç bir öğrenci olan Paul Butler'la tanıştığındaysa meseleye bir bütünlük sağlandı. Butler, Marcy'nin ötegezegenlere karşı ilgisini paylaşıyordu ve bu ikisi yakın birer arkadaş oldular. En uygun kalibrasyon yöntemlerini bulmak için birlikte çalıştılar; ta ki Butler bir çözümle gelene kadar: bir tayfölçere bağlanabilecek, iyotla dolu bir cam kap. Bu "soğurma hücresi"nin içinden geçen ışık, yıldızın tayfının üzerine numara işaretine (#) benzer iyot soğurma çizgileri yansıtarak küçük izgesel yalpalamaların görülmesine olanak sağlayacaktı. Butler'ın iyot hücresi, RV gezegen araştırmacıları için onlarca yıl boyunca standart kalibrasyon tekniği haline gelecekti.

1987'de, Marcy ve Butler, UC Santa Cruz astronomu ve Marcy'nin eski doktora danışmanı olan Steve Vogt tarafından inşa edilmiş, genel amaçlı bir "Hamilton" tayfölçerle bu iyot hücresini birleştirdi ve gezegen arayışlarına başladı. Yıllar boyu, San Jose'nin kırk kilometre doğusundaki Hamilton Dağındaki Lick Gözlemevinde bulunan çeşitli teleskoplar üzerinde tayfölçeri kullanarak, boşu boşuna, Güneş benzeri yaklaşık 120 komşu yıldızın etrafındaki güneş sistemi dışı Jüpiterler aradılar. Butler, Maryland Üniversitesinden doktorasını almak için çalışmayı bir süreliğine bıraktı, ama ikilinin veri analiz yazılımını bilemeye devam etti ve nihayet verilerindeki RV hassaslığını saniyede 15 metreden 5 metreye getirecek kadar keskinleştirdi. 1995 yılı sonbaharında sabırlarının sonuna yaklaşmışlardı ki Cenevre Üniversitesinden iki astronom, Michel Mayor ve Didier Queloz, Fransa'nın güneyindeki Haute-Provence Gözlemevinde yürütülen bir başka RV araştırmasına dayalı olarak 51 Pegasi b'nin keşfini duyurdu.

Bu haberi duyan Marcy ve Butler, derhal 51 Pegasi'yi kendileri gözlemlemeye gittiler ve birkaç gün içinde, yıldızın fırıl fırıl dönen sıcak Jüpiter'inden gelen yalpalamaları kendi gözleriyle gördüler. Baktıkları şey, araştırma yaptıkları onca yıl boyunca düşünmedikleri ve aramadıkları bir gezegen çeşitliliğiydi. Eski verilerini yeniden gözden geçirerek 47 Ursae Majoris ve 70 Virginis isimli yıldızların etrafında hızlıca iki dev gezegen buldular ve böylece yeni yeni hızlanmaya başlayan keşif yarışında liderliği tekrar ele geçirip onlarca yıla yayılacak bir rekabeti başlattılar.

O ilk altın yıllarda, yaklaşık on yıllık bir deneyim ve ellerinin altında bulunan geniş bir geçmiş veri kataloğunun itiş gücüyle, Marcy ve Butler yarışta hayli öne geçmişti. Milenyuma girildiğinde, yakın yörüngeli yaklaşık kırk adet gaz devi keşfetmişlerdi. Her birinin ilanı, birer haber konusuydu; ötegezegen keşifleri henüz bir rutin haline gelmemişti. Araştırmalarının dergi kapaklarına ve ulusal haberlere taşınmasıyla ikili kendilerini ansızın yüksek bir akademik talebin içerisinde buldu ve kısa sürede de daha prestijli mevkileri garantiledi. Marcy, UC Berkeley'de profesör oldu ve Butler da başkent Washington'daki Carnegie Bilim Enstitüsünde kadrolu bir bilim insanı olarak işe başladı. Coğrafi olarak birbirlerinden ayrı olsalar da birlikte çalışmaya devam ettiler ve nihayet artan şöhretlerini kullanarak, ekiplerini, Vogt ve bir başka parlak gezegen avcısı olan astronom Debra Fischer'ı kapsayacak biçimde genişlettiler. Grup daha fazla fon kazandı ve dünyadaki en iyi astronomi kaynaklarına, özellikle de yine bir Vogt üretimi olan ve Mauna Kea-Hawaii'deki W. M. Keck Gözelemevinde bulunan onar metrelik ikiz teleskoplar üzerinde işlem yapan bir tayfölçer olan HIRES'a erişim olanağı buldu. HIRES, saniyede 3 metrelik RV hassaslığına ulaşabiliyor, böylece daha ılıman yörüngelerde bulunan daha küçük ötegezegenler keşfedilebiliyordu. Ama potansiyel olarak yaşanabilir dünyalara ulaşılması için daha fazla hassasiyet gerekiyordu. Marcy, grup içi e-postalarını "YASABİRMEYÖ!" şeklinde teşvik edici bir sözle bitirmeye başlamıştı: Ya Saniyede Bir Metre, Ya Ölüm!

Amerikalı meslektaşları akın akın ilerlerken her ne kadar dünyanın farklı yerlerinden işbirliği içinde bulundukları bilim insanları varsa da, Marcy ve Butler'ın Cenevre kökenli rakiplerine sürekli olarak hitap ettikleri şekliyle, "İsviçreliler" de boş boş oturmuyordu. Onlar da ekiplerini genişletiyor ve daha fazla gezegen bulmak için çabalarını katlayarak artırıyorlardı. İki ekip de üstünlük kurmaya çalıştıkça, rekabetleri şiddetli bir hal alıyordu. 1998'deki bir konferansta, Amerikalı ekip, bir kızıl cüce yıldızın çevresindeki ilk gezegen olan Gliese 876b'nin keşfini ilan etti. Ertesi gün, İsviçreliler, aynı gezegeni Amerikalıların ilanından günler önce kendilerinin keşfettiğini ifade ettikleri bir duyuru yaptılar; keşfin konferanstan birkaç saat önce doğrulandığını, Marcy ve Butler'ın onlardan erken davrandığını iddia ettiler. Amerikalı ekip aynı zamanda gezegen üzerine yapılan hakemli yayında da onlardan önce davranacak ve keşfin övgülerini toplayacaktı. 1999'un Kasım ayında, transit geçiş yapan ilk gezegeni ayrı ayrı ve neredeyse aynı anda gözlemleyip sonuçlara dair makaleleri ibraz ettikten sonra iki ekip de HD 209458 isimli yıldızın etrafındaki bir sıcak Jüpiter olan bu dünyanın keşfini başkalarıyla paylaşmak için birbiriyle yarıştı. Rekabet, 2002 yılında, İsviçreliler HD 83443 adlı yıldızın çevresinde iki "sıcak Satürn" tespit ettiklerini iddia ettikleri bir makale yayımladığında daha da kızıştı. Bu yıldızı Marcy, Butler ve Fischer da gözlemlemiş, ama verilerinin içinde İsviçrelilerin gezegenlerinin ikisini birden destekleyecek kanıt bulamamıştı. Butler, İsviçrelilerin iddialarına karşı çıkış noktalarının detaylandırıldığı bir makalenin yayımlanmasına öncülük etti ve aylar sonra İsviçreliler bu gezegenlerden birini geri çekerek öbür türlü kusursuz olan kayıtlarına kara bir leke sürdüler. Buna karşın birlikte çalıştıkları süre boyunca Marcy, Butler ve Fischer, ellerindeki listeden tek bir dünyayı bile geri çekmedi. İsviçreliler, Butler'ın Amerikalıların onlara karşı yürüttüğü davaya öncülük ettiği zamanları asla unutmadı. O günden sonra Butler'ı yörüngelerinden hayli uzakta tuttular.

İsviçreliler, 2004 yılında, Avrupa Güney Gözlemeviyle (ESO)* işbirliği içinde geliştirilen HARPS† tayfölçerinin sahneye çıkmasıyla RV hassaslığında liderliği ele geçirdi. Bir ısı kontrollü vakum odasında istikrarlı hale getirilmiş olan ve Cerro Paranal-Şili'deki 3,6 metrelik ESO teleskobuna yerleştirilen HARPS, saniyede bir metrenin biraz altında nefes kesici RV hassasiyetine sahip olduğunu kanıtlayarak, İsviçrelilere yaşanabilir bölgelerin uçlarındaki yörüngelerde bulunan çok sayıda daha küçük gezegeni keşfetmede kullanabilecekleri belirleyici bir üstünlük verdi. Bu dünyaların bazıları, bizim gezegenimizin kütlesinin yalnızca birkaç kat fazlasına sahipti ve bu yüzden muhtemelen ağır gaz katmanlarına boğulmuş olmaktan ziyade kayalıktı. Bunlara, umut dolu bir biçimde "süper Dünyalar" deniyordu. Keck'in HIRES'ı da aynı yıl geliştirilmiş algılayıcılara kavuşacak, hassaslığını HARPS'ınkine yaklaştıracaksa da onunla eşitleyemeyecekti. Amerikalılar daha fazla gezegen keşfetmişti, ama potansiyel olarak yaşanabilir dünyaları tespit etmeye doğru daha hızlı ilerleme kaydedenin rakipleri olduğunu biliyorlardı. Saniyede bir metre bariyerini aşan ilk ekip İsviçreliler olmuştu ve HIRES, sahip olduğu tüm güncellemelere rağmen performans bakımından HARPS'ın biraz altında kalıyordu. Yıllar süren hakimiyetlerinin ardından Amerikalılar içten içe, her ne kadar küçük olsalar da, ansızın ortaya çıkan dezavantajlarının ekiplerinin çöküşüne yol açacağından endişeleniyordu.

İsviçreliler 2002 ve 2003 yıllarında HARPS'ı geliştirirken Fischer, Vogt, Butler ve Marcy de üstün bir teçhizat olmasını umdukları bir şeyin planlarını yapıyordu: üzerinde Vogt tarafından özel olarak tasarlanmış, saniyede bir metre veya daha azlık RV ölçümleri yapabilecek hassaslığa ulaşabilen yeni bir tayfölçer bulunan ve Lick Gözlemevine kurulacak 2,4 metrelik bir robotik teleskop olan Otomatik Gezegen Bu-

* "European Southern Observatory" (ESO) –çn.

† HARPS: High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher. İng. Yüksek Hassasiyetli Radyal Hızda Gezegen Arayıcı –çn.

lucu (OGB).* Yere kurulmuş daha büyük birçok teleskobun ışık toplama kuvveti tarafından gölgede bırakılmış olsa da OGB'nin üstünlüğü tek iş odaklı olmasıydı. Neredeyse tüm birinci sınıf teleskoplar zorunluluk gereği bütün astronomi alanının iş yükünü çekiyordu ve zamanlarının yalnızca bir kısmı gezegen avcılığına ayrılıyordu. Buna karşın OGB'nin tek görevi, her gece yakınlardaki parlak yıldızları inceleyerek, sabit bir biçimde, bu yıldızlara eşlik eden herhangi bir küçük, kayalık gezegene ait RV sinyallerini biriktirmek olacaktı. Grup, Vogt'u OGB'nin baş araştırmacısı seçti. Ancak Marcy ve Butler arasındaki ilişki en kötüsünden bir dönemece girdikten sonra proje çıkmaza girdi.

İkilinin aşırı başarısı zaman içinde onları birbirinden ayırmış, arkadaşlıklarını istikrarsız hale getirmişti. Artık genç değillerdi; iki adamın da gözlerinin altı torba torba olmuş, sakallarına aklar düşmeye başlamış ve kafalarında da saç niyetine gittikçe küçülen birer hilal oluşmuştu. Birlikte süren yirmi yıllık çalışmaların ardından, bir zamanlar taze ve yeni görünen her şey artık yorucu ve kısıtlayıcı gelmeye başlamıştı. Her ne kadar başlangıçta yalnızca Marcy'nin altındaki bir lisans öğrencisi olsa da, iyot hücresini geliştirmesi ve RV veri analiz tekniklerine yaptığı ufuk açıcı katkılar, Butler'a uzun süredir araştırma ortağı olarak çalıştığı adamla eşit bir itibar kazandırmıştı. Ancak Marcy hâlâ grubun fiili lideri ve yöneticisi gibi davranıyordu. Basın mülakatları ve akademik siyasetin hassas nüanslarındansa gerçek gezegen avcılığının basitliğini tercih eden Butler sakin ve dobrayken konuşkan, karizmatik ve kurnaz olan Marcy alıntılık birçok cümle kullanarak ekibin çalışması hakkında uzun uzadıya konuşmaktan mutlu ve rakiplerine diplomatik övgüler sunmak konusundaysa dikkatliydi. Yıllar boyu Butler'a topluca bir *persona non grata* gibi davranmış olmalarına rağmen, konu İsviçreliler olduğunda Marcy samimi ve hatta dost canlısıydı. Neredeyse evrensel hale gelen Marcy'yi övüp Butler'ı yerme eğilimi, Marcy basın konuşmalarında ve mesleki ödüllerde aslan payını almaya devam

* OGB: "Automated Planet Finder" (APF) –çn.

ettikçe, zaman içinde iki adamın kaderinde hissedilir bir ayrılığa yol açtı.

Yeterince takdir edilmediğini ve gölgede kaldığını hissetmek 2007 yılında Butler'ın canına tak etti ve yanına Vogt'u da alan Butler, Şili ve Avustralya'daki tesislerle Lick Gözlemevindeki ekipmanları kullanarak yeni bir gezegen avlama ekibi kurmak üzere Marcy'yi terk etti. Hanedan parçalanıyordu. Kısa süre sonra Fischer da ekipten ayrıldı ve kendi gezegen avlama grubunu kuracağı ve HARPS'a rakip olup onu gölgede bırakacak yeni bir tayfölçeri, CHIRON'u inşa etmeye başlayacağı Yale'de bir profesörlük için San Fransisco Eyalet Üniversitesindeki işinden istifa etti. Artık NASA'nın Kepler görevinde bir eş araştırmacı olan Marcy de UC Berkeley'de kaldı ve daha fazla gezegen aramak ve Kepler'in binlerce adayı üzerinde çalışmak için Keck ve HIRES'ı kullanarak yeni bir çırakla, astronom Andrew Howard'la yakın bir biçimde çalışmalar yürüttü. Bir zamanlar yabancı dünyalar bulmak üzere ciddi bir çekişme içinde bulunan yalnızca iki RV ekibi varken, güçlü Marcy-Butler ortaklığının çözülmesi, tüm gezegendeki gözlemevlerinde inşa edilen ve kullanıma sunulan yeni nesil gezegen avlama tayfölçerlerini kullanmak için tetikte bekleyen sonradan görme çok sayıda grubun doğmasına yol açtı. Ama bir arada kalmış İsviçrelilere karşın Amerikalı hanedanın parçalanmış ve yaşlanmış emektarları hâlâ en iyi verilere, en iyi gözlemevi imkânlarına ve uzaydaki yaşanabilir bölgelerde kayalık gezegenler bulma konusunda en büyük şansa sahipti. Mevcut programına devam eden ve aynı zamanda Kepler'in meyvelerinin tadına ilk bakacak olan Marcy'nin grubu, ilk gezegeni bulma konusunda tek favoriydi.

29 Eylül 2010'da Butler, Vogt ve başka dört meslektaşları, bu ihtimalleri yerle bir ettiklerini duyurdu. Belki de şans eseri olmayan bu duyuruları, Marcy'nin elli altıncı doğum gününe denk gelmişti; eski dostlardan nispet dolu son bir hediye. Kendi eski HIRES gözlemlerini İsviçrelilerin halka açık HARPS verileriyle birleştiren Vogt ve Butler, yaklaşık 20 ışık yılı uzaklıktaki Libra takımyıldızında konuşlanmış

Gliese 581 isimli kızıl cüce yıldızın çevresinde dönen iki gezegenin RV sinyallerini tespit ettiklerini öne sürdü. Gezegenlerden biri Dünya'nın üç dört katı kütleye sahipti ve 37 günlük bir yörüngesi vardı; bu da onu yaşanabilir bölgenin tam merkezine yerleştiriyordu. Ortak karara göre gezegenin ismi Gliese 581g'ydi ve sondaki "g," bu gezegenin o yıldızın etrafında varlığı keşfedilen altıncı gezegen olduğunu belirtiyordu; ama gezegen muhtemelen kayalık olduğundan ve bildiğimiz kadarıyla açık bir biçimde ne çok sıcak ne de çok soğuk bir yörüngede bulunduğundan pekâlâ "Goldilocks"* anlamına da gelebilirdi. Vogt'sa farklı bir ismi tercih ediyordu. Bu gezegene eşinin ismini vererek "Zarmina'nın Dünyası" adını vermişti ve bir basın toplantısında, gezegende yaşam bulmaları ihtimalinin "yüzde yüz" olduğunu söylemişti. Butler'sa "gezegen, yıldızdan, üzerinde su bulundurabilecek kadar uygun bir uzaklığa ve bir atmosfere sahip olabilecek kadar uygun kütleye sahip" şeklinde daha tutucu bir ifadeyi yeğliyordu.

Bu duyuru, İsviçreli ekibin tamamının kafasını karıştırdı. Daha önce onlar da Gliese 581'in yörüngesinde dört küçük gezegen bulmuştu ve bunlara yıldızın yaşanabilir bölgesinin iki ucunda bulunan, yaşanabilirliği belirsiz iki dünya da dahildi. O iki gezegeni nasıl gözden kaçırmışlardı? Yıldıza dair kendi HARPS gözlemlerini genişletip yeniden analiz ettiklerinde, ekiplerinin önceden tespit ettiği o dört gezegeni yine teyit ettiler, ama Zarmina'nın Dünyasına veya diğer potansiyel gezegen Gliese 581f'ye dair hiç sinyal yoktu. Vogt'un daha az kesin HIRES verilerinin, Gliese 581 üzerindeki kendi yüksek kalite HARPS gözlemlerine bir hayalet gezegen sunmuş olup olamayacağını tartıştılar. Halka açık HARPS ve HIRES verileri üzerinde yapılan çoklu bağımsız incelemeler, bir değişken varsayımlar yığınına bağlı olarak kimilerinin yeni

* Goldilocks: Aslen, "Üç Ayının Hikâyesi" isimli İngiliz kökenli çocuk masalındaki küçük, sarışın kızın ismidir. Masala göre kız, bir gün üç kişilik bir ayı ailesinin yaşadığı bir eve girer ve evde kullandığı her eşyadan üçüncüsünün, yani yavru ayıya ait olanların tam kendisine göre olduğunu görür. Buradan hareketle "Goldilocks" deyimi, "ortalama," "tam kararında" gibi anlamlarda kullanılmaktadır –çn.

gezegenlere dair deliller bulmasıyla, diğerlerinin de onları reddetmesiyle farklı sonuçlara varıyordu. RV sinyallerinin çıkartılmasında belirli bir tür istatistiksel analizler kullanılmışsa gezegenlerin altısı değil, dördü doğru çıkıyordu; yani yeni gezegenler yanlış alarmdı! Dinamik simülasyonlarda, Vogt ve Butler gezegenlerin yörüngelerini hafif bir elipsten ziyade tam bir daireye yakın olacak şekilde değiştirmiş ve bu altı gezegenli sonuçların dört gezegenli halinden daha istikrarlı olduğunu saptamıştı; bu durumda, yeni gezegenler de gerçekti! Ama doğrulanan dört gezegenin yörüngelerinin birbirleriyle etkileşimde bulunabilecekleri bazı yollar ekleyen Butler ve Vogt, tartışmalı iki gezegenin RV sinyallerini böylelikle kısmen gizleyip azaltabileceklerini gördü.

Gliese 581g vakasını gölgeleyen belirsizlik yüzünden, yaşanabilir bir bölgedeki ilk yabancı dünyayı tartışmasız olarak bulma ödülü de havada kaldı. 2012'nin Temmuz ayında, Vogt, Butler ve bir başka meslektaşları; HARPS verilerini, Gliese 582f'den nadiren bahseden ve Zarmina'nın Dünyasını da hâlâ yaşanabilir bölgede olmakla birlikte 32 günlük daha kısa bir yörüngeye sahip, Dünya'nın 2,2 katı kütledeki daha küçük bir gezegen biçiminde düzelten, iki ileri bir geri yeniden analiz yöntemiyle çürüttükleri bir makale yayımladılar. Makaleye göre, potansiyel dünyanın sinyali çok zayıf olduğundan sağlam bir teyit için çok daha fazla veri gerekmekle birlikte, bu gezegenin asılsız olması ihtimali yaklaşık yüzde 4'tü. İsviçrelilere göre yüzde 4, Zarmina'nın Dünyasına onay vermek için hâlâ fazla yüksek bir orandı. Bu tür bir gezegen için yüzde 1'lik bir ihtimal bile belirsizlik ifade ediyordu. Olağanüstü iddialar, diyorlardı, olağanüstü kanıtlar gerektirir; üstü kapalı olarak da bu kanıtların, en az HARPS kadar hassas bir tayfölçerden gelebileceğini öne sürüyorlardı.

2011 yılının yazında, Butler'ın zaman zaman işbirliği yaptığı meslektaşlarından biri olan otuz iki yaşındaki İspanyol astronom Guillem Anglada-Escudé, İsviçrelilerin ESO ilkelerine göre iki yıllık bir mülkiyet süresinin ardından kamuya açık hale getirdiği HARPS tayf ölçümlerinden RV sinyalleri sağlamak için kendi alternatif veri analiz yazılımını geliş-

tirmeye başladı. İsviçrelilerin, bir yıldızın işlenmemiş tayfının önemli bir kısmını çöpe atan analiz yöntemlerinin aksine Anglada'nın yazılımı bir yıldızın tayf verilerinin daha büyük bir kısmını ele alarak belirli yıldız türleri, özellikle de kızıl cüceler için RV hassaslığını daha da artırmak adına gürültülerden daha fazla sinyal çıkartıyordu. Kısa süre içinde Anglada, İsviçrelilerin daha az hassas analizlerinin gözden kaçırmış olabileceği sınır gezegeni sinyalleri bulmak umuduyla, yazdığı kodu HARPS veri örnekleri üzerinde çalıştırmaya başlamıştı. Kendisi Carnegie'deki doktora sonrası eğitimini bitirmek üzereydi ve bu alanda başka bir iş arıyordu; elinin altında birkaç gezegenin bulunmasının bu yolda şansını artıracağını düşünüyordu. İncelediği ilk düzine veri dizisinden herhangi bir sinyal çıkmamıştı.

Bir Ağustos akşamı, Almanya'daki Göttingen Üniversitesinde bir doktora sonrası işi için yaptığı görüşmeden çıkıp oteline dönen Anglada, bir dizi başka HARPS verisini, Dünya'dan yaklaşık 22 ışık yılı uzaklıktaki bir üçlü yıldız sisteminin bir parçası olan GJ 667C isimli kızıl cüce yıldızın 2004'le 2008 arasında alınmış 143 RV ölçümlerini incelemeye koyuldu. Azalttığı verileri Laughlin'in Systemic yazılımında açtı ve program şablonları ararken bekledi. Yazılım ilk önce, İsviçrelilerin 2009'da duyurduğu 7 günlük bir yörüngeye sahip bir gezegenin imzasını buldu, ama Anglada ölçümde nokta nokta kümelenmelerdeki bir artık yapıya benzeyen şeyi görebiliyordu. Verileri Systemic'te tekrar çalıştırdı ve yazılım, verilerde 91 günlük güçlü bir eğilim tespit etti; bu, bir başka muhtemel gezegen olabilirdi, ama aynı zamanda yıldızın tahmini 105 günlük rotasyonel dönemiyle ilintili döngüsel bir yıldız kütleçekimi de olabilirdi. Anglada, 7 ve 91 günlük sinyalleri dışarıda bırakarak Systemic'i bir kez daha çalıştırdı ve titreyen ellerle bir sigara yakıp inanmaz gözlerini dizüstü bilgisayarının ekranına sabitledi. Ölçümlerin içinden, Dünya'nın 4,5 katı kütleye sahip, muhtemelen yaşama elverişli ve GJ 667C'nin yaşanabilir bölgesinde tamı tamına yirmi sekiz günlük bir yörüngede dönen bir gezegenin sinyali gibi görünen bir başka sinüs dalgası sıyrıldı.

Gerçek olduğunun kanıtlanması halinde bu gezegene GJ 667Cc adı verilecekti.

"Halka açık üç yıllık bir veri dizisinde, hakkında makale yayımlanmamış, sahipsiz ve muhtemelen yaşanabilir bir gezegen bulmak oldukça tuhaftı," diye anımsattı Anglada. "Böylece ben de [İsviçrelilerin kullandığı] yöntemi kullanarak ölçümlere tekrar baktım; 28 günlük sinyal oradaydı, ama yüzde birden çok daha büyük bir yanlış alarm olasılığı da taşıyordu." Bu fazlalığın anlamı, bu olasılığın HARPS ekibinin bir keşfi duyurmak için geleneksel olarak sahip olduğu ultra katı eşiği aşamayacağı kadar yüksek olmasıydı. Öte yandan Anglada'nın 28 gün sinyalli analizi, üç yüzde birlik bir yanlış alarm olasılığı sunuyordu. Bulgularını Butler'la paylaştı ve o da yıldız üzerine daha fazla veri toplanması gerektiği fikrine heyecanla katıldı. Butler GJ 667C için yirmi adet yeni RV ölçümü elde ederken, Vogt da Keck'in HIRES arşivlerinden yirmi adet eski ölçüm tedarik etti ve bunlar da 28 günlük sinyali güçlendirdi. Kısa süre içinde ekip bu gezegenin dinamik istikrarını incelemek için varsayılan sistemi modellemiş ve keşfi duyurmak için bir makale hazırlamaya başlamıştı. Bu sırada Anglada da o sırada hâlâ dünyanın en iyi kaynağı olan HARPS'tan yeni veriler araştırarak kanıtlarını desteklemesi gerektiğine karar vermişti. HARPS ekibine güvenmeyen ve Anglada'ya makaleyi eldeki verilerle yayımlamasını ısrarla tavsiye eden Butler ve Vogt'un tavsiyelerine karşın Anglada, 28 Eylül 2011'de, HARPS'ta yirmi gecelik bir inceleme süresi için ESO'ya başvuru gönderdi. Bu başvuru, Anglada'nın potansiyel keşfini doğrudan duyurmamakla birlikte yakın hedef olarak GJ 667C'yi ve yıldızın 7, 91 ve 28 günlük sinyallerini tartışan bir grafiği içeriyordu.

Başvurunun ardından Anglada, kişisel web sitesinin ziyaret trafiğini yakından inceledi; böylece kendisinin referanslarını incelemek için sitesini ziyaret edecek ESO inceleme komitesinin üyelerine bakarak başvurusunun ne zaman incelemeye konduğunu hesaplayabileceğini düşünüyordu. Kasım ortalarında, internet sitesi, ESO inceleme komitesinin bulunduğu Münih ve Cenevre, Porto, Paris ve Santiago'da, yani

HARPS ekip üyelerini barındıran tüm şehirlerde bulunan bilgisayarlardan gelen bir ziyaret trafiği sunmaya başladı. Her bir ziyaretçi, siteyi dakikalarca kurcalıyor, sonra da ayrılıyor ve bir daha geri dönmüyordu. 21 Kasımda, HARPS ekibi halka açık çevrimiçi bir belleğe 77 sayfalık bir ön baskı yükledi. Bu ön baskı 2003 ve 2009 yılları arasında HARPS'ın altı yıllık gözlemlerini özetleyen, seçkin bir hakemli dergiye gönderilmiş bir makalenin taslak haliydi. Makalenin baş yazarı, üst düzey bir HARPS üyesi olan astronom Xavier Bonfils'di. Ekip, üçüncü sayfadaki bir tabloda ve sekizinci sayfadaki bir paragrafta, GJ 667C'nin çevresindeki 28 günlük bir yörüngede dönen bir süper-Dünya'nın keşfedildiğini belirtiyor ve ilgili okuyucuları o sırada hazırlanmakta olan ve yakın zamanda gelecek daha detaylı bir makaleye yönlendiriyordu. Daha sonra Anglada, HARPS başvurusunun reddedildiğini öğrenecekti.

GJ 667Cc'nin keşfini üstlenen İsviçrelilerin ön baskısını ilk gören Vogt oldu. Anglada ve Butler'a derhal kısa ve öz bir e-posta gönderdi: "Oyuna geldik." Anglada'nın süngüsü düşmüştü; ön baskıyı okudu, ardından uzun bir yürüyüş yapmak üzere Carnegie'deki ofisinden ayrıldı. O gece uyuyamadı.

"Çok üzgündüm," diye anımsadı. "Ben de ön baskıyı yeniden okudum ve tuhaf olan noktaları listelemeye başladım. Yazı, sistemin dinamiklerinin herhangi bir detaylı analizini içermiyordu ve 91 günlük sinyalden neredeyse hiç bahsetmiyordu. GJ 667Cc'nin, gelecekte gönderilecek ve o sırada hazırlanmakta olan bir makalede sunulacağı söyleniyordu, ama aynı zamanda bu makalenin GJ 667Cc'yi halihazırda duyurduğunu da söylüyordu; yani bu kendisiyle çelişen ve keşfi resmileştirmenin pek de düzgün bir yolu gibi görünmeyen bir ifadeydi." Gezegenin yörüngesel değişkenlerini listeleyen tabloyu inceleyen Anglada, tuhaf bir şey fark etti. Tablo, GJ 667Cc'nin yörünge süresini 28 gün olarak listeliyordu, ama listedeki yörüngesinin boyutu, sanki GJ 667Cc'nin girdisi bir zamanlar 28 günlükten ziyade 91 günlük sinyalle ilgiliymiş gibi, hatalı bir biçimde 91 günlük yörüngeye karşılık geliyordu.

"Bunlar tamamen rastlantı olabilirdi," dedi Anglada. "Ama kendimi şüphelenmekten alamadım. Eğer bu sinyali 2008'deki verileri arasında görmüşlerse, neden üç yıl beklemişlerdi; hem de gezegeni, benim HARPS başvurumun incelenmesinden sonraki hafta böylesine tuhaf bir biçimde duyurmak pahasına? Yörüngenin boyutuyla süresi neden birbirini tutmuyordu? Sinirlenmeye başladım ve bulmuş olduklarımla ilerlemem gerektiğine karar verdim." Anglada bir hafta içerisinde makalesini tamamlamış ve *Astrophysical Journal Letters*'a göndermiş, onlar da makaleyi 2012'nin Şubatında yayımlamıştı; HARPS ekibi, hakemli yayın konusunda yenilgiye uğratılmıştı. UC Santa Cruz, hazırladığı bir basın açıklamasıyla GJ 667Cc'nin keşfinin Anglada, Butler, Vogt ve onlarla işbirliği içinde çalışan kişilere ait olduğunu beyan etti.

Bonfils ve HARPS ekibinin geri kalanı dehşet içindeydi. Kasımdaki ön baskıda ortaya koydukları gibi gezegeni asıl keşfedenlerin kendileri olduğunu öne sürüyorlardı. Bu ihtilaf Haziran ayına kadar, Anglada ve Bonfils bir konferans için gittikleri Barcelona'da bir kafede buluşmak üzere anlaşıncaya dek sonuçsuz kaldı. Bonfils, Anglada'ya, sistemin 7 günlük diğer gezegeninin keşfini duyurdukları 2009 yılında HARPS ekibinin GJ 667Cc'den zaten haberdar olduğunu söyledi. 2009'un Nisanında hakemli bir yayın için 77 sayfalık bir makale göndermişler, ama hakemlerden birinden gelen bir geri dönüş ön baskının halka açık yayınını 2011'in Kasım ayına kadar geciktirmişti. Anglada buna, HARPS ekibinin keşif iddialarını destekleyecek kadar detaylı bilgi içermediği için ön baskının zamanlamasının konuyla ilgili olmadığı yanıtını verdi. Herkes yalpalayan bir yıldız bildirebilirdi, ama yalpalamaların sebebinin gezegenler olduğunu kanıtlamak için analitik çalışmalarını göstermek zorundalardı. Bonfils buna karşılık, eğer asıl kriter analizin yayımlanmış olmasıysa Anglada'nın makalesinin yine de başarısız olduğunu, çünkü Butler ve Vogt'un Gliese 581 sisteminde yaptıkları hatanın aynısını barındırdığını söyledi. Bonfils sözlerini, HARPS verileriyle HIRES gibi daha düşük tayfölçerlerden gelen verilerle bir potada eritmenin RV verilerinin güvenilir-

liğini azaltacağını ve yalnızca yanlış alarm olasılığını artıracağını; buna karşın HARPS ekibinin ön baskısının geçerli bir keşif makalesi olduğunu söyleyerek sürdürdü. Kahvelerini bitirdiklerinde iki adam da taviz vermemiş ve aralarındaki gerilim yalnızca artmıştı.

Kendisinin Anglada'yla yaptığı buluşmadan bir ay sonra Bonfils'e telefonla ulaştım. Sesi dertli geliyordu.

"Yapmadıkları bir keşfi kendilerine mal etmeye çalışıyorlar. Mesele bu kadar basit. Biz bu gezegeni kazara bulmadık; tamamen bilerek yapıldı. GJ 667C, bizim çalışmamızın en fazla örneğe sahip yıldızlarından biri. [Anglada'nın] ona yoğunlaşmasının sebebi de bu. HARPS'ı bizim ekibimiz inşa etti ve bilimsel program ve gözlemler de ekibimizce gerçekleştirildi. Veri azaltımının büyük bir kısmı halihazırda yapılmış ve halka açık verilerimizde sunulmuş durumda. Aletleri yapan ve gözlemlerin programını tasarlayıp gerçekleştiren insanlara, bu çalışmaları için pay verilmezse yazık olacağını düşünüyorum. Verilerin halka açık olması taraftarıyım, ama uzun süredir birilerinin bizim verilerimizi bizden önce yayımlamaya çalışmasından korkuyordum ve şimdi o da oldu. Şu anda bu camianın dayanağı dürüstlük ve hoşgörülü insanların mutabakatı."

Bonfils, yıllar süren bir gecikmenin ardından ön baskının 2011'in Kasımında yayımlanmasını hiçbir şeyin, ama hiçbir şeyin hızlandırmış olmadığını ısrarla vurguladı. Gerçekleşen şey, basit bir mutlu tesadüftü. "İşler yavaş gitti," diye itiraf etti. "Bu kadar uzun sürmesinden gurur duymuyorum." Halka açık HARPS verileri üzerinde dönen çatışmayı neyin körüklediğine dair kendi görüşlerini sundu. "En başta; Marcy, Butler, Vogt ve Fischer vardı. Şu anda ayrılmış durumdalar, grup da neredeyse buhar oldu. Vogt veya Butler'ı kişisel olarak tanımıyorum, Anglada'yla da yalnızca bir kez görüştüm. Ama bence bir tür, nasıl demeli, gerginlik var. Bunu makalelerinde, kullandıkları dilde ve yaptıkları suçlamalarda görüyorsunuz. Bir açlık, bir saldırganlık. Bana kalırsa, ihtiyaç duydukları gözlem süresine ulaşmak onlar için daha zor hale geldi."

Anglada'nın bana söylediğine göre o günlerde kendisinin yeni keşifler için halka açık HARPS verilerini incelemeyi bırakmak gibi bir planı yoktu. "Görünüşe göre insanlar, GJ 667Cc'nin tek seferlik bir şey olduğunu veya baktığım yere bakarken şansımın yaver gittiğini düşünüyorlar, ama bu doğru değil," dedi. "Bu gerçekten de yalnızca daha büyük bir hikâyenin başlangıcı. Benim yaptığım gibi kesinliği geliştirdiğinizde daha fazla şey ortaya çıkıyor. Biz daha küçük kütlelere hassas hale geldikçe ötegezegenlerin nüfusu da katlanarak artıyor. Onların veritabanında şu ana dek yüzlerce sisteme göz attım. Birçok nesne ortaya çıkıyor."

Vogt ve Butler'la yakın bir çalışma içinde bulunmasına rağmen Laughlin, potansiyel olarak yaşanabilir ilk ötegezegenler üzerinde dönen kavganın dışında kalmayı başarmıştı. Gezegenlerin tespitine, duyurulara ve Gliese 581g veya GJ 667Cc'ye gelen eleştirilere doğrudan dahil olmamıştı ve bunun böyle devam etmesini tercih ediyordu. Onları çevreleyen ihtilafa dair daha uzun bir görüşe sahipti. Ona göre ekipler arasındaki mücadele ve egzoplanetolojinin şiddetli büyümesi, kendi eli kulağında olgunluğuyla boğuşan bir alanın birer belirtisi olarak yalnızca acı üretiyordu.

"Bir başka yıldızın etrafında dönen herhangi bir gezegen bulmak, eskiden olduğu kadar güncel veya çekici değil," dedi Laughlin, Santa Cruz'da bir akşamüstü. "Tek başına bu, size, on veya yirmi yıl önce olduğu gibi parlak bir basın toplantısı, gazetelerin ön sayfasını ve uçuk ressamların tasvirlerini getirmez. Bugünden on yirmi yıl sonra da Güneş benzeri bir yıldızın yaşanabilir bölgesinde Dünya kütlesinde bir gezegen bulmak pek de büyütülecek bir şey olmayacak. Tarihçiler, astronomların düzenli olarak 'ilk yaşanabilir gezegeni', ama en son, bir önceki 'ilk yaşanabilir gezegen'e kıyasla 'ilk yaşanabilir gezegeni' bulduklarını iddia ettikleri bu döneme bakıp başlarını iki yana sallayabilir. Bu zamanları, güneş sistemi dışındaki gezegenlerin keşfinin sonuna gelindiği Kahramanlık Çağı olarak hatırlayacaklarına inanıyorum."

"Asıl mesele," diye belirtmişti Marcy bana bir keresinde, "Dünya boyutunda ve Dünya kütlesinde olan herhangi be-

lirli bir gezegenin keşfinin zamanlaması ve geçerliliği değildir. Yalnızca bu şeylerden birini tespit etmek astrofiziği veya gezegen bilimini altüst etmez. Buradaki asıl mesele, en başta onları keşfedebilmenin, bu toz zerreciğinin üzerindeki tüneğimizden bu tür keşiflerin eşiğine varma noktasına geldiğimiz gerçeğinin büyüleyici akla yatkınlığıdır. Bu, bir karınca yuvasında diğer karıncalarla birlikte yaşayan bir karıncanın, bir şekilde güneş sisteminin boyutunu hesaplaması kadar şaşırtıcıdır. Yaptığımız tek şey yıldızlardan gelen fotonları toplamak ve bunlardan çıkarım yoluyla gezegenlerin, ölçeğin, yapının ve tüm bunların geleceğinin varlığına ulaşabiliyoruz. Resmen çılgınlık."

Çeşitli aksilik ve gecikmelerin ardından Lick Gözlemevindeki OGB nihayet 2013 yılında tamamen çalışır hale gelince, gözlemleme süresi de Marcy ve Butler-Vogt ekiplerine eşit olarak dağılmış oldu. Ayrışma tamamlanmıştı ve görünüşe göre geri döndürülemezdi: Butler ve Marcy 2007'den beri konuşmamıştı ve belki de bir daha asla konuşmayacaklardı. Ama yine de Hamilton Dağının üzerinde yükselen gökyüzünün karanlık ve açık olduğu gecelerde, paylaştıkları robotik teleskop birbirinden ayrı, uzak noktalar arasında gidip gelerek yıldızlararasında parça parça bir imparatorluk inşa ettikçe, onlar da esasında yan yana bulunabilecekti.

Bölüm 4

BİR DÜNYANIN DEĞERİ

2009 yılında, Delta II roketinin gezegen avcılığı tarihini Kepler'le tanıştırmasından bir haftadan daha az bir süre sonra Laughlin, sessizce oklo.org'daki blogu *systemic*'te tuhaf, birazcık da saçma bir denklem yayınladı. Art arda gelen bir gönderiler dizisinde, Kepler ve diğer bir avuç araştırmanın yakında keşfedebileceği, yaşama elverişli ötegezegenlerin değerini kabaca ölçmede uzun bir muğlak değişkenler dizisinin ve ölçülüp biçilmiş fonksiyonların nasıl kullanılabileceğini açıklıyordu. Söylediğine göre bu bir, "Dünya benzeri" bir gezegenin medya reklamlarından bağımsız olarak kayda değer bir bilimsel heyecana değip değmeyeceğini belirleme girişimiydi. Gezegenin kütlesi, tahmini sıcaklığı ve yıldızının yaşı ve tipi gibi birkaç kilit değişkenin eklenmesinin ardından, Laughlin'in denklemi, ABD doları biriminde, o belirli gezegene atfedilebilecek değeri verecekti. Gelecekteki uzay teleskopları tarafından nihayet tespit edilebilecek karmaşık biyosferlere ev sahipliği yapıyor olma ihtimalleri en yüksek gezegenler Güneş benzeri orta yaşlı, yolu yarılamış yıldızların etrafında ılıman yörüngelerde dönen küçük, kayalık gezegenler olduğundan; en yüksek değere layık görülenler de bunlardı. Laughlin'in düşüncesine göre bir gezegenin yaygın bir ilgiye haiz olabilmesi için, en azından bir milyon dolarlık eşiği aşması gerekiyordu.

Ekonomik dayanaklarını basit matematikten alan Laughlin, federal fonda 600 milyon dolarlık bir bütçesi olan Kepler'in bu fiyatını, bir uzay teleskobunun çalıştığı süre zarfında keşfedebileceği yaşama elverişli gezegen sayısına dair ihtiyatlı bir tahminle 100'e bölmüştü. Eğer bu gezegen-

ler birer ticari mal olarak ele alındığında, matematik, ABD vergi mükellefleri tarafından belirlendiği haliyle 2009 yılındaki piyasa fiyatının dünya başına, küçük kayalık gezegenlerin astronomların kasalarına oluk oluk akması halinde zaman içinde düşebilecek bir değer olan, 6 milyon dolar olarak belirlenebileceğini söylüyordu. Ancak Kepler, Güneş benzeri bir yıldızın yaşanabilir bölgesinin ortasında yaşama elverişli bir gezegen bulursa, Laughlin'in deneme uygulamaları, bu tür bir gezegenin değerinin denklemde 30 milyon doları aşacağına işaret ediyordu. Eğer gerçekten varsa, Zarmina'nın Dünyası 60.000 dolar civarında bir değer elde etmişti. GJ 667Cc'nin değeriyse bundan daha azdı. Laughlin'in hesaplarına göre Kepler'in ilk milyon dolarlık adayları 2012'nin Şubatında ortaya çıktı. Kepler uzay aracında 2013'ün Mayıs ayında aracın öncelikli görevini sonlandırmaktan başka bir çare bırakmayan felç edici bir arıza oluşana dek bunları Kepler-62f ve Kepler-69c gibi isimlere sahip başka gezegenler izleyecekti.

Laughlin'in değer biçme denkleminin en akıllıca kısmı, bir gezegenin bağlı bulunduğu yıldıza karşı yaklaşımıydı ve bu yaklaşım da Laughlin'in sayısal denetlemelerinin bizim kendi güneş sistemimizdeki gezegenlere kadar genişletilmesine olanak sağlıyordu. Bir gezegenin yalnızca tespit edilmesini değil, ayrıca hemen ardından tanımlanabilmesini de sağlayan şeyler fotonlar olduğundan bir gezegen avcısının temel para birimi dolar değil, fotonlardır. Genel anlamda konuşacak olursak astronomlar bir ötegezegen sisteminden ne kadar fazla foton elde edebilirlerse o sistem hakkında da o kadar fazla şey öğrenebilirler. Güneş sistemimize daha yakında bulunan yıldızlar ve gezegenler, aradaki yakın mesafeden ötürü daha parlaktırlar ve dolayısıyla daha uzak nesneler yalnızca ışık damlacıkları gönderirken onlar kullanışlı foton deryaları sunduklarından daha da değerlidirler. Kepler'in bu kadar fazla sayıdaki küçük gezegeninin bir milyon dolarlık bir değere ulaşmak için mücadele etmesinin sebebi de buydu: Kepler sahası yıldızları çok uzaktaydı ve dolayısıyla daha soluktu. Bizim güneş sistemimizde görünür

olan boyut bakımından en parlak yıldız, elbette ki gerçekten de astronomik büyüklükteki bir alana bölgesel gezegen değerleri gönderme kapasitesine sahip olan Güneş'tir.

Laughlin'in, yirminci yüzyılın başlarında kabul edilen, Venüs'ün bulutlarının kuvvetli güneş akımlarına karşı yansıtıcı bir kalkan görevi gördüğü fikrine dayanan denklemi, bu gezegenin değerini bir buçuk katrilyon, yani 1500 trilyon dolar olarak saptamıştı. Venüs'ün, kontrolden çıkmış sera yüzey sıcaklıklarına dayalı olarak yapılan bu değer biçme, gezegene bir sentin trilyon katı kadar değer vermişti. Laughlin kimi zaman gezegenlerin değerleri arasındaki bu çelişkileri; şirketlerin, yatırımcıların mantıksız coşkularını; balon patlayıp da bunların gerçek, çok daha düşük değerleri ortaya çıktığında çökmek pahasına milyar dolarlık değer biçmelere dönüştürerek güçlendirdiği 1990'ların ortalarıyla sonlarındaki internet sitesi şirketi hissesi balonlarına benzetiyordu. Laughlin değer biçme denklemini bizim gezegenimiz için kullandığındaysa ortaya, küresel gayri safi yurt içi hasılanın yüz katı olan yaklaşık beş katrilyon dolar gibi bir değer çıkıyordu ve Laughlin bunun, insanlığın birikmiş teknolojik altyapısının ekonomik değerine yakın olduğu sonucuna vardı. Görünüşe göre, yaşanabilir başka dünyalar aramak da galaktik ölçekte bir menkul kıymetler borsasında spekülasyon yapmaya benziyordu.

Laughlin, denklemini aynı zamanda Alpha Centauri sisteminde bulunan ve Güneş benzeri iki yıldızdan birinin yaşanabilir bölgesinde bulunan, tamamen varsayımsal Dünya benzeri bir gezegen için de kullanmıştı. Bunun sonucunda 6,5 milyar dolarlık bir değer buldu ve bu değer, tesadüfen, astronomların bu tür bir dünya üzerinde yaşama belirtileri arayabilecek bir uzay teleskobunun inşa edilmesi için gerekli olduğunu tahmin ettikleri miktarla aşağı yukarı aynıydı. Eğer insanlar gerçekten oraya seyahat etseydi, diye belirtmişti Lauglin bir defasında, yıldız, Yeni Dünyanın yeni gökyüzündeki yeni bir Güneş halini alana dek sürekli daha da parlaklaşırdı. "Yani oraya gitmekle aslında değeri artırma yetisine de sahip oluyorsunuz. Bu da heyecan verici bir şey,

çünkü nihai olarak belki de daha ileri gitmek ve bu gezegenler konusunda başarıya ulaşmak için bir kazanç güdüsü aşılıyor. Bu, Dünya'da birkaç milyar dolar değerinde olan bir şeyin, eğer oraya giderseniz bir katrilyon dolarlık bir getirisi olduğu anlamına geliyor."

Tomales Koyundaki bir araya gelişimizden aylar önce, BoingBoing.net isimli web sitesinde yayınlayacağım bir makale için Laughlin'le denklemi hakkında bir röportaj yapmıştım. Makalenin içeriği, ötegezegenlerin değerinden çok Laughlin'in bizim dünyamıza dair ilham verici değer biçmesine odaklanan ana akım medyada yer buldu. Orada burada, "Bilim adamının yeni gezegen değerlendirme formülüne göre, Dünya'nın ederi 3 trilyon Avro" (*Daily Mail*, 28 Şubat 2011) ve "Dünya'yı satın almak mı istiyorsunuz? Bu size 5 katrilyon dolara patlayacak" (*Toronto Sun*, 1 Mart 2011) gibi başlıklara sahip yazılar peyda oluyordu. Laughlin'in gelen kutusunda kızgın e-postalar birikmeye başlıyor, televizyon ve radyo kanalları, gezegenimizin üzerine kibirle bir fiyat etiketi yapıştıran bu çılgın bilim adamıyla röportaj yapmak için arayıp duruyordu. Laughlin afallamıştı; hem gönderilerinde hem de benimle yaptığı görüşmelerde, denkleminin örneğin bir insan yaşamını veya yeni bir fikri değerlendirmediğinin ve değerlendiremeyeceğinin altını çizmişti. Kısa süre içinde hikâye, doymak bilmez 7/24 haber döngüsü tarafından seri üretimle durmadan çoğaltıldı, ama şaşkınlık verici başlıklar geride bir etki bırakmıştı. Laughlin'in Miller Enstitüsündeki konuşmasından önce dinleyicilerden birinin Laughlin için şakayla karışık "Dünya'yı Satan Adam"* dediğini duydum.

Sunumundan sonraki gün, bizi Santa Cruz'a geri götüren Laughlin'in arabasının ön yolcu koltuğuna yerleşmiştim. Arka koltuktaysa Dünya'nın biyosferinden sağlanan maddi malların ve hizmetlerin ekonomik faydaları anlamına gelen

* "Dünya'yı Satan Adam": İng. "The Man Who Sold the World." David Bowie'nin aynı isimli albümünde bulunan ve Nirvana'nın da "Unplugged in New York" isimli canlı performans albümünde yorumladığı bir şarkısı. Dinleyici muhtemelen bu şarkıya gönderme yapıyor –çn.

"doğal sermaye" konulu bir konuşma yapmış olan, Dünya Vahşi Yaşam Fonu ekologlarından Taylor Ricketts oturuyordu. Ricketts; örneğin el değmemiş bir ormanın yalnızca para bakımından değeriyle değil, bu ormanın meraya veya otoparka dönüştürülmesi halinde o değerde gerçekleşecek değişimlerle de ilgilenen bir alan olan ekonomi bağlamında ekoloji üzerine çalışma yapan ve büyümekte olan bir grubun üyesiydi.

Golden Gate Köprüsü'nü geçip 101 numaralı otobandan San Francisco şehir merkezine doğru ilerlerken laf arasında bahsettiğine göre Ricketts'in Vermont Üniversitesi Gund Ekolojik Ekonomi Enstitüsü yöneticisi olmasına yalnızca birkaç ay kalmıştı. Gund'ın önceki yöneticisi olan Robert Costanza isimli ekoloğun, 1997 yılında *Nature* için yazdığı bir makalede gezegenin değerini tespit etmeye çalıştığı için "biraz başı ağrımıştı."

Dikiz aynasından Rickett'e bakan Laughlin'in gür kaşları havaya fırlayıverdi. "Costanza'nın ulaştığı rakam neydi?"

"Dünyanın tüm ekosistemleri için, yıllık 33 trilyon dolar."

"Bu yüzden neden başı ağrır ki insanın?" diye iç geçirdi Laughlin.

"Sonuçta ulaştığı sayıyı esasen desteksiz bırakacak bazı temel ekonomik hatalar yaptı," dedi Ricketts. "Ama daha temel olarak, kendisini eleştirenler, '33 trilyon dolar, sonsuzluğu ciddi ciddi küçümsemektir,' diyordu. Gezegenin değeri sonsuzdur, çünkü eğer tüm ekosistemler giderse yaşam sona erer. Hem de hepimiz için. O yüzden gezegene rakamsal bir değer atfetmenin geçerli bir sebebi gerçekten yok. Bazı insanlar bu tahmini yürüttüğü için ona ahmak dedi, bazıları da en azından denediği için cesur olarak niteledi. Bu olayın onun kariyerini ne kadar etkilediğini kestirmek güç, ama adamın ismi o makaleye yapışıp kaldı."

Dakikalar geçti. Uzun, yüksek bir tepenin sırtlarındaki bir kırmızı trafik lambası yüzünden tıkanmış akşamüstü trafiğinin keşmekeşinde ağır ağır ilerledik.

"Öyleyse Dünya'nın 'sonsuz' değerine ilginç bir karşı argüman da bir noktada tüm bunların gerçekten de yok ola-

cağıdır," dedi Laughlin. Gözleri, dik ve ağaçlıklı kaldırımda ağır ağır yürüyen yayaların, yolda motorları rölantide çalışan arabaların, sıra sıra dizilmiş kutu gibi evlere ve yüksek ofis binalarına girip çıkan insanların üzerinde gezindikten sonra tekrar dikiz aynasına sabitlendi. "Bunun sebebi de bizim yaptığımız şeyler değil, Güneş'in nihayet bir kızıl deve evrilip Dünya'yı yok edecek olması. Bana kalırsa bu durum, elimiz kolumuz bağlı oturup boyun eğmek zorunda olduğumuz bir şey değil. Dolayısıyla asıl soru, eylemlerimizin makul birer fayda sağlayabileceği zaman ölçekleri üzerine konuşmaya nereden başlayacağımızla ilgili."

"Doğru," dedi Ricketts. "Ama ekonomi, kıtlık zamanlarında nasıl karar verileceği üzerine kurulu bir alan, değil mi? Her şeyi yapamazsın; peki neyi yapıp neyi yapmayacağına nasıl karar vereceksin? Her şeyi satın alamazsın; o halde neyi alıp neyi almayacağına nasıl karar vereceksin? Bir şeylere değer biçilmesinin sebebi, yapılması muhtemel bir seçim üzerine bilgi sunmaktır; ekonominin temel var oluş sebebi budur. Dünya'ya bir değer biçmek..." Sesi bir an canlılığını yitirdi; söyleyeceği kelimeleri bulmaya çalıştı. "Ortadaki seçeneği veya seçimi, bu bilgiyle ne yapacağımızı anlayamıyorum. Güneş tarafından yok edilmemek gibi bir seçeneğimiz yok ve ekonomistlerin gezegene değer biçme meselesini saçma bulmalarının sebebi de muhtemelen bu."

Laughlin gülümseyerek bir bakış attı bana. "Ama aslında seçeneğimiz var. Dünya'yı yerinden oynatabiliriz."

Anlamlı bir sessizlik. "Dünya'yı yerinden oynatmak mı?"

"Elbette."

"Yani gezegeni yoldan çekmek gibi mi?"

"Özünde, evet. Gereğinden fazla vaktimiz var. Kuiper Kuşağından büyükçe birkaç kuyrukluyıldız veya asteroit alınır, Jüpiter'in yörünge enerjisi ve açısal ivmesinin bir kısmı yüz milyonlarca yıllık bir zaman ölçeğinde Dünya'ya aktarılır. Bu cisimlerden birinin Dünya'nın yanından geçtiği her seferde küçük bir itiş elde edilir ve tekrarlanan bu yakın temaslar sayesinde Dünya'nın yörüngesi yavaş yavaş genişletilir. Bunun için her biri birkaç bin yılda bir gerçekleşecek yaklaşık

bir milyon yakın geçiş gerekir, ama Dünya'nın yörüngesini dışarılara, şu anda Mars'ın bulunduğu yerin yakınlarına kadar genişletebilirsin. On yıl önce birkaç arkadaşımla üzerinde çalıştığımız bir fikirdi bu."

Ricketts, Laughlin'in bu tuhaf önerisini kafasında tartarken bir duraklama daha yaşandı. "Gayet güzel. Yani mesele bir fayda-zarar analizi: Dünya'yı yoldan çekmek bize ne kadara patlar ve buna karşın fayda tarafında tehlikede olan nedir?"

"Ay'ı istikrarsızlaştırıp kaybedebilirsin," dedi Laughlin. "Ayrıca her bir geçişi düzgün bir biçimde zamanlamak için fazlasıyla dikkatli olman gerekirdi ki nesne gezegene çarpıp bakterileri onun üzerindeki en büyük yaşam formu mertebesine yükseltmesin. Ama bu müdahale sana biyosferden milyarlarca yıl kazandırır ki bu da *çok büyük* bir ekonomik faydadır ve maliyeti görece fazlasıyla azdır, çünkü Dünya'yı hareket ettirecek enerjinin büyük bir kısmı esasında kuyrukluyıldız vasıtasıyla Jüpiter'den gelecektir. Yapman gereken şey yalnızca, kuyrukluyıldız çok uzakta, güneş sisteminin dışındaki yörüngesinin yavaş ve uzak bir noktasındayken onun gidişatını ustaca kontrol etmek olacaktır. Bu, kaba kuvvetten çok bir incelik meselesi, haliyle çok da kolay bir iş değil. Diyeceğim o ki pratikte bunu yapmak istesek bugün bile başlayabiliriz."

"Ben hâlâ değerin sonsuz olması noktasındayım," dedi Ricketts, şüpheci bir sesle. "Gezegendeki tüm yaşamdan bahsediyoruz. Yok oluştan kaçınmanın büyük paralar gerektirdiğiniz biliyoruz ve buna değip değmeyeceğini hesaplamamıza lüzum yok."

"Ama sonsuzluğun da seviyeleri vardır," diye araya girdim. "Bazıları diğerlerinden daha büyüktür. Bir malın değeri, azlığıyla doğru orantılı olarak artar, değil mi? Dünya'ya benzeyen gezegenlerin ne kadar yaygın olduğunu hâlâ bilmiyoruz. Yalnızca Dünya boyutunda olan kaya toplarından bahsetmiyorum, üzerinde su, hava ve canlılar barındıran gezegenlerden bahsediyorum. Belki de bu gezegenler oldukça yaygındır ve yaşam da ucuzdur. Peki ya galaktik sayımı ger-

çekleştirip ulaştığımız, bize en yakın 500 veya 1000 yıldızın etrafında..."

"Hiç Dünya yoksa," diye tamamladı Laughlin, başını sallayarak. "Bekleyip görmemiz gerekecek."

***

Gezegenimizin evrendeki yeri ve dünyamızın kozmik değeri üzerinde dönen tartışmalar, gökler ve Dünya arasındaki ilişki hakkında antik mitlere ve efsanelere izlerini bırakmış tarih öncesi yorumlara dayanıyor. Kıyaslayacak olursak, kozmik bağlama getirilen kaydedilmiş en eski bilimsel açıklamalar oldukça yeni sayılabilir, ama yine de bunların tarihi aşağı yukarı 2500 yıl geriye, Ege Denizi kıyılarına dağılmış olan İyonya şehirlerine kadar gidiyor.

Milattan önce altıncı yüzyılda, günümüzde Türkiye'nin güneybatısında bulunan Miletos şehrinde Thales isimli İyonyalı bir filozof yaşıyordu. Thales, Fenikeli asil bir ailenin çocuğuydu ve küçüklüğünde Mısır'da vakit geçirmiş, burada geometri öğrenip antik astronomi kayıtları üzerinde çalışmıştı. Antik dünyanın tamamında, MÖ 28 Mayıs 585'te Orta Anadolu'da gerçekleşen bir tam güneş tutulmasını öngörmesiyle ünlüydü, ama kendisinin en büyük mirası, bizim bugün "bilimsel yöntem" dediğimiz şeydir. Thales doğaüstünü reddediyor, bunun yerine dünyayı anlamanın doğru yolunun akılcı düşünce ve deneyleme olduğunu öğretiyordu. Thales, var olan her şeyin bir veya daha fazla ilkel maddeden oluştuğunu ve etkileşim halinde bulunan kuvvetler tarafından kontrol edildiğini düşünüyordu; bu düşünceye günümüzdeki herhangi bir parçacık fizikçisi de, özünde, katılacaktır.

Bu fikirleri kullanarak göklere dair mekanik açıklamalar oluşturan da Thales'in Miletoslu arkadaşı Anaksimandros'tu. Anaksimandros, evrenin sınırsız ve sonsuz olduğunu düşünüyordu. Bizim alemimizin ötesinde, görmeyi umabileceğimiz yerlerin de çok uzağında başka dünyaların sonsuz bir boşluğun hudutsuz derinliklerinde durmak bilmez bir döngü şeklinde birleşip parçalandığını söylüyordu. Ama aynı zamanda Dünya'nın, görülebilir evrenin merkezinde olduğunu

da iddia ediyordu. Anaksimandros'un Dünya'sı, merkezi bir noktaya sabitlenmiş ve coşkun Güneş'i, Ay'ı ve yıldızları barındıran eşmerkezli kabuklarla çevrelenmiş bir silindir veya diskti. Buna karşın Thales ve Anaksimandros'un İyonyalı genç çağdaşı olan Pisagor, Dünya'nın, uzayda süzülen bir küre olduğunu düşünüyordu. Anaksimandros'un modelini, gezegenler için ek eşmerkezli kabukları kapsayacak şekilde genişletti ve Güneş'in, Ay'ın ve gezegenlerin, Dünya'nın etrafında mükemmel, ahenkli daireler çizdiğini öne sürdü. Eğer Thales ve onun öğrencileri dünyanın ilk gerçek bilim insanlarıysa, Pisagor ve onun takipçileri de dünyanın ilk saf matematikçileriydi: Pisagor, ister ideal ister tam sayı olsun, gerçekliği teşkil eden şeyin sayılar olduğu ve gerçekliğin en iyi duyularla değil düşünce yoluyla incelenebileceği ilkesini benimsiyordu. Pisagorcuların gizemcilik ve metafizik tercihinin kaderinde, Platon ve Aristoteles'in felsefelerini iki yüz yıl sonra derinden etkilemek üzere Thales'in empirisizmini yenmek vardı.

Platon, dünyanın dört elementten –toprak, ateş, hava ve sudan– oluştuğunu ve gökleri oluşturan, eter isimli beşinci bir elementin var olduğunu öğretiyordu. Aristoteles, bu fikirlerin bir kısmını daha büyük bir kozmolojiye dahil ederek, ateş ve havadan daha ağır olan toprak ve suyun düşüp merkezi bir noktaya yerleştiğini, bunun da Dünya haline geldiğini ifade ediyordu. Göklerde bizimkine benzer başka hiçbir yer var olamazdı, çünkü gökler tamamen farklı bir maddeden meydana gelmişti ve kusursuz ve değişmezdi. Platoncu ve Aristotelesçi düşüncelerde, Dünya ayrıcalıklı, yozlaşmış, tekil ve ciddi biçimde yalnızdı; bu, yaklaşık iki bin yıl boyunca Batı'daki bilimsel araştırmaların çoğuna egemen olup onları zaptedecek bir düşünceydi.

Tüm bunlar bambaşka kapılara çıkabilirdi. Platon'un zamanında, Thales'in maddeci felsefesinin en kuvvetli savunucusu Demokritos adlı bir İyonyalıydı. Demokritos'a göre, evren, gizemli sayılardan ve geometrik oluşumlardan değil, sonsuz boşlukta ebediyen dolanıp duran son derece küçük parçacıklardan oluşuyordu. Demokritos, bu parçacıklara

Yunancada "bölünemez" anlamına gelen *atom* ismini verdi. Atomlar ve boşluğun var olan her şey olduğunu, dolayısıyla da canlılar ve onların düşünceleriyle duyusal algıları da dahil her şeyin kaynağı olduğunu öne sürüyordu. Uzay ve zaman bakımından sonsuz olan bir evrende, atomların sonsuz dansının ebedi bir büyüme ve çürüme süreci içindeki sayısız başka dünya ve yaşamlara kaçınılmaz olarak yol açacağını söylüyordu. Tüm dünyalar bizimki gibi olmayacaktı; bazıları yaşam için fazla elverişsiz, başkaları da belki de Dünya'dan daha bereketli olacaktı. Demokritos, böylesine çok keyfin bulunduğu kucaklayıcı bir dünyada var olacak kadar talihli olduğumuz için evrensel bir mutluluk duymamız gerektiğine inanıyordu. Kendisinin insanlığın trajikomik var oluşuna karşı sürekli olarak gösterdiği neşe, çağdaşları tarafından ona "neşeli filozof" denmesine yol açtı.

Ege'nin üzerindeki karanlık gökyüzüne bakan Demokritos, geri kalan her şey gibi yıldızların da özel bir semavi maddeden değil, atomlardan oluştuğunu düşünüyordu. Onlar yalnızca, bizimkinden daha uzakta, bir toplam olarak Samanyolu'nun soluk parıltısını oluşturacak kadar uzakta bulunan birer güneşti. Demokritos'un ölümünden yaklaşık bir asır sonra, yıldızların uzak birer güneş olduğu fikri, gezegen sistemimizin merkezinde Dünya'nın değil Güneş'in bulunduğunu öne süren Yunan astronom Aristarkhos'un çalışmalarında yeniden ortaya çıktı. Ay tutulması sırasında Dünya'nın Ay'ın üzerine düşen gölgesinin boyutları üzerinde çalışmalar yapan Aristarkhos, Güneş'in bizim dünyamızdan çok daha büyük olduğu kanaatine vardı ve küçük olan bir cismin büyük olanın yörüngesinde dönmesi gerektiğini düşündü. Aristarkhos daha sonra, öne sürdüğü teorinin, *paralaks* [ıraklık açısı] denen bir ölçüme göre, "sabit" yıldızların çoğu kişinin daha önceden inandığından çok daha uzakta olduğuna işaret ettiğini fark etti. Paralaks, birbirinden ayrı iki nokta tarafından belirlenen bir referans hattından görülen bir nesnenin gözle görülür hareketidir. Gözlerinizi birer referans hattı olarak ele alırsak, bir parmağınızı yüzünüzün önünde tutup ona önce sol sonra da sağ gözünüzle bakarak

siz de bir paralaksı kolayca gözlemleyebilirsiniz. Paralaks bize, bir nesnenin ne kadar uzakta durduğunu söyler; parmağınız yüzünüze ne kadar yakınsa, parmağın paralaksı da o kadar büyüktür. Referans çizginizin uzunluğunu artırmak da bir nesnenin paralaksını büyütür; bir odadaki tek bir duvarın birbirine karşıt kenarlarından bakılan bir lambanın konumundaki gözle görülür kaymayı düşünün. Geceleri gökyüzünde Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesinin birbirine karşıt taraflarına baktığında yıldızlararasında hiçbir paralaks kayması tespit edemediği gerçeği, Aristarkhos'a bu yıldızların hakikaten de oldukça uzakta bulunduğunu söylüyordu; aslına bakılırsa, bu terim o zamanlarda henüz türetilmemiş olsa da bu uzaklık ışık yıllarıyla ölçülüyordu.

Aristarkhos, Dünya'nın gökteki merkezi konumunu alçalttığı için kafirlikle suçlandı; söylenene göre Platon, Demokritos'un fikirlerini öylesine hor görüyordu ki neşeli filozofun tüm çalışmalarının yakılmasını dilemişti. Nihai olarak, Plato'nun baskılayıp sindiremediğini tek başına zaman örtbas edecekti ve Demokritos'un atomlarıyla Aristarkhos'un yıldızları binlerce yıl boyunca büyük oranda unutulacaktı. Aristarkhos'un yalnızca tek bir çalışması günümüze kadar kalmıştır. Demokritos'un yazılarından hiçbiri bize miras kalmamıştır; onu, Antik Yunan filozofu Epikür gibi kendisinden etkilenenlerin yazılarından tanıyoruz. Epikür'ün çalışmalarının da çoğu kaybolmuştur. Onun felsefesine dair bildiklerimizin büyük bir kısmı, Romalı bilgin Lucretius tarafından MÖ 50 civarında Latince altı ayaklı dizeyle* yazılmış *De Rerum Natura (Şeylerin Doğası Üzerine)* adlı, bir kitap uzunluğundaki tek bir şiirden geliyor. Bu şiirde Lucretius, atom fikrini, sonsuz evreni ve başka canlı dünyaların kaçınılmazlığını da dahil ederek Epikürcü düşünceyi övüyor ve özetliyordu. Lucretius, "yaratılmış tek dünyanın ve gök-

* Altı ayaklı dize: İng. "Hexameter." Buradaki "ayak" sözcüğü (İng. "foot"), Batı şiir geleneğinde, bir mısranın temel vezin birimi anlamına gelmektedir. Doğu edebiyat geleneğindeki "ölçü"ye denk sayılabilir. Sözcük İngilizceye, Yunancada "ölçü" anlamına gelen "metron" sözcüğünün Latincedeki karşılığı olan ve aynı zamanda "ayak" anlamına da gelen "pes" sözcüğünün çevrilmesiyle geçmiştir –çn.

yüzünün bu olması ve bunun ötesinde çokça maddi cismin atıl duruyor olması" akla mantığa sığmıyor, diye yazıyordu. Toplamda sonsuz olan uzayda sayısızca bulunan atomlar zaman zaman bir araya gelerek "harika şeylerin başlangıcı olabiliyor: dünyanın, denizin, gökyüzünün ve canlı ırklarının... Tıpkı farklı insan ırkları ve vahşi hayvan soyları gibi başka bölgelerde de başka dünyaların var olduğu kabul edilmelidir... Her şey bir bütün olarak ele alındığında, benzersiz doğan ve benzersiz ve yalnız büyüyen, tekil olan hiçbir şey yoktur; o şey bir sınıfa mensuptur ve onun gibi daha pek çokları vardır."

Kurt yenikli tek bir kopyası 1417 yılında bir İtalyan kitap koleksiyoncusu tarafından bir Alman manastırının tozlu derinliklerinde bulunmamış olsaydı, Lucretius'un bu şiiri de muhtemelen kayıplara karışacaktı. Bu keşfin ardından şiir modern dillere çevrildi, Gutenberg matbaasında basılıp tüm Avrupa'ya dağıtıldı ve yeniden keşfedilmiş diğer tüm antik çalışmalarla birlikte Avrupa Rönesansının bilimsel dirilişine katkı koydu. Ancak Dünya'nın, bir gezegenler sonsuzluğu içerisinde mütevazı bir yere sahip olduğu fikrinin tazelenmesinden önce yine de bir asırdan daha uzun bir sürenin geçmesi gerekecekti. Devrim, Leh papaz Mikolaj Kopernik'in, güneş sisteminin güneş merkezli bir modelini gözler önüne seren *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (*Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine*) isimli eserinin 1543 yılında yayımlanmasıyla başladı. Kopernik bu çalışmaya yaşamının son otuz yılını vermişti ve kitabın basılı ilk kopyasını ölüm döşeğindeyken aldı. Kendisinden yaklaşık iki bin yıl önce yaşamış olan Aristarkhos gibi, Kopernik de eğer gezegenler Dünya'nın değil de Güneş'in etrafında dönerse gökyüzündeki gezegenlerin gözle görülür hareketlerinin daha zarif bir biçimde açıklanabileceğini göstermişti.

1610 yılında, İtalyan astronom Galileo Galilei, henüz icat edilmiş olan teleskobu gökyüzüne çevirerek Kopernikçi modeli doğruladı. Yıldızımızın üzerindeki güneş lekelerinin görünüp kaybolduğunu fark etti ve bundan, Güneş'in de tıpkı Dünya gibi döndüğü sonucunu çıkardı. Jüpiter'in kendisinden daha

küçük birkaç uydu tarafından çevrelendiğini bularak, gerçekten de daha küçük cisimlerin kendilerinden daha büyük olanların yörüngesinde döndüğünü ve her şeyin Dünya'nın yörüngesinde dönmediğini doğruladı. Bir yıllık bir süre boyunca Venüs'e baktığındaysa tıpkı küçülüp büyüyen Ay gibi bu gezegenin de birtakım evrelerden geçtiğini gördü; bu da Venüs'ün, aydınlık kaynağı olan Güneş'in hem önünden hem de arkasından geçtiğine kanıt teşkil ediyordu. Dünya merkezli modeller, Güneş'e daha yakın olan ama yine de Dünya'nın çevresinde dönen Venüs'ün, Güneş ışınları tarafından sürekli olarak arkadan aydınlatılmasını ve Dünya'dan bakıldığında yalnızca bir hilal evresinde görülmesini öngördüğünden, bu, güneş merkezciliğin en önemli kanıtıydı. Ancak Kopernikçi model hâlâ kusurluydu: gezegenlerin gökyüzündeki hareketini tamı tamına tekrarlamakta başarısız oluyordu. Kopernik, modelini yaratırken, dolaylı olarak, Platon, Aristoteles ve diğerleri tarafından genişletilen ve gezegenlerin kusursuz daireler çizdiğini öne süren Pisagorcu düşünceyi temel almıştı.

Gelileo'nun teleskobunu kullanmaya başladığı zamanlarda, Alman bir astronom olan Johannes Kepler, modern astronominin asıl başlangıcını imleyecek, ironik bir biçimde, daha doğru burç haritaları için bir tablo yaratmaya çalıştığı sırada karşısına çıkan bir keşfi duyurdu. Kepler, Mars'ın yörüngesiyle cebelleşiyor, gezegenin hareketlerinin tarihsel kayıtlarını Kopernik'in güneş merkezli modeline kaynaştırmaya çalışıyordu. Büyük zahmetlerle dairesel ve hatta spiral yörüngeleri ele almıştı, ama ulaştığı sonuçlar gözlemlerle örtüşmüyordu. En sonunda, ümitsiz son bir çabayla, Mars'ın sıkıştırılmış ve uzatılmış bir oval, bir elips şeklinde hareket ettiğini düşünmeye karar verdi; bu öylesine basit bir fikirdi ki, Kepler, önceki nesil astronomların bu fikri halihazırda araştırmış olduğunu varsayıyordu. Yaptığı hesaplamaların gözlemleri güzelce yansıtıyor olması, ona büyük bir sürpriz olmuştu. Bunun ardından, bilinen diğer gezegenlerin yörüngelerinin de eliptik olduğunu doğruladı ve sonra da bu eliptik yörünge keşfini kullanarak, gezegen hareketlerine dair oluşturduğu üç yasayı sistemleştirdi.

İlk yasa basitçe, her bir gezegenin, odağında Güneş'in bulunduğu bir elips içinde hareket ettiğini belirtiyordu. İkinci yasa, gezegenlerin yörüngelerinin eşit alanları eşit sürede taradığını söylüyordu. Bunun anlamı; bir gezegenin yörüngesi o gezegeni bir yıldıza en yakın mesafeye getirdiğinde, o gezegenin, aynı alanı aynı sürede tarayabilmek için yörüngesinin zıt tarafında olduğundan daha hızlı hareket etmesi gerektiğidir. Üçüncü yasa da bir gezegenin yörünge devrinin karesinin, o gezegenin Güneş'le arasındaki ortalama yörüngesel boşlukla doğru orantılı olduğunu ifade ederek gezegenin bir yılının uzunluğunun, o gezegenin yıldızına uzaklığıyla arasında net bir ilişki kurar. Bu, Güneş'e en yakın gezegen olan Merkür Dünya'nın gökyüzünden hızlıca geçerken, çok daha uzakta olan Jüpiter ve Satürn'ün işi neden ağırdan aldığını açıklamaktadır. Bu üçüncü yasa, Kepler'e, gezegenlerin orantısal uzaklıklarını tahmin etme olanağı sağlamıştı: Dünya ve Güneş arasındaki gerçek mesafe bilinmese de, örneğin Mars'ın Güneş'e Dünya'dan bir buçuk kat, Jüpiter'in de beş kattan fazla uzaklıkta olduğunu belirlemişti.

Kepler'in bulgularının önemine gerçekten paha biçilemez. 1600'lerin sonlarına doğru, Isaac Newton, evrensel kütleçekim yasalarını oluşturmak için Kepler'in yasalarına başvuracaktı. Günümüzde, görev planlayıcıların gezegenler arası uzay araçlarına rotalar çizmesini ve gezegen avcılarının, bir ötegezegenin yalnızca yörüngesel devrine dayalı olarak o gezegenin bağlı olduğu yıldızın yaşanabilir bölgesinde bulunup bulunmadığını belirlemesini sağlayan şey, Kepler'in yasalarına dair sahip olunan bilgilerdir. Kepler bir bakıma gökyüzüyle Dünya'yı birleştirmiş, bunların aynı fiziksel yasaların belirlediği tek bir çerçeve içerisinde var olduğunu şüpheye yer bırakmayacak biçimde göstermiştir. Aynı zamanda Kopernikçi düşüncenin en kritik noktası haline gelen şu fikre de kuramsal bir destek vermiştir: her şeyin eşit olduğu bir evrende, Dünya'nın ve genel anlamda da güneş sisteminin tekil, sıradışı veya herhangi bir şekilde ayrıcalıklı olduğu varsayılmamalı, aksine yaygın, alelade ve ortalama olduğu düşünülmelidir; en azından deliller aksini

kanıtlayana dek. Bu "Kopernikçi İlke" veya "sıradanlık ilkesi," o günden beri, her zaman doğru yönde olmasa da fizik, kozmoloji, astronomi ve gezegen bilimine alttan alta rehberlik etmiştir. Ay'ın yamalı, kraterli yüzeyini teleskobuyla izleyen Galileo, bu cismin bizim dünyamız gibi bir denizler ve karalar dünyası olduğunu iddia etti. Hatta Kepler, Ay'da yaşayanlar olduğunu öne sürdü ve orada yaşayan daha zeki canlılardan bazılarının gök cismindeki yuvarlak kraterleri kazarak kendi şehirlerini oralara kurduğunu bile düşündü. İster ormanlık ve ilkel Venüs hayalleriyle, ister gelişmiş ve ölmekte olan bir uygarlığın kurumuş Mars'ta su kanalları inşa ettiğine dair seraplarla olsun, yüzyıllar boyunca bilgili ve saygın bilim insanlarının birçok ve hatta her dünyanın yaşanabilir ve meskun olduğunu sözlü olarak ileri sürmesi fazlasıyla yaygın bir olaydır.

1627'de, Venüs'ün gelecekteki hareketlerini hesaplamak için yeni yasalarını kullanmakta olan Kepler, bu gezegenin zaman zaman Dünya'dan bakıldığında Güneş'in önünden geçeceğine kanaat getirdi. Venüs'ün bir sonraki geçişinin 6 Aralık 1631'de birkaç saat içerisinde gerçekleşeceğini ve 1639'daki bir kılpayı geçişin dışında 1761'deki bir zamana kadar Venüs'ün yüzünü Güneş'e dönmeyeceğini hesapladı. Kepler 1631'deki geçişe tanıklık edeceğini umuyordu, ama 1630'da öldü. Görünüşe göre 1631'deki geçiş de kimse tarafından görülemeden gerçekleşti. 1639'da, Kepler'in hesaplamış olduğu kılpayı geçişten yaklaşık bir ay sonra, genç İngiliz astronom Jeremiah Horrocks, Kepler'in hesaplarında bir hata keşfetti: Venüs'ün geçişleri aslında 8'er yıl arayla çiftler halinde gerçekleşiyordu; çiftler arasındaki süreyse 121'le 105 yıl arasında değişiyordu. Horrocks, 1639'un Aralık ayının 4'ünde, akşamüstü saatlerinde, Venüs'ün geçişinin İngiltere'nin kuzeyindeki evinden görülebileceğini hesapladı. William Crabtree isimli bir arkadaşıyla birlikte gözlemlerini planlamaya giriştiler. Kararlaştırılan günde, iki adam da daha önce hiçbir insanın görmediği bir olaya şahitlik ediyordu: Venüs'ün, gözle görülür Güneş'in otuzda biri çapındaki silueti alev alev yanan yıldızın önünde süzülüyordu. Dün-

yada 1639 geçişine tanıklık eden iki kişi yalnızca onlardı. Horrocks'un, Kepler'in hesaplamalarına yaptığı düzeltmeler gelecek yıllardaki geçişlerin zamanlarını da ayarlamıştı. Bir çift 1761 ve 1769'da, sonra 1874'le 1882'de ve sonra da çok uzaklardaki 2004 ve 2012 yıllarında gerçekleşecek, görünüşe göre de bu sonsuz döngü böyle devam edecekti.

İngiliz astronom Edmond Halley, 1716 yılında *Proceedings of the Royal Society*'deki bir yazısında, Venüs'ün geçişinin evrenin geri kalanının da ölçülebileceğine dair nasıl kesin bir referans noktası sunabileceğini ortaya koyuyordu. Dünya'daki farklı noktalardan görüntülendiğinde, diye yazıyordu Halley, Venüs'ün Güneş üzerindeki rotası hafifçe kayabilir ve geçişin süresini de kaydırabilir. Birbirinden oldukça uzak konumda bulunan iki nokta arasındaki kaymanın ayırt edilebilmesi için geçişin süresi tam olarak ölçülerek Dünya ve Güneş arasındaki uzaklığın nirengi yapılması mümkündü. Sonrasındaysa basit matematik Güneş'in gerçek boyutunu ve her bir gezegenin yörüngesel uzaklığını verecek, güneş sisteminin fiziksel genişliğini ortaya çıkaracaktı. 1761 yılındaki bir sonraki geçişe kadar geçen yıllarda, Avrupa'daki birçok devlet yüzlerce ekip oluşturarak bunları Halley'in öne sürdüğü ölçüler üzerinde çalışmaları için dünyanın uzak köşelerine gönderdi. Bu, uluslararası ve devlet destekli bilimin ilk meyvesiydi ve muazzam bir başarısızlık örneğiydi. Astronomlar, hassas ekipmanları, geçişin görülebilir olacağı yabani bölgelere gemilerle, kızaklarla ve atlarla taşımışlar ve vardıkları yerlerde bu ekipmanların tamir edilemeyecek ölçüde parçalanıp yamulduğunu görmüşlerdi. Savaşlar, hastalıklar ve kötü hava koşulları, birçok girişimi geçişin gerçekleşmesinden çok önce mahvetmişti. Çok uzak alanlara yayılmış seferlerden damla damla gelen ölçümler de fazla kusurluydu ve kullanılamayacak kadar çelişkiliydi.

Ancak Venüs'ün 1761'deki geçişini incelemek isteyen astronomlardan hiçbiri, Fransız Guillaume Le Gentil kadar şanssız değildi. Le Gentil, Hindistan'daki bir Fransız kolonisine gitmek için geçişten bir yıl önce Paris'teki evinden ayrıldı. Yola çıktıktan sonra Fransa ve İngiltere arasında

bir savaş patladı ve gemisi bir fırtına tarafından rotanın çok uzağına savruldu. Nihayet geçişten birkaç gün önce Hindistan sularında vardığındaysa Fransız kolonisini ele geçirmiş olan İngiliz askerleri tarafından kıyıya çıkması engellendi. Le Gentil, 1761 geçişini, yükselen denizin kesin ölçümleri imkânsız kıldığı açık sularda yapmak zorunda kaldı. Bir sonraki geçişi beklemek için azimle Asya'da kaldı. Le Gentil, sabır ve zahmetle geçen sekiz yılın ardından, 1769'da, olayı kaydetmek için Hindistan'da küçük bir gözlemevi inşa etmişti. Belirlenmiş tarih olan 4 Haziran 1769'un arifesinde her şey hazırdı ve hava da uygundu. İnce bir sis tabakası gecenin üzerine uğursuzca çökmüş, sonra da sabah güneşiyle dağılmıştı. Venüs'ün Güneş'in önünden geçişine başlamasına saniyeler kala, kalın bir bulut tabakası sahneye çıktı. Bulutlar, ancak akşamüstünde, geçişin bitmesinden kısa bir süre sonra kayboldu. Le Gentil kısa bir süre ortalıkta bir sinir küpü halinde dolaştı, ama bir süre sonra sonra aklını tekrar başına topladı ve eve dönüş yolculuğuna başladı. Fransa'ya doğru seyahati, önce dizanteri sonra da gemisini batmanın kıyısına getiren bir fırtına yüzünden rotasından saptı. On bir buçuk yıl sonra, 1771'de Paris'e eli boş dönen Le Gentil, önceki yaşamının yerinde yeller estiğini gördü: yasal olarak ölü ilan edilmiş ve mallarına el konmuştu.

1769'da Le Gentil'den daha talihli olanlar da vardı. Kaptan James Cook, Güney Pasifik'teki yolculuğu sırasında gördüğü adaları haritalandırıp Kraliyet adına onlar üzerinde hak iddia etmeye devam etmeden önce, Kraliyet Donanması ve Kraliyet Derneği için Venüs'ün geçişini Tahiti'deki bir tepeden başarılı bir biçimde çizelgeye dökmüştü. David Rittenhouse isimli bir astronom, Amerikan Felsefe Topluluğu adına, geçişi Philadelphia'daki çiftliğinden belgeleyerek koloniciliğin yeni yeni filizlenen bilim camiasını ilk kez dünya sahnesine taşımıştı. Bir astronom olarak halihazırda biraz hassas bir mizaca sahip olan Rittenhouse, geçişin ilk saniyelerinde heyecandan kendini kaybedip bayılmış, resmi kayıtlarında muammalı bir boşluk bırakmıştı. Bunlarla dünya-

nın etrafına dağılmış seferlerden gelen ölçümleri birleştiren astronomlar, Dünya'yla Güneş arasındaki mesafeyi, yani Astronomik Birimi (AB) 150 milyon kilometre olarak belirledi. Astronomların eline nihayet güneş sisteminin ve onunla birlikte evrenin boyutunu ölçmek için net bir temel geçmişti. Kopernik Devrimi ilerleyebilirdi.

Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesinde döndükçe yıldıza doğru yaklaşık 300 milyon km'lik bir referans çizgisine sahip olduğunu artık bilen astronomlar, Aristarkhos'un antik paralaks ölçümlerini gözden geçirdiler ve yıldızlara olan uzaklıkları ölçmeye başladılar. Tıpkı görüş alanınızdaki gökyüzünde daha yükseklerde daha ağır uçan bir yolcu uçağının önünden geçen, alçak uçuştaki bir kuş gibi, aylar ve yıllar boyunca yakınlardaki bir avuç yıldız da kendi yakınlıklarını daha uzaktaki "sabit" yıldızlara karşın hareket ederek ortaya çıkardı. On dokuzuncu yüzyılın ortalarında, astronomlar düzenli olarak yıldız paralaksları ölçüyor ve gökyüzündeki yıldızların çoğunun en azından onlarca ışık yılı uzakta olduğunu ortaya koyuyordu. Görünüşe göre bizim kendi güneş sistemimiz, ölçümdeki her bir yeni gelişmeyle büyüyen bir evrenin içerisinde sürekli olarak küçülen bir bölgeyi kaplayan daimi bir azalma döngüsüne yakalanmıştı.

Yirminci yüzyılın ilk birkaç on yılında, Amerikalı astronomlar, sonraki büyük Kopernik azalmalarını yasalaştırmak için yıldız paralaksının temellerini inşa ederek modern kozmoloji alanını kurdular. İlk önce, Samanyolu'nun uzamsal dağılımları, güneş sistemimizin, birçoklarının inandığı gibi galaksinin merkezinde değil, kenar kısımlarında bulunduğunu ortaya çıkardı. Sonrasındaysa Amerikalı astronom Edwin Hubble, galaksimizin birçok galaksiden yalnızca biri olduğunu buldu ve gökyüzündeki diğer neredeyse tüm galaksilerin inanılmaz hızlarla birbirbirlerinden uzaklaştığını keşfetti. Evren tam anlamıyla genişliyor, kısa süre sonra Albert Einstein'ın görelilik kuramlarında açıklanacak olan bir süreç izliyordu. Bizim var oluşumuzun, merkezinin yanından bile geçmediği kozmosun, o zamanlarda ölçülebilecek en büyük ölçeklerle bir kez daha neredeyse hiç kimsenin

varsaymaya cesaret edemediği kadar büyük ve ilginç olduğu ortaya çıkıyordu.

Bu sırada, ölçeğin çok daha aşağı kısımlarında, yıldızların ve onların gezegenlerinin diyarında, Kopernik Devrimi hız kesmişti. Yakınlardaki yıldızları haritalandıran astronomlar, aşamalı olarak, bizim Güneşimizin hiç de sıradan bir yıldız olmadığını keşfetmişti; ona komşu olan yıldızların birçoğu daha küçük ve daha soluk kırmızı ve turuncu cücelerdi. Ötegezegenlere dair somut herhangi bir delil elde edilmemiş olduğundan, belki güneş sistemi de sıradışıydı. Birçok astronom, Güneş'in, bütün galakside çok az sayıda bulunan gezegen sistemlerinden birine ev sahipliği yaptığını düşünmeye başladıysa da, yirminci yüzyılın ortalarında, birikmiş dolaylı kanıtlar, gezegenlerin muhtemelen diğer yıldızlarda da yaygın olarak bulunduğuna işaret ediyordu.

Yine de Uzay Çağında Venüs'ün, Mars'ın ve güneş sisteminin görünüşe göre yaşama sahip olmayan diğer gezegenlerinin keşfedilmesi, Dünya'ya, önceden sahip olduğu Platoncu pırıltıyı geri kazandırmıştı. Sonra ötegezegen patlaması geldi. Modern birçok gezegen avcısı için, güneş sisteminin ötesinde bir başka biyosfer bulmak, sıradanlık ilkesinin zirvesine yerleştirilecek bir kapak taşı bulma yarışı haline gelerek Kopernik Devriminin zirvesini oluşturuyordu. Sonunda gezegenimiz ve onun üzerindeki her şey nihai alçalmalarına ulaşmıştı: yaşamla dolup taşan kozmosta bir başka ortalama dünya işte.

Ancak yine de yaşamın kökenlerine ve Dünya benzeri gezegenlerin bilinmeyen miktarına dair çözülmemiş ve can sıkıcı gizemler bir kenara bırakılırsa, kozmolojinin hudutları, son zamanlarda, Kopernik İlkelerinin bizim sıradanlığımıza dair düşüncelerinde yeni zorluklar bulunduğunu gözler önüne serdi. Gözlemlenebilir evrenin büyük bir kısmı, içerisindeki rastgele bir noktada size en fazla milyonda birlik bir ihtimalle kendinize bir galaksi bulma şansı veren, boş bir uzay gibi görünüyordu. Evrenin ağır ağır genişlediği de hesaba katılırsa, bu ihtimaller zaman geçtikçe yalnızca daha da kötüleşebilir. Galaksileri ve galaktik kümelenmeleri bir

arada tutan şeyler, gizemli haleler, iplikçikler ve görünüşe göre kütleçekim hariç evrendeki tüm kuvvetlere bağışıklığı bulunan "kara madde"dir. Bir galaksinin iç kısmı genellikle, santimetre küp başına ortalama bir protonla dolu bir boşluktur. Eğer bir galaksideki yıldızların birer kum taneciği olduğu düşünülürse, bunların aralarındaki uzaklık birkaç km kadar olacaktır. Bir galaksi içerisindeki yıldızlararası maddenin yalnızca en küçük parçası herhangi bir anda yoğunlaşarak bir hidrojen atomu kadar karmaşık ve gelişkin bir şeye dönüşebilir. Görünüşe göre, sıradan maddenin –bir molekülün, bir tutam gazın, bir kayanın, bir yıldızın, bir gezegen veya bir insanın– yalnızca *herhangi* bir parçası haline gelmek etkileyici ve istatistiksel olarak ihtimal dışı bir başarıdır.

Böylesine engin bir boşlukta maddenin açık bir biçimde ayrıcalıklı olan yeri, evrenin, devam etmekte olan ve görünüşe göre gittikçe daha da büyüyen bir yalnızlığa doğru ilerleyen evrimi tarafından artırılıyor. Gözlemlenebilir evrenin sınırlarında patlayan süpernovalar üzerine yapılan araştırmalar, galaksiler arasındaki uzayın yalnızca genişlemediğini, aynı zamanda bu genişlemenin kozmolojicilerin yalnızca "kara enerji" olarak bildiği bir kuvvet tarafından hızlandırıldığını da ortaya çıkardı. Eğer kozmos bu hızlanan genişlemesini bir şekilde durdurmazsa, çok uzak bir geleceğin evreni şu andakinden çok daha yalnız ve boş olacak: Samanyolu'yla bir kütleçekim etkileşiminde bulunan ve "Yerel Grup" olarak bilinen bir avuç galaksinin dışında, şu anda gökyüzünde gördüğümüz diğer tüm galaksiler o uzak tarihlerde görülebilir evrenimizin ufuklarının ötesine geçmiş olacaklar. Ayrıca Yerel Gruptaki galaksiler de yıldızları teker teker sönümlendikçe bugünden birkaç yüz trilyon yıl sonra nihayet karanlığa gömülecekler. Sonrasındaysa desilyonlar ve desilyonlar sonraki gelecekte –atom yapısının temel taşları olan– protonlar, ölmekte olan radyasyon patlamaları içerisinde parçalanacaklar (bir "desilyon," 1 sayısından sonra 33 adet sıfır konduğunda elde edilir ve gerçekten de uzun, çok uzun bir süredir). Bu süreç gerçekleşirken, sönümlenmiş

yıldızların ve donmuş gezegenlerin son kalıntıları da çözünerek bilinmezliğe karışacak. Evren akıl almaz biçimde karanlık, dağınık ve soğuk olacak ve evrenin bizim Yerel Grubumuza ev sahipliği yapan minicik kısmında geriye kalan son birkaç makroölçek yapı da süper kütleli kara deliklere dönüşerek kuantum mekaniği etkileriyle yavaşça buharlaşacak. En sonunda son kara delik de küçülerek kuantum köpüğü içerisinde kaybolduğunda, sonsuzca genişleyen bir boşlukta ebediyen yayılan solgun bir fotonlar, elektronlar ve nötrinolar esintisinden başka bir şey kalmayacak.

Böylesine kasvetli ve kederli bir gelecekte hiçbir umut görememek belki de bir hayal gücü eksikliğidir. Bunun yanında, evrenimizin evrimi belki de Kopernikçi sıradanlığa karşı bir alamet, bolca galaksinin, parıldayan yıldızın ve canlı gezegenin bulunduğu, bütün her şeyin şafağından sonraki yalnızca bir kozmik ânı gözler önüne seren bu parlak çağın aslında daha ziyade özel olduğunu gösteren bir işarettir.

Tıpkı evrenin geleceğinin Kopernikçi beklentilere meydan okuması gibi, bunu geçmişi de yapar. Evrenin geçmiş tarihi için en önde gelen bilimsel açıklama olan Büyük Patlamanın ardındaki temel fikir, kozmosun, yaklaşık 13,8 milyar yıl önce bir şekilde patlayarak genişlemeye başlayan, beklenmedik bir şekilde yoğunlaşmış tek bir noktadan geliştiğidir. Pek Kopernikçi bir yaklaşım değil. Daha da sorunlu olan nokta, Büyük Patlamanın kendisinin, karşısında evrenin yapısını bulması. Atomların, gezegenlerin, yıldızların, galaksilerin ve galaktik kümelenmelerin tanecikli farklarının ötesinde, kozmos, astronomların ölçebileceği en büyük ölçeklerde doğal olmayan bir biçimde pürüzsüz görünüyor. Bu büyük ölçekli pürüzsüzlük, Kopernikçi öngörülerle uyuşmakla birlikte erken dönem evrenin birbirinden ayrı bölgeleri arasındaki genişleme oranlarında gerçekleşen en küçük değişikliğin, bunların günümüzdeki yapılarında –topaklar, buruşmalar vb– hatrı sayılır sapmalarla sonuçlanmış olması gerektiğinden, rahatsız edicidir. Şu anda gözlemlenebilir evrenin birbirine karşıt taraflarında bulunan uzay bölgeleri, birbirlerinden nedensel olarak bağlantısız kalacak kadar uzakta

olmalarına rağmen yapısal olarak aynı, neredeyse kusursuz bir pürüzsüzlükte görünüyorlar. Birbirinden oldukça uzağa düşmüş bu evren parçalarını dengeleyebilecek herhangi bir bilgi, enerji veya sıcaklık bir yana, bu iki taraf arasında ışığın kendisi bile henüz seyahat etmiş değil.

Bu açmaz için en önde gelen kozmolojik açıklama, Büyük Patlamanın üzerine inşa edilen, "şişme" adı verilen ve evrenin doğuşunun üzerinden bir saniye bile geçmemişken, her şeyin belki de bir proton boyutunda sıcak, yoğun bir bölgeye sıkışmış olduğu anda, gergin ve gizemli bir itici karşı-kütleçekim patlamasının, uzayı belki de büyükçe bir greyfurt boyutuna gelene dek "şişirdiğini" öne süren bir fikirdir. Bu, kulağa küçük gibi gelebilir, ama birkaç on trilyon çarpı trilyon boyutunda bir sıçramayı temsil etmektedir. Tıpkı şişen bir balonun kauçuk yüzeyindeki kırışıkların kaybolması gibi, bazı büyük düzensizlikler de bu hızlandırılmış genişleme tarafından silinmiş olabilir. Şişme modellerine göre, geriye kalan küçük kusurlar hayli büyütülmüş kuantum dalgalanmalarından gelmiş ve galaksilerin ve galaktik kümelenmelerin yoğunlaşarak oluştuğu erken dönem evrende hafif yoğunluk kesecikleri oluşturmuştu.

Şişmenin barındırdığı sorun, bir kere başladıktan sonra kolayca durdurulamamasıydı. Bazı araştırmacılar, karanlık enerjinin aslında milyarlarca yıllık bir uykunun ardından bir şekilde geri dönen ilkel şişmenin tuhaf bir yankısı veya gölgesi olabileceğini bile öne sürdüler. İlkel şişme yerel bir uzay bölgesinde (örneğin gözlemlenebilir evrenimizin tamamı) çabucak dağılıp durabilirse de genişleme oranını çok fazla artırdığından, görülebilir evrenimizin ufuklarının ötesindeki çok daha büyük bir uzay balonuna temas etmelidir. İşin aslı, gözlemlenebilir evrenimizin ufuklarının çok daha ötesine değin genişleyebilen bir evren, ilkel şişmenin standart bir sonucudur. Bu katlanarak büyüyen ve belki de sonsuz hacmin derinliklerinde, son derece olasılık dışı olsalar bile daha fazla şişmeli Büyük Patlama tekrar tekrar gerçekleşebilir. Her seferinde, sonu olmadan yayılan yeni bir genişleme ortaya çıkacaktır. Görünüşe göre, bir kere başla-

yan şişme, her biri birbiriyle bağlantılı ama nedensel olarak ayrık paralel balon evrenlerden oluşan sonsuz, fraktal bir birlik üreterek sonsuza dek sürecektir. Tıpkı hızla akan bir nehirdeki baloncuklar gibi, aralarındaki boşluklarda bulunan şişme onları sınırlarının genişlemesinden daha hızlı bir biçimde birbirlerinden ayıracağından, bu balonların çoğu birbiriyle asla kesişip tanışma şansı bulamayacaktır. Farklı balonlar içerisinde, şişmeye bağlı genişlemenin yarattığı hararetli kaostan doğan fizik yasaları, bizim kendi yerel evren bölgemizde hüküm sürenlerden hayli farklı olabilir.

Küçük bir kısımdaki fizik yasaları bizimkiyle aynı veya ondan çok küçük farklarla ayrılıyor olabilir ve bu bölgelerin galaksiler, yıldızlar, gezegenler ve canlı yaratıklar üretmesi ihtimali daha yüksek olacaktır. Geri kalan bölgelerdeyse doğa yasaları, bildiğimiz haliyle yaşamı imkânsız kılacak kadar yabancı olabilir. Dolayısıyla şişmeye dayalı bir "çoklu evren" kuramı, modern kozmolojide sıklıkla, evrenin, yaşamın doğuşuna ve devamına olanak sağlamak üzere ayarlanmış ve aksi halde gizemli kalacak temel özelliklerini açıklamada kullanılır. Yaşamın ortaya çıkışını engelleyen fizik kurallarına sahip ölü doğmuş bazı evrenlerde yıldızlar olmazdı. Diğerlerindeyse hiç atom bulunmazdı. Bazıları öylesine hızlı bir şekilde genişler veya küçülürdü ki varlıkları bir an içinde karman çorman bir halde silinirdi; başkaları, arkalarında vakum ve kaynayan radyasyon sahaları bırakarak bir enerji alevlenmesiyle birbirlerini yok edecek olan madde ve karşı maddeden tam olarak eşit miktarda bulundururdu. Aklımızın alabileceği evrenlerin çoğunluğunda, gözlemcilerin varlığı akıl almaz gibi görünüyor. Bu evrenlerde, çevrelerine bakıp tüm bunların nasıl başladığını merak edecek canlılar olmazdı. Bu açıdan bakıldığında, etrafımızda gördüğümüz evren elbette ki yaşama elverişlidir; aksi halde biz de burada olmazdık zaten.

Şu ana kadar hiç kimse, bu fikirlerin çoğunun sınanabilmesi için kusursuz bir yol geliştirmedi; bizim için tanım gereği sonsuza dek erişilmez olan diğer evrenleri tam olarak nasıl tespit edebilirsiniz? Ama eğer şişmeye bağlı çoklu

evren gerçekse, Kopernikçi fikirler için çok karışık sonuçlara gebe demektir. Öte yandan bu, gözlemlenebilir evrenimizin tamamının, 13,8 milyar yıl önceki Büyük Patlamadan sonra şişerek genişleyen çok daha büyük bir kozmosun yalnızca en küçük parçası olduğu anlamına da gelebilir. Çok daha büyük olan bu kozmosun kendisi de başka evrenlerden oluşan sonsuz bir toplamın yalnızca tek bir üyesi olacaktır. Sonsuz da... yani sonsuz olduğuna göre, çoklu evren de sınırsız sayıdaki başka dünyalarda yaşayan sonsuz miktardaki canlıya ev sahipliği yapıyor demektir. Diğer taraftan, yaşamı destekleme yetisi olmayan balon evrenlerin sonsuzluğunun, bunu yapabilen evrenlerinkinden çok daha büyük olduğu ortaya çıkabilir. Sıradanlık ilkesine karşı şişmeye bağlı birçoklu evren, bizim yerel evrenimizin, çok daha büyük bir şişme bölgesine gömülü sıradışı bir balonun küçük bir parçası, yaşama ev sahipliği edebilecek özel bir evrenler alt kümesinin bir üyesi olduğuna işaret etmektedir. Gözlemleyebildiğimiz fizik yasalarının bu alt küme içerisinde "ortalama" olup olmadığınıysa hiç kimse söyleyemez. Bir gezegen, bir yıldız veya bir galaksi, yalnızca onu doğuran kozmos kadar özel ve değerli olabilir.

Sonsuz şişmeye kafa patlatan modern kozmoloji, aslında ilk olarak Yunan atomcular tarafından yaklaşık 2500 yıl önce formülleştirilen bazı ilkelere geri döndü; Demokritos bunun bu kadar uzun sürmesine muhakkak bir kahkaha patlatırdı. Uzak gelecekte, bizim evrenimiz dağılarak karanlık ve soğuk bir ihtiyarlığa sürüklenirken, yaşama tutunan son canlılar uzaklarda, çok uzaklarda, kozmik ufukların ötesinde, aralıksız yaratım sürecinin devam ettiğine; yeni yaşamlar, yeni dünyalar ve yeni evrenler doğurduğuna inanarak bir miktar avuntu bulabilir. Yaşam, sonsuza dek sürer.

Bölüm 5

ALTINA HÜCUMUN ARDINDAN

Laughlin zaman zaman ofisinde derin düşüncelere daldığında, 1990'larda UC Berkeley'de bir doktora sonrası öğrencisiyken satın aldığı bir oyuncağı almak için masasına uzanırdı. Oyuncak, bir darağacına benziyordu. Darağacından bir ilmek yerine ince çelik bir sarkaç sarkıyor, gömülü küçük bir mıknatıs tarafından çelik bir karenin üzerinde gevşekçe sallanıyordu. Karenin üzerine çeşitli kuvvetlerde ve şekillerde mıknatısları stratejik biçimde yerleştirilip sarkaca hafif bir fiske vurulduğunda sarkaç, havada gerçekleştirilen hareket yüzünden oluşan sürtünme ivmesi kaybının üstesinden gelecek kuvvete sahip manyetik alanlar arasında seğirterek uzunca bir süre öne arkaya sallanıyordu. Sarkacın hareketleri, asla belirli herhangi bir yolu tekrar etmeden kaotik bir rastgele yürüyüşü takip ediyordu. Laughlin'in bu oyuncağı sevmesinin sebebi, yalnızca her bir mıknatısın konumunun başlangıçtaki basit durumu ve başlatıcı bir dürtmenin kuvvet ve yörüngesi sayesinde oyuncağın bu karmaşık davranışının gözler önüne serilebilmesiydi. Bu durum ona, kara deliklerin, yıldızların ve gezegenlerin kaotik kütleçekim etkileşimlerinden doğan tipik çıktıları öngörmek uğruna verdiği mücadeleleri ve anlamsız gürültülerin arkaplanındaki zayıf sinyalleri ele geçirme çabalarını hatırlatıyordu.

2006'nın Haziran ayının sonlarına doğru bir gece, işten eve geç saatlerde dönen Laughlin mutfak masasına oturdu ve eve iş getirdiğini fark etti: bir fikir, beyninde köpürüyordu. O günün önceki saatlerinde, Alpha Centauri'nin Güneş benzeri iki yıldızı Alpha Centauri A ve B'den oluşan ikili sistemine narince bağlanmış bir kızıl cüce olan Proxima

Centauri'nin belirsiz yörüngesi üzerine kafa patlatmıştı. Laughlin, bu yıldızın yalnızca galaktik gecede öylece geçiveren yalnız bir yıldız mı yoksa Alpha Centauri sisteminin yabancılaşmış bir aile üyesi mi olduğunu bilmiyordu. Önemli olan, bu üç yıldızın, güneş sistemimize bilinen en yakın üçlüyü oluşturuyor olmasıydı. Yıldızların gökyüzündeki hareketleri üzerine düşünürken, bunlara eşlik eden herhangi bir gezegenin var olup olmadığı sorusu aklını kurcalamaya başladı. Bu kurcalama o gece dayanılmaz bir kaşıntı halini aldı. Laughlin bu kaşıntıyı, müsvedde kâğıt üzerine karalanmış notlarla ve dizüstü bilgisayarına girilmiş hesaplamalarla giderdi.

Onlarca yıldır, iki yıldız arasındaki kütleçekim etkileşiminin ya gezegen oluşumunu engelleyeceği ya da gezegen bir kez oluştuysa onu çabucak sistemden kaçış yörüngelerine yerleştireceği düşünüldüğünden, ikili yıldız sistemlerinin gezegen araştırmacıları tarafından zayıf hedefler olduğu yönünde bir fikir birliği vardı. Ama ötegezegen patlamasından beri, artan sayılarda ikili yıldız gezegenleri keşfediliyordu; fikir birliği hatalıydı. Dünya'ya oldukça yakında bulunan konumları nedeniyle Alpha Centauri A ve B, RV gezegen araştırması için bolca foton vaat ediyordu. Güneş'ten birazcık küçük ve oldukça karanlık, turuncu bir yıldız olan Alpha Centauri B, özellikle sessiz ve istikrarlıydı; potansiyel olarak yaşanabilir gezegenlerin taranması için mükemmel bir adaydı. Her bir yıldızın birkaç AB'si içerisinde gaz devi herhangi bir gezegenin var olması ihtimali önceki araştırmalarda halihazırda elenmişti, ama daha küçük dünyaların var olma ihtimali hâlâ mevcuttu. Laughlin bunların erişilebilir bir noktada olabileceğini düşünüyordu.

Laughlin meseleye kaç farklı açıdan yaklaşırsa yaklaşsın, daha derin incelemeler onun eleştiri oklarının her birini savuşturuyor, Centauri merkezli RV araştırma fikri çizik bile almadan yerinde duruyordu. Bu fikri kafasında ne kadar evirip çevirirse, durum o kadar ideal ve rastlantısal görünüyordu. Her ne kadar birçok yıldız insanların zaman ölçeğine göre gökyüzünde hareketsiz gibi görünse de, Güneş'in Samanyolu'nun merkezinin çevresindeki 250 milyon yıllık

yörüngesi, güneş sistemimizin birkaç yüz bin yılda bir tamamen yeni komşulara sahip olmasını sağlıyordu. "Eğer galaksideki rastgele bir noktaya külçe gibi oturmuş olsaydık, kendimizi bizimki gibi küçük kayalık gezegenlerin tespiti için böylesine uygun yıldızların yanında bulma şansımız yalnızca yüzde bir olurdu," dedi Laughlin bana, 2008'in sonlarındaki bir mülakat sırasında. "Talih kuşu bize, Dünya'nın tarihinin en azından yüzde 99,9'unda meydana gelmemiş ilginç bir durum getirmişti. Alpha Centauri'nin, tam da insanların ortaya çıkıp bu ölçümleri yapabilecek yetiyi geliştirdikleri sırada yanıbaşımızda bitivermesi olağanüstü bir şey. Bu rastlantı beni büyülüyor."

2006'daki o yaz gecesinde mutfak masasında oturan Laughlin, kendi kendine, bu araştırmanın eli boş dönmeye değeceğini söylüyordu. Alpha Centauri yıldızlarının çevresinde herhangi bir yıldız bulmak bile tarihi bir keşif olurdu. Yakınlıkları dolayısıyla bu gezegenler izleyen çalışmaların birincil hedefleri olacaktı ve niteliklerine bakılmaksızın ileri araştırmaların fonlanması için muhtemelen milyonlarca dolar toplanacaktı.

Laughlin, düşüncelerinin bir an için uzaklara, puslu olasılık denizlerine kaymasına izin verdi. Dünya'ya komşu en yakın gezegenlerin çevresinde potansiyel olarak yaşanabilir gezegenler bulmak, evrendeki yerimiz hakkında daha fazla şey öğrenme mücadelesinde büyük yatırımları ve ilerlemeleri tetikleyebilecek, gerçekten de devrim niteliğinde bir gelişme olurdu. Yıldızların yaşanabilir bölgelerindeki yörüngelerde bulunan yaşama elverişli herhangi bir gezegeni gerçekten *görmeden*, bunların Venüs, Mars, Dünya gibi yerler veya beklentilerin tamamen dışında başka bir şey çıkıp çıkmayacağını hiç kimse bilemezdi. Görünüşe göre, hemen galaktik kapı eşiğimizde duran diğer canlı dünyaları doğrulama olasılığıyla kıyaslandığında, bu tür gezegenler üzerinde çalışmak için doğrudan görüntülü uzay teleskopları inşa etmenin maliyeti de azalırdı. Eğer güzel bir rastlantı eseri, yakındaki bu dünyalar yeni teleskoplarla incelendiklerinde özellikle davetkâr görünürse, tıpkı bizim kendi güneş

sistemimizdeki gezegenlerin astronominin daha erken, daha romantik çağlarında yaptığı gibi yeni bir bilim insanları, kaşifler ve hayalperestler neslini cezbedebilirdi. Alpha Centauri bu yıldızlararası en kısa körfezin öte yanına bir çağrı gönderir, bu çağrıya cevap vermek için çabalayacak biri de mutlaka çıkardı. İlk temsilci, şüphesiz, ışık hızının yüzde onuyla ilerleyen, belki de bir Coca Cola kutusu boyutlarında bir robot olacaktı. Eğer gönderilmesinden yarım asır sonra bu alet tüm olasılıklara rağmen bir başka ılıman gezegenin yüksek çözünürlüklü görüntülerini Dünya'ya gönderir de bu gezegenin üzerinde okyanuslar, bulutlar, adalar ve...

Laughlin gözlerini kırptı ve aniden yıldızların ötesine kayıveren aklının dizginlerini tekrar ellerine aldı. Bilinenden ötesine fazla değer kestiriminde bulunmak tehlikeliydi. Dizüstü bilgisayarını kapattı, mutfak masasından kalktı ve yatağa gitti.

Laughlin, aylar süren mutfak masası hayalleri sırasında, bir lisans öğrencisi olan Javiera Guedes'le Alpha Centauri'deki gezegen takımının sayısal simülasyonlarını gerçekleştirdi. İkili işe Ay boyutlarındaki gezegen "embriyolarıyla" başladı ve embriyoların her bir yıldızın çevresindeki istikrarlı ve yaşanabilir yörüngelerde bulunan küçük kayalık gezegenler halinde kütleçekim yoluyla bir araya toplanmasını izledi. Sonrasında Laughlin, bir araştırma önermek için Marcy ve Butler'ın eski ekip arkadaşı Debra Fischer'la temas kurdu. NSF'den aldığı fon ve Laughlin, Butler ve kendi öğrencileri de dahil birçok meslektaşından aldığı yardımla Fischer, 2009 yılında, Şili'deki Cerro Tololo Amerikalar Arası Gözlemevinde bulunan 1,5 metrelik küçük bir teleskobu kullanarak Alpha Centauri üzerinde yoğun bir araştırmaya başladı. Altmış kilometre kuzeydeki Cerro Paranal'daysa İsviçreliler 2003'ten beri Alpha Centauri B'yi izliyordu, ama Fischer'ın programının başlamasından kısa süre sonra onlar da gözlemlerinin temposunu ciddi biçimde artırdılar. Bu ekip, yıldızlara, Fischer ve meslektaşları kadar dikkatle yoğunlaşamıyorlardı; çünkü HARPS, tek bir yıldız sisteminin tekeline sokulamayacak kadar değerli bir kaynaktı. Yeni

Zelanda'daki Mount John Üniversitesi Gözlemevinde bulunan 1 metrelik bir teleskobu kullanarak yüksek tempolu bir araştırma yapmak için bir fon elde eden üçüncü bir grup da 2011 yılında resmi olarak aramaya katıldı.

Kısmen ikili yörüngelerin tam olarak kaldırılmasındaki zorluklar yüzünden RV verilerinin analizinin beklenenden daha zor olduğu görüldü; Alpha Centauri A ve B, Güneş'le Uranüs arasındaki mesafeden biraz daha geniş bir ortalama ayrılışla, kabaca 80 yıllık bir dönemde birbirlerinin yörüngesinde dönüyordu. Yörünge büyük oranda dışmerkezliydi (dairesel değildi), ama yörüngenin ince detayları, iki yıldızdan herhangi birinin yaşanabilir bölgesinde var olabilecek küçük gezegenlerin sinyallerini saniyede birden fazla santimetrelik RV'den ayıracak kadar kısıtlanmamıştı. Paris Gözlemevinden kuramcı Philippe Thébault ve onunla çalışanlar tarafından gerçekleştirilen bir başka sayısal simulasyonlar dizisine göre, bu dışmerkezli yörünge daha başka sorunlar da arz ediyordu. Defalarca ve defalarca yapılan çalışmalarda, yörüngenin dışmerkezliliği tarafından yaratılan kütleçekim etkileri, yapının oluşumunu, Ay boyutundaki yapıtaşları bir araya gelemeden bozuyordu. Thébault'nun simulasyonları, her iki yıldızın yörüngesinde de kum taneciklerinden ve çakıl taşlarından daha büyük hiçbir şeyin dönemeyeceğine işaret ediyordu.

Laughlin, bu yeni simulasyonlarda hiçbir kusur veya hata bulamıyordu; biri hariç: Thébault, her biri de çevresinde, astronomların uzun zaman önce bizim güneş sistemimizdeki gezegenleri oluşturduğunu düşündüğüne yaklaşık boyutlarda birer ilkel gezegen dairesi barındıran yıldızların, birbirleriyle mevcut uzaklıklarında doğduklarını varsaymıştı. Laughlin, Alpha Centauri'nin yıldızlarının oldukça farklı başlangıç şartlarında, birbirlerinden daha uzak mesafelerde ve muhtemelen herhangi biri Thébault'nun bunu takip eden dışmerkezli bozulmalarını engelleyebilecek daha inatçı ve daha küçük gezegen benzeri dairelerle ortaya çıktığına inanıyordu. Kızıl cüce Proxima'nın varlığının, potansiyel bir adli delil olduğunu düşünüyordu Laughlin. "Eğer Alpha Cen-

tauri, bugün Orion Bulutsusunda gördüğümüz gibi oldukça yoğun bir yıldız kümesinde oluşmuşsa, o halde çok büyük bir ihtimalle Proxima da yörüngesinden oradan geçen bir yıldız tarafından sıyrılmıştır," diye açıkladı bana. "Elbette Proxima çok daha sonra ele geçirilmiş olabilir, ama onun varlığı, Alpha Centauri'nin, yıldızların birbirlerinden daha uzakta olduğu, daha açık, daha az kümeleşmiş bir ortamda oluştuğu anlamına geliyor... Eğer işe [Thébault'nun verdiği] başlangıç şartlarıyla başlayacaksanız, elinize gezegen filan geçmeyecektir. Bana kalırsa başlangıç şartları onun kullandığından çok daha farklıydı."

2012'nin Ekim ayında nihayet bir keşif yapıldı. Bir araya getirilmiş 450'den fazla HARPS ölçümünü kullanan İsviçreliler, Alpha Centauri B'nin çevresinde, görünüşe göre Dünya kütlesinde olan bir gezegen keşfetmişti. Yaşama elverişli olmayan üç günlük bir yörüngede bulunan bu gezegen, yıldızına o kadar yakındı ki 650 Celsius dereceyi aşan sıcaklıklarla yüzeyi yanıyordu, ancak gelecek güzel şeylerin, yaşama elverişli bir kozmosun, habercisi olarak evrensel bir övgüye mazhar olmuştu. Hiç de davetkâr olmayan koşullarda bile küçük, kayalık gezegenler yine de oluşmanın ve varlığını sürdürmenin yolunu bir şekilde buluyordu. Alpha Centauri Bb adı verilen bu yeni dünya o kadar hafifti ki yıldızı üzerinde saniyede yalnızca yaklaşık 50 santimetrelik, emekleyen bir bebeğin ortalama hızından biraz daha fazla, bir yalpalama yaratıyordu. HARPS bu zayıf sinyali tespit edebilirse, diyordu İsviçreliler, Alpha Centauri B'nin yaşanabilir bölgesindeki keşfedilmemiş herhangi bir kayalık gezegen de avucumuzun içinde sayılır. Orada daha fazla gezegenin bulunduğu da neredeyse kesindi; Kepler görevinden gelen istatistikler, güçlü bir biçimde, yakında bulunan küçük bir gezegenin tespit edildiği yerde henüz görülmemiş olsa da başka birkaç gezegenin daha ortaya çıkacağına işaret ediyordu. Astronomların mırıldanmalarına bakılırsa, çok büyük bir ihtimalle, Alpha Centauri'nin üç yıldızının da çevresinde gezegenler vardı ve bizi ek keşiflere götürecek olan yine o sakin, durgun B olacaktı. Mesele, yalnızca bir zaman meselesiydi.

Zamanında, Alpha Centauri'nin ilk gezegeni tespit edilmeden yıllar önce, Laughlin'e bir e-posta göndererek bu yıldız sisteminin çevresindeki ortam hakkında hiç hayal kurup kurmadığını sormuştum. Hiç, Alpha Centauri'nin yıldızlarından birinin etrafındaki yaşanabilir bölgeyi hayalinde canlandırmaya çalışmış mıydı? Gelen cevap yalnızca, Ray Bradbury'nin *Mars Günlükleri*'nden bir parçayı içeriyordu:

> Eski Marslıların isimleri suyun, havanın ve tepelerin isimleriydi. Güney'i su kanallarıyla boşaltıp boş denizleri dolduran karların isimleriydi. Mühürlenip gömülmüş büyücülerin ve kulelerin ve dikilitaşların isimleriydi. Roketler bu isimlere birer çekiç gibi çarptı, mermeri kırıp şiste dönüştürdü, eski kentlere isimlerini veren çanak çömlekten köşe taşlarını paramparça etti ve bu yıkıntı döküntü içerisinde büyük kuleler aldıkları yeni isimlerle altüst oldu: DEMİR KENT, ÇELİK KENT, ALÜMİNYUM ŞEHİR, ELEKTRİK KÖY, MISIR KENT, TAHIL KONAK, DETROIT II ve Dünya'dan gelen tüm o mekanik ve metal isimler.

Laughlin ayrıntıya girmeyi reddetti, ama bu alıntı, bizim bulduklarımızı kendi görüntümüzde, Dünya'daki başlanıç koşullarımızda yeniden şekillendirerek benzerliklerimiz vasıtasıyla yabancı bir dünyanın gizemlerini kaçınılmaz olarak filtreleyeceğimize işaret ediyordu.

Aylar sonra, Laughlin'in SETI hakkındaki görüşlerini merak ederek kendisine ulaştım. Bu projenin başarılı olma şansı var mıydı? Soğukkanlılıkla güldü, sonra da sesli düşünmeye başladı. "Hıh. Belki. Iı... Eh. Eninde sonunda, evet. Ama çoğu insanın düşündüğü şekilde değil. Eğer bir radyo sinyali alırsanız, harika, hemen işe koyulmaya başlayabilirsiniz. Güzel bir hayaldir bu. Galaksimizin bazı kısımları için de oldukça işlevseldir. Büyük bir uzay teleskobu, çok yakındaki bazı yıldızların yaşanabilir bölgesindeki gezegenlerde yaşama dair işaretler arayabilir, ama zekâ işaretlerini ayırt etmek zor olacaktır. Bence eğer günün birinde bir SETI keşfi gerçekleşirse, bu muhtemelen Samanyolu'nun dışında bir keşif olacaktır."

Dışarıda bir yerlerde, dedi Laughlin, belki mevcut gözlemlenebilir ufkumuzun ötesinde, belki de tamamen başka bir evrende, bizimkine çok benzeyen uygarlıklar barındıran galaksiler vardır, ama bu uygarlıkların başlangıç şartları bizimkinden daha şanslıdır. Belki onlar da bizim gibi gökyüzünde yakın ve çekici bir Ay'a sahip, Dünya'ya benzeyen bir gezegende ortaya çıkmıştır. Belki onların yıldızının Dünya'ya benzeyen yaşanabilir bir değil iki ve hatta üç gezegeni vardır ve onlara en yakın komşu yıldızın çevresinde de yaşanabilir dünyalar dönüyordur. Belki onların kökenleri, her bir güneşinin birden fazla yaşanabilir dünyayla kutsandığı ikili veya üçlü bir yıldız sistemine dayanıyordur. Eğer bizimkine benzer bir uygarlık yeterince şanslıysa, dedi ve burada bizim kendi güneş sistemimizde parlayıp sönmüş olan bir tür "yirminci yüzyıl ortaları tarzı Uzay Çağı büyümesi"yle birlikte bu talihlerinden faydalanabilmişlerse, bu uygarlığın bütün galaksiye yayılarak onu şekillendirip kavrayabilmesinin olasılığı akla yatkındır. Bu tür galaktik imparatorluklara dair deliller, mevcut uzay teleskoplarıyla alınan tipik bir uzun pozlamalı "derin alan" görüntüsünün barındırdığı isimsiz kim bilir kaç binlerce galakside gizlice dolaşıyor olabilir.

Bu delillerin neye benzeyeceğini merak ettim. Laughlin yine güldü ve bunun, kendisinin öngöremeyeceği bir şey olduğunu söyledi.

***

13 Temmuz 1963'te, San Diego'daki Cabrillo Otobanının biraz ötesinde, aynı yerde ABD yönetimi için Atlas roketlerini inşa eden General Dynamics Uzaycılık şirketinin tesisinin batı giriş rampasının altındaki gizli bir beton kasaya mühürlenmiş bir zaman kapsülü yerleştirildi. General Dynamics 1990'larda satın alındı ve Atlas üretim altyapısının büyük bir kısmı, daha kolay para getiren sanayi parkları ve ofis binalarına yer açmak için parçalandı. Gömüldükten sonra yüz yıl boyunca çıkarılmaması planlanmış olan kapsül yine de olduğu yerden alındı ve Balboa Park'taki San Diego Hava ve Uzay Müzesindeki bir depoya kondu. Eğer kapsülü bugün açacak

olsanız, *MS 2063* başlıklı ince, eski bir cilt kitap bulursunuz. Bu kitap, General Dynamics'in beşinci yıldönümü kutlamaları için sipariş edilmişti ve insanlığın o günden sonraki bir asır süresince uzayda gerçekleştireceği zaferler üzerine uzmanların –generallerin, siyasetçilerin, bilim insanlarının ve astronotların– umut dolu kehanetlerini içeriyordu. Şirketten birileri kitabın fazladan birkaç yüz kopyasını bastırmayı akıl edebilmişti ki, böylece kitabın içeriğini biz de bilebiliyoruz.

Merkür'e giden ve gezegenin yörüngesinde bulunan ilk Amerikalı olan astronot John Glenn, bir asır içerisinde atom enerji tesisleriyle "karşı-kütleçekim aygıtlar"ını bağlantılandırarak fizik yasalarını yeniden yazacağımızı ve yaşamda ve Dünya'daki ulaşım kadar gökyüzündeki ulaşımda da devrim yaratacağımızı öngörüyordu. Bir başka Merkür astronotu olan Scott Carpenter, karşı-kütleçekim "planlarının" Ay'da, Mars'ın uydusu olan Phobos'ta ve Mars'ta koloniler kurmak konusunda insanlara yardımcı olacağına dair umutlarını ifade ediyordu. Seçkin astronom Fred Whipple, dünya nüfusunun 100 milyarda sabitleneceğini ve Mars'a yapılacak gezegen ölçeğindeki bir mühendisliğin Kızıl Gezegen'in iklimini değiştirerek oraya yerleşecek 700.000 insanın kendi kendisine yetebilmesini sağlayacağını öne sürüyordu. NASA'nın İnsanlı Uzay Uçuşu Ofisinin yöneticisi olan Dyer Brainerd Holmes'sa 2063'te mürettebatlı araçların "ışık hızına yaklaşan süratlere" ulaşmış olacağını ve toplumun yakınlardaki yıldızlara insan gönderip göndermemeyi tartışıyor olacağını iddia ediyordu.

Bu kitaba yazı yazan yirmi dokuz kişinin çoğunluğu, demokratik bir dünya devletinin altında ahenkle birleşmiş ve kaynak kıtlığından azade, barışçıl bir dünya öngörüyordu. Her bir yazının kendisine özgü iyimser birer mizacı vardı. Hidrojen bombasının ardındaki dehalardan biri olan Edward Teller, balistik füzelerin nükleer savaş başlıklarını fırlatmakta kullanılmasının bırakılmasını ve onun yerine yolcuları dünyanın herhangi bir yerine bir saatten az bir sürede taşıyacak araçlara dönüştürülmesini umut ediyordu. Ancak

bunun, "rahat bir yolculuk türü" olacağından şüpheliydi. Başkan Yardımcısı Lyndon B. Johnson, uyduları, Dünya'nın hava durumunu kontrol etmekte kullanabileceğimizi söylüyordu. California'nın Cumhuriyetçi milletvekili James B. Utt, her ne kadar kendisi "buna keyifle bakmasa da," toplumun insan ışınlanma bilim ve teknolojisi üzerinde uzmanlaşacağını düşünüyordu. Californialı bir başka milletvekili, Demokrat George P. Miller, 2063 yılında, "evrende, Dünya dışındaki bir yerde yaşayan insanlar bulmuş olacağımız" şeklindeki ilginç fikrini sunuyordu.

Bunların arasındaki en tuhaf yazı, Nobel ödüllü kimyacı Harold Urey'nin verdiği uzun ve tamamen kötümser yanıttı. Diğer katkıların birkaçının uzunluğu da bir sayfadan fazla olmasına rağmen, Urey'nin yazısı tüm kitabın neredeyse üçte birini dolduruyordu. Kendisinin fikirleri, iki yıl önce katıldığı, Frank Drake'in düzenlediği Green Bank toplantısından esinlenilmiş gibiydi.

Urey, uzay bilimini ve keşifleri çok az tartışıyordu. Yazısının büyük bir kısmını daha çok yaşamı boyunca görmüş olduğu değişimlerin toplumsal çıkarımlarını özetlemeye ayırmıştı. Kendisinin çocukluğu, asrın başlangıcında, buhar motorlarının, demiryollarının, telgrafların ve telefonların teknolojinin zirvesini temsil ettiği zamanlarda geçmişti. Şu anda ise otomobillerle, uçaklarla, roketlerle, dijital bilgisayarlarla, renkli televizyonlarla ve atom bombalarıyla dolu bir dünyada yaşayan, ihtiyar bir adamdı. Teknolojik gelişmenin, çocuklarını, kendisinin çocukluğundaki kır yaşamı zevklerinden, örneğin "gökyüzünde yıldızların ışıdığı bulutsuz bir gecede, etrafı bembeyaz karlar kuşatmışken... bufalo kürkünden bir battaniyenin sıcaklığına ve rahatlığına gömüldüğü ve bir grup siyahinin çektiği bir kızağı" kullanmak gibi keyiflerden nasıl da mahrum bıraktığını söyleyip hayıflanıyordu.

Urey'nin yaşamındaki her bir on yılda, insan toplumu, teknolojik yeterlilik ve ekonomik kabiliyet açısından görece sabit bir büyüme faktörü yaşadı. Dünyayı değiştiren ve devam etmekte olan araştırma ve geliştirmeye yapılan ciddi

yatırımları destekleyen şey, sürekli –aslına bakılırsa sonsuz– büyüme beklentisiydi. Ama bu üssel bolluk, önceden değer görmeyen sınırları ortaya çıkardığı ölçüde muhteşem yeni cepheler açmıyor, diye yazıyordu. Geleceğe bakan Urey, her şeyin parçalanıp dağılabileceği, modern dünyanın çekirdeğinin artık dayanmayacağı bir yakın geleceği, büyümenin duracağı bir zamanı görüyordu. Uygarlığın dış cephesinde halihazırda var olan çatlakların dışında hiçbir doğrudan sebep de öne sürmüyordu. Devletler hem enflasyonu hem de gelirleri geride bırakan "muazzam ulusal borçlar" sayesinde şişip hantallaşma eğiliminde olduğundan, dünya devleti planlarının da zararlı olduğuna inanıyordu. "Siyasetçilerin tuhaf psikolojisinin," "uygulamalı bilimsel yöntemlerle savaş makinelerinin gelişmesi"yle birleşiminden yıkıcı zararlar çıkacaktı ve bunlar, büyük ve yaşlanmakta olan bir kitleye sağlık ve sosyal güvenlik sağlanmasıyla körüklenecekti. Urey, şirketler kaçınılmaz bir biçimde halkın çıkarı ve kamu yararına karşın kısa süreli kârların peşinden koşmaya başlayacağından, toplumu tamamen büyük ve özel kuruluşların insafına terk etmekten başka bir seçeneğin olmadığı gözleminde bulunuyordu. Büyümenin mevcut durumunun sürdürülebilmesinin tek yolu, devlet düzenlemeleri ve özel girişimler arasındaki zor ve belirsiz bir tür dengeden geçiyordu. O halde bile sonsuza dek sürdürülemezdi.

Urey, sıradan insanların çoğunun, büyükanneleriyle büyükbabalarının yaşamlarının öncesindeki bir geçmişi düşünmeye muktedir olarak ve torunlarının ötesindeki bir gelecek için planlar yapmaktan yoksun bir halde bugünde sıkışıp kaldıkları gerçeğinden yakınıyordu. Daha da kötüsü, günlük yaşamlarındaki rahatlığa ve kolaylığa doğrudan daha büyük bir katkı yapmayan herhangi bir bilimsel araştırmaya ve teknolojik gelişmeye gittikçe daha da düşmanlaşan bir toplum görüyordu. Gelişmiş uluslarda, geçmişte olduğundan çok daha fazla çaba, baskılayıcı küresel sorunları çözmekten uzaklaştırılıp tüketiciliğin döngüsel arzularını tatmin edecek teknolojik ıvır zıvırlar üretmeye yöneltiliyordu. Urey, ABD fosil yakıt tüketiminin 1900 ile 1955 arasın-

da sekiz kat arttığını, bunun büyük bir kısmının da elektrik üretiminden kaynaklandığını ifade ediyordu. Dahası, "elektriksel güç [kullanımı] 1900'de göz ardı edilebilir bir seviyedeyken 1963 yılında kişi başı beş yüz watta çıkmıştı." Enerji kullanımının ekonomik büyümeyi desteklemek için artması daha ne kadar sürebilirdi ki? Yanıtında bulunabilecek birkaç güncel öngörüden birinde, Urey, bu tür keyiflerin sürdürülemez olduğunun ipuçlarını nazikçe veriyordu: 2063'ten çok önce, "insan enerjisini harcamak için kullanışlı cihazlardan başka yollar" bulmak gibi muhtemelen nahoş bir gereklilikle karşı karşıya kalacağımız tahmininde bulunuyordu.

Basitleştirici birkaç varsayım düşünüldüğünde, ekonomik büyümeye koyulacak güçlü sınırların hesaplanması oldukça kolay hale geliyor. ABD örneğinde düşünüldüğünde, federal Enerji Bilgilendirme İdaresinden alınan veriler, on yedinci yüzyıldan bu yana ulusun toplam enerji kullanımının yıllık olarak yüzde yalnızca 3'ten daha az bir oranla arttığını gösteriyor. UC San Diego profesörlerinden Tom Murphy, bir düşünce deneyi olarak, geleceğe doğru devam eden bu büyümeyi tüm dünyayı kapsayacak şekilde genişletip yıllık 2,3'e düşürerek bunun olası sonuçlarını hesaplamış, sonuçta her yüzyılda enerji kullanımının on faktör artacağı ortaya çıkmıştı. 2012'nin enerji kullanımına yaklaşık bir değer olan 12 teravatla başlayarak, 2112'nin dünyası 120 teravat, 2212'nin dünyasıysa 1200 teravat harcayacaktı. 2287 yılındaysa dünya enerji tüketimi, teorik olarak yeryüzündeki tüm kara parçalarının üzerinin yüzde 20'lik bir verim oranıyla çalışan güneş pilli güneş enerjisi sistemlerinin kurulmasıyla erişilebilecek bir miktar olan 7000 teravatı bulacaktı. O noktadan sonra, güneş pillerinin verimini mucizevi bir oran olan yüzde 100'e çıkarmak ve karalar kadar tüm okyanusları da bunlarla kaplamak, yılda yüzde 2,3'lük enerji kullanımı artışının 125 yıl daha sürmesini sağlayarak, Dünya üzerine düşen toplam güneş ışığı miktarını geride bırakmadan önce, istikrarlı bir büyüme sergileyen uygarlığımızı MÖ 2412 yılına kadar götürecekti. Başka bir enerji kaynağı olan nükleer füzyonun, yılda 2,3'lük bir artışı o noktadan sonraki birkaç

asır boyunca sürdürmesi mümkündü; en azından üretilen muazzam miktarlardaki enerjiden kalan atık ısı, okyanusları buharlaştırıp Dünya'nın yüzeyini akkor bir cürufa dönüştürene dek. Gezegeninde tıkılı kalmış bir uygarlık için, suyun kaynama noktası ve taşla metalin erime noktaları, enerji kullanımının genişlemesinin üzerine aşılamaz sınırlar koyuyordu.

1960'ta *Science* dergisine yazan fizikçi Freeman Dyson, insanlığın en yeni, acımasız enerji tüketimini mantıklı bir aşırılığa taşıyor, eğer günün birinde uzayda yaşamak ve çalışmak üzerine uzmanlaşırsak, merkezi yıldızımızın çevresine bir güneş toplayıcıları bulutu inşa ederek aslında güneş ışığından faydalanabileceğimizi öne sürüyordu. Dyson, örneğin muazzam miktarlarda ihtiyaç duyacağımız ham maddeleri nasıl elde edeceğimiz gibi konuları küçük birer teknik detay olarak görüp bunların üzerinde durmuyor, Güneş'in tüm enerjisine ihtiyaç duyacağımız zaman geldiğinde, bir veya iki gezegeni parçalarına ayırıverme becerisinin de ötesine geçeceğimizi iddia ediyordu. Bunca ışık yılı uzaktan bakıldığında, Güneş'in optik salımı azalarak bitecek ve onun yerini yıldızı çevreleyen kabuktan yayılan atık ısının kızılaltı parıltısı alacaktı. Eğer olur da astronomlar tipik olarak soluk ve tamamen kızılaltı salıma kaymış bir uzak yıldız görürlerse, enerjiye aç bir başka galaktik uygarlığa dair bir kanıta bakıyor olacaklardır, diye yazıyordu Dyson. Tam verimlilikle çalışan bu tür bir "Dyson küresi," Güneş'in toplam ışınsal çıktısına eşit olan yaklaşık 400 milyar petavatlık bir enerji yakalayacaktı. Ancak Murphy, yılda yüzde 2,3'lük bir büyümeyle devam etmekte olan enerji kullanımına dayalı olarak, bunun bizim gittikçe büyüyen enerji ihtiyacımızı karşılamayı bir milenyumdan daha az bir zamanda bırakacağını hesapladı. Samanyolu'nda elbette ki birkaç milyar yıldız var. İnsanlığın Samanyolu'ndaki kusursuz Dyson küreleri içinde bulunan Güneş benzeri her bir yıldızı derhal kaplamayı bir şekilde başardığını varsaysak bile yıllık enerji kullanımındaki yüzde 2,3'lük acımasız artış, bizi yine de bir sonraki milenyumda galaktik kapasitemizin sınırlarına getirirdi.

"Böylelikle bugünden itibaren 2500 yıl boyunca büyük bir galaksi değerinde enerjiyi kullanıyor olurduk," diye yazmıştı Murphy. "İnsanlığın bundan 2500 yıl önce ne yaptığını kimi detaylarıyla biliyoruz. Sanırım bugünden 2500 yıl sonra ne *yapmıyor* olacağımızı güvenle söyleyebilirim." Eğer bizimkine benzer teknolojik uygarlıklar evrende yaygınsa, Dyson kürelerinin yıldız ışığı soğuran kaplamalarının altında, yıldızların ve bütün halinde galaksilerin gözlerimizin önünde sönüşüne tanıklık edeceğimiz gerçeği, şu an içinde bulunduğumuz katlanarak büyüme çağının yalnızca geçmişe değil geleceğe kıyasla da anormal olabileceğine işaret ediyor.

***

General Dynamics kapsülünün gömülmesinden çok zaman önce –kesin konuşmak gerekirse, Jura Çağının başlangıcında–, San Diego, tıpkı günümüzün California'sı haline gelecek şeyin büyük bir kısmı gibi, bir deniz yatağının dibindeki sıradan bir deniz kireçtaşıydı. 200 milyon yıldan daha az bir zaman önce, çarpışan tektonik levhalar engin batolitik magma plütonlarını –koyu kıvamlı, şehir boyutlarında eriyik granit balonlarını– ortaya çıkardı ve çekirdek kabuğundan dalga dalga kaynayarak o antik kıyısal okyanusun altındaki yeryüzü kabuğunu doldurdu. Plütonlar bakır, kurşun, gümüş ve altın bakımından oldukça zengindi. Su dolu kayaları alttan ısıtıyor, kireçtaşını pişirerek mermere dönüştürüyorlardı. Magma yukarıdan sızan suyla karıştığında, bazı metaller çökelerek çatlaklarda cevher damarları oluşturdu. Çarpışmaya devam etmekte olan tektonik levhalar, milyonlarca yıl süresince sıkıştı ve önceden deniz yatağı olan yeri yükselterek kuru bir kara parçası haline getirdi. Büyük kabuk blokları ters dönerek kırsal bölgeyi ters stratigrafik düzende yatacak şekilde dümdüz etti. California'daki bir dağın zirvesi, yeraltının derinliklerinden gelen etrafı orta bölgelerdeki cevher damarlı mermer ve kireçtaşından meydana gelen granitten oluşmuş olabilir. Bu durumda dağın eteklerinde, daha genç yüzey taşlarıyla altüst olmuş antik deniz tabanından gelen yumuşak kiltaşından oluşan karman çorman bir

karışım dağınık halde yatıyor olurdu. Dağlara dökülen yağmurlar dağın yan taraflarını aşındırdı, cevher damarlarını gün yüzüne çıkardı ve değerli metal parçalarını ve tanelerini nehirlere döktü.

24 Ocak 1848'de, kıyıdaki küçük San Francisco yerleşimine kütükleri yüzdürmek için American Nehrinin kıyısına bir kereste atölyesi inşa etmekte olan marangoz James Marshall, yağmurların döktüğü bu altın parçalarından birkaçını bularak büyük California'da Altına Hücumu ateşledi. Kısa süre içinde dünyanın her yanından yaklaşık 300.000 kişi kendi talihlerini arayarak bölgeye akın etti ve bu yerleşimin nüfusunu katlayarak artırıp ABD'nin bu eyaletinde plansız kentleşmeye sebep oldu. Kuzey Californa'da hızla gelişen şehirlerin sayısı arttıkça arttı. San Francisco canlı bir kent haline geldi. Kızılçam ormanları, taş ocaklarında yontulmuş kireçtaşını kirece çeviren fırınların beslenmesi için katledildi; bu kireçse mermer kaplı binalar için karılan çimentoya katılıyordu. 1863'e gelindiğinde, kıtalararası bir demiryolu inşa ediliyordu ve Batı Amerika'nın büyük açılışı adamakıllı başlamıştı. Tüm bunların sebebi, denizin altındaki magmanın Jura Döneminde yukarı doğru akmasıyla şans eseri ortaya çıkan altındı.

Altına Hücumun ardından, kıtalararası demiryolu da yeni yerleşimcilerin yarattığı akının asla dinmeyeceğini teminat altına almıştı. Ülke üzerinde gümbür gümbür ilerliyor, bir patlamadan diğerine geçiyorlardı ve her gün Pasifik'e dalan Güneş, Amerikan Rüyasının en gerçek ifadesinin üzerine batıyordu. Görünüşe göre neredeyse herkes California'nın apaçık alanlarından bir servet yaratabiliyordu. Çiftçiler, Merkez Vadinin [Central Valley] ılıman iklimine ve verimli toprağına akın etti. Petrolcüler, eyaletin güney katmanlarında saklı kalmış ham petrolü buldu. Film yapımcıları, arkalarında kalan doğudaki Thomas Edison'un tescil avukatları sürüsünden kaçarken, sığınak olarak Hollywood'u keşfetti. ABD ordusu, Pasifik sınırına üsler, hava alanları ve tersaneler inşa etti. Teknologlar, Silikon Vadisinde yeni yüksek teknoloji sanayileri ortaya çıkardı. Bunların tamamında, emlak vurguncuları

toprakları parselleyip, bölüp sattı ve zengin oldu. Para içeri akmaya devam ettikçe konut fiyatları ve altyapı gereklilikleri arttı, mülkiyet vergileri de bunlarla birlikte yükseldi; ta ki varlıklı ve yerleşik Californialılar 1970'lerde ayaklanana dek. Bu insanlar mülkiyet vergilerini yapay olarak düşük tutmak için oy verdi ve eyaleti, seçmen güdümlü "oy pusulası girişimi"nin defalarca ve defalarca gelir kaynaklarını harcamakla kalmayıp aynı zamanda bertaraf etmekle damgalandığı işlevsiz bir siyasi kültüre sürükledi. Milenyumun başlangıcından beri, eyalet neredeyse sürekli bir bütçe krizinin eşiğinde. 2007'de patlayan emlak balonu, 2008'deki Büyük Durgunluk'u tetikledi ve bu da California'nın kasasında yıkıcı bir düşüşe yol açtı. Fonlar; yoksullara ve engellilere yapılacak kamu yardımı, devlet okulları ve mahkemeler, kentsel acil servisler ve daha da fazlası için bölüştürüldü. 2009 yılında bir süre boyunca California eyalet yönetimi borçlarını yalnızca resmi ve basılı borç senetleriyle ödeyebilecek durumdaydı.

Ben UC Santa Cruz'da Laughlin'i ziyaret ederken, California'nın eski ve yeni yaraları hâlâ gözle görülür haldeydi. Üniversitenin on dokuzuncu yüzyıldan kalma terk edilmiş kireçtaşı ocaklarının ve sığır meralarının üzerine ve çevresine inşa edilmiş yerleşkesinin etrafı, önceden büyük bir orman olan şeyin seyrek kızılağaç gölgeleriyle sarılıydı. Laughlin'in ofisine de ev sahipliği yapan Disiplinlerarası Bilimler Binasının gün ışığıyla aydınlanan giriş koridorunda, iki yanında içlerinde sıvı helyum bulunması gereken iki boş termosun durduğu ilan panosunun, öğrencilerin okuldaki bütçe kesintisini protesto ettikleri bildirilerle dolu olduğunu gördüm.

Laughlin'in elinde artık, California Üniversitesinin sistematik kemer sıkma politikalarını protesto etme gibi bir seçenek bulunmuyordu. Artık kadrolu bir profesördü ve kısa süre önce de astronomi bölümünün başkanı olarak seçilmişti. Ofisi küçüktü ve mütevazı bir dekorasyona sahipti. Bir duvarın büyük bir kısmını, denklem düğümleriyle ve el çizimi grafiklerle dolu beyaz bir tahta kaplıyordu. Mars'ın bir dos-

ya dolabı üzerinde duran topografik bir küresini Laughlin'in yakınlardaki bir nehirden topladığı pirit desenlerine sahip parıldayan granit parçaları çevrelemişti. Kürenin kızıl renkli tepeleri ve dağlarına karşın havzaları ve ovaları, muhtemelen milyarlarca yıl önce barındırdıkları denizler gibi maviye boyanmıştı. "İki gün birbirinin aynısı değil; her gün birbirinin tamamen aynısı," dedi Laughlin, ofisini göstererek. "Çok az değişiklik var; geliyorum, masama oturuyorum ve çalışıyorum. Ama araştırma girişiminin devam etmesini sağlamak için bir krizden diğerine koşuşturduğumuz her bir gün eşsiz. Bölüm için daha fazla fon sağlamaya çalışıyorum. Fon sağlanması gereken dört lisans öğrencimiz var. Kendi çalışmamın fonlanmasını da sağlıyorum. Fonlar şu anda Mars'taki eski denizler gibi; kenarlarından kuruyorlar."

Laughlin, bu bölümün daha genç üyelerinden bazılarının, sahip oldukları analitik ve sayısal becerileri Silikon Vadisi veya Wall Street'teki daha kârlı patronlara sunacaklarını düşünüyordu. Bu sırada da teleskop kiralama fiyatlarının yüksekliğinden bunalmış olan bazı öğrencileri ve meslektaşları, ucuz dizüstü bilgisayarları kullanarak halka açık Kepler verilerinden oluşan bedava dizileri analiz ediyor, Kepler ekibinin ilk analizlerinin kaçırmış olabileceği değerli keşifler aramakla yetiniyordu.

Laughlin'in kendisiyse Amerikalıların ve İsviçrelilerin yaptığı RV çalışmalarının şöyle bir bakış attığı ve Kepler'in tamamen gün yüzüne çıkardığı bir gizemle cebelleşiyordu: sıcak, düz, dairesel, 100 günden az yörüngelerde bulunan, Neptün kütlesinde bol miktarda gezegen; yani iç gezegen sistemlerinin gözle görülür ön tanımlı mimarisi. Geleneksel kuram, gezegenler genç yıldızların çevresindeki düz, dairesel ve sürekli dönen bir maddeler diskinden meydana geldiği için neredeyse tüm gezegenlerin bir yıldızın ekvatoruyla, yani tutulum düzlemiyle aynı hizadaki düz, dairesel yörüngelerde bulunması gerektiğini öne sürer. Küçük, kayalık gezegenler bir yıldızın yakınlarında, havanın sıcak olduğu ve gazların çoğunun buharlaşarak uzaklaştığı yerde oluşmalıdır. Büyük, gazlı gezegenlerse çok daha uzakta, "kar hattı"nın

ötesinde, gaz ve buzun soğuk havada bulunduğu yerlerde oluşmalıdır. 1995 yılında keşfedildiklerinden beri sıcak Jüpiterler yeni kuramların ortaya atılmasına sebep olmuştu. Bunlar fazlaca uzun yörüngelerde, onları bir uçta tutulma çemberinin çok uzaklarına uçurup sonra da diğer uçta bağlı oldukları yıldızı sıyırmalarına sebep olan dış merkezli yörüngelerde bulunuyordu. Kuramcılar bu tür dünyaları yalnızca çok uzaklardaki dev gezegenlerin onları şekillendiren disklerle etkileşime girip ivme kaybetmesini ve yıldızlarına daha yakın bir mesafeye düşmesini açıklayan bir kuramsal mekanizmalar bütünü olan gezegen göçünün birer sonucu olarak açıklayabiliyordu. Sorun şuydu ki muazzam bir gezegen oluşumunun ortasında göçe başladığında bu gezegenin, diskin içinde hareket ettikçe büyük miktarlarda maddeyi bünyesinde toplayarak Neptün gibi görece bir cüce değil, yaklaşık olarak Jüpiter'in boyutlarında bir deve dönüşme eğiliminde bulunmasıydı. Dahası göç etmekte olan bir devin yarattığı kütleçekim etkisi sistemin geri kalanını da sarsarak diğer gezegenleri de düz ve dairesel yörüngelerden çıkarıp tutulum düzlemin dışına çıkan dış merkezli ve uzatılmış yörüngelere savurma eğilimindeydi. Yeni kuramların çoğuna göre ortalama Neptün kütlesindeki gezegenlerin, yıldızlarının yakınında var olmaması ve kesinlikle düz, el değmemiş yörüngelerde bulunmaması gerekiyordu. Varılan fikir birliği, bunların yalnızca uzaklarda oluşabileceğine ve içeri göç ederlerse bir yandan daha da büyürken diğer yandan da ilkel gezegen oluşumu sürecinden geriye kalan hassas eş düzlemliliği ve daireselliği bozacağına işaret ediyordu.

Bazı kuramcılar kendilerinden o kadar emindi ki Kepler'in Neptün boyutlarındaki herhangi bir gezegenden yoksun bir "gezegen çölü" bulacağını öngörüyorlardı. Ancak gelmeye başlayan Kepler verileri, geçiş yapmakta olan yüzlerce çoklu gezegen sistemiyle, bazıları oransal olarak bir plaktan veya CD'den daha düz ve daha dairesel yörüngelere sahip sıcak Neptünler barındıran sistemlerle doluydu. Öngörülen gezegen çöllerininse esrarengiz bir dünyalar ormanı olduğu ortaya çıktı. Kuramcılar gezegenleri mevcut konumlarına

böylesi bir sükunetle taşımış olabilecek herhangi bir göç mekanizması bilmiyorlardı. Ama işte hepsi de tabandan tepeye dokunulmamış, bozulmamış çini yığınlarının arasında kızgın boğalar gibi toprağı eşeliyordu. Bunlardan yalnızca biri bulunmuş olsa, bu şans olurdu; ama yüzlercesinin bulunması gezegen sistemlerinin oluşma ve evrimleşme biçimlerine dair kabul gören kuramlarda temel bir noktanın eksik olduğu anlamına geliyordu.

Kepler'in yaptığı keşif ötegezegen oyunundaki neredeyse tüm diğer oyuncular gibi Laughlin'i de şaşkına çevirmişti. Ofisinden çıkıp, kampüsü süsleyen kızılçamların ve eski kireçtaşı ocaklarının arasında yürürken konuşmaya devam ediyordu. Ona göre, Kepler'den gelen bütün veriler, kuramcıları sonraki yirmi yıl boyunca meşgul etmeye yeterliydi.

"Yalnızca bu gezegenlerin nasıl oluştuğunu henüz bilmiyorum," dedi, biz rutubetli bir nehir yatağı boyunca bata çıka ilerlerken. "Kimse bilmiyor. Ters bir şeyler var. Bizim gezegen oluşum paradigmamız, birbirinden farklı şeyi tutarlı bir resim halinde birleştirmek üzerine kurulu: kendi güneş sistemimiz ve kolayca incelenebilen sıcak Jüpiterler. Artık sıcak Jüpiterlerin yıldızlar içerisinde yalnızca yüzde birlik bir kesimi oluşturduğunu biliyoruz. Görünüşe göre bizim güneş sistemimiz gibi mimariler yıldızların yaklaşık yüzde onunu oluşturuyor. Dolayısıyla gezegen oluşumuna dair birbirinden bağımsız bu iki uç çıktıdan birleşik bir kuram yaratmaya çalışıyoruz gibi görünüyor. Bu işi yapmanın doğru yolunun bu olmadığını anlamak için bilim insanı olmak gerekmiyor."

Nehir yatağından çıktık ve seyrekçe kızılçamlarla kaplı bir yokuşu tırmanmaya başladık. Laughlin, bu yeni gezegen karışıklığını, Alman astronom Johann Bode'nin ismini alan ve 1772'de onun tarafından yaygınlaştırılan Bode yasasına benzetiyordu. Bode yasasını gezegen yörüngelerinin Merkür, Venüs, Dünya, Mars, Jüpiter ve Satürn'ün gözlemlenen yörüngelerini düzgünce açıklayan, belirli ve ahenkli bir şablonu takip ettiğini öne sürüyordu. 1781'de Uranüs keşfedildiğinde şablona onun da uyduğu saptandı. Ama yıllar geçip

de Neptün, Plüton ve göktaşı kemeri gibi yeni keşifler ileri sürdüğü ahenge uymada başarısız oldukça yasanın üzerine sahtebilimin kötü şöhretinin gölgesi düştü. İlk zamanlardaki başarısı yalnızca, gezegen yörüngelerinin aslında gerçekten de daha genel bir hiyerarşik mesafeyi takip ettiği gerçeğinden doğan bir rastlantıydı.

"Gazlı gezegenlerin yalnızca yıldızlardan uzakta oluşmasıyla birlikte gelen 'kar hattı' fikri; bunun ortaya çıkmış olmasının sebebi, bunu kendi güneş sistemimizde görüyor oluşumuz," diye devam etti Laughlin. "Aksini başka yıldızların etrafında bu kadar sıklıkla gördüğümüze göre kar hattının artık ilgili bir kavram olup olmadığına emin değilim. Bode yasasının modern bir örneği olabilir, ama insanların onun hakkında konuşmayı bırakacağını sanmıyorum... Bu yeni çoklu gezegen sistemlerine, bunların yörünge mesafelerine ve tutundukları cisimlere oranla sahip oldukları kütlelere bakıyoruz; Jüpiter'in büyük uyduları olan Jovian uydu sistemiyle tamamen aynı şablonu takip ediyorlar. Bu uydular da muhtemelen şu anda bulundukları yerde oluştular. Bu dünyaların da tam olarak şu an bulundukları konumlarda oluştukları ortaya çıksa şaşırmazdım. Kendi güneş sistemimize odaklandığımız için bu süreç çok da iyi incelenmedi, o kadar."

Biz bayırı çıktıkça kızılçamlar daha da seyreliyordu. Öğlen güneşinin daha büyük parçaları, kabuk böceği istilası yüzünden hastalanıp sayıca azalmış olan ponderosa çamlarından oluşan bir örtüden geçerek bize ulaşıyordu. Terlemeye başlıyorduk. Dünyanın rengi, nehir yatağındaki grimsi kahverengiden çamların altındaki kızılımsı turuncuya doğru kademeli olarak değişmişti. Laughlin'in gözüne topraktaki bir parıltı takıldı ve eğilip kolayca ufalanan pas rengi bir taş aldı eline. "Bir çekirgenin dikkat aralığına sahip olduğu" için özür diledi ve jeolojiden konuşmaya başladı.

"Bu alan, bu elimdeki taş, geçişken. Bu, gördüğünde etrafta altın aramaya başlayabileceğin türden bir taş. Pirit kristalleri yüzünden parlıyor. Bu bayırın aşağısında, magmatik sıvılarca ciddi oranda pişirilmiş ve değiştirilmiş kireçtaşları

var. Bayırın yukarısındaysa pişirme işlemini gerçekleştiren granit var. Bence ormanın burada değişmesinin sebebi, kızılçamların kireçtaşlı toprağı daha çok sevmesi. Bu tuhaf. Safça yapılan bir gözlemde, granitin şu anda yattığı yerde oluşmuş olduğu ve biraz daha genç olduğu düşünülebilir. Bayırı çıktıkça daha genç katmanlara ulaştığını düşünebilirsin. Uzun süre boyunca jeologlar da böyle düşünmüştü. Gerçekte durum tam tersidir. Levha tektoniği kuramı, yap-bozun daha fazla parçasını bir araya getiren büyük bir sıçramaydı. Topografya açısından yukarı çıkıyoruz, ama tüm bu kabuk bloğunun eğimlenip aşınma biçimi yüzünden stratigrafik katmanlar açısından aşağı iniyoruz. Burada, eski taşlar yeni taşların üstünde. Bu uzun ve ağır yokuşu on beş kilometre daha çıkabiliriz ve zirveye kadar her aşamada daha derinlerden gelen granitik plütonik taşlar olur."

Bunca şeyi nereden bildiğini sordum. "Bana göre, Dünya'ya benzeyen gezegenleri anlamak istiyorsan, Dünya üzerine bir uzman haline gelmelisin," dedi.

Ofisine geri döndüğümüzde Laughlin, Santa Cruz'un jeolojisine dair bilgisinin önemli bir kısmının aslında finans piyasalarına duyduğu ilgiden geldiğini söyledi. Denklemlerle dolu tahtaya işaret etti. O gün o tahtadaki diferansiyel denklemlerin astronomiyle uzaktan yakından ilgisi olmadığını, daha çok kendisinin aylık ve yıllık zaman ölçeklerinde öngörmek istediği değerli metallerin dalgalanan emtia fiyatlarıyla ilintili olduğunu itiraf etti. Bunu yapabilmek için arz ve talebi –yeni madenler inşa etmenin maliyetini, metallerin çıkarılma ve kullanılma biçimlerini– anlaması gerekiyordu ve bu yüzden cevher oluşturan cisimlerin jeolojisi, yani California'nın tepelerine uzun zaman önce o altınları yerleştiren o aynı jeoloji üzerine kendi kendini eğitmişti.

Laughlin, yeteneklerini doğrudan ticari uygulamalara sahip teknik bir alanda kullanmaktan epey keyif almıştı. Astronomi de teknik bir alandı, kabul ediyordu, ama insanlar tek gezegenli ve tek yıldızlı bir tür olarak kalmaya devam ettiği müddetçe yarı-iletken fiziği, petrol arama veya nicel finansla ilintili faydalarla bağlantısı kopuk olacaktı. Yeni incele-

meler tuhaf sonuçlar vermişti: Laughlin, hangi belirli örtük piyasa eğilimlerinin, para değerinin öngörülmesini ve oluşmasını meydana getirdiğine kafayı takmış ve küresel finans sistemi içerisinde yayılan çeşitli takasları yakından incelemeye başlamıştı. Aksi halde "büyük oranda gizli bir dünya" olacak bir şeyin üzerinde sahip olduğu "kuş bakışı"yla göz kamaştırıcı ticaret şablonlarını izleyen Laughlin, o tanıdık kaynama hissini duyumsamaya yeniden başlamıştı. Sanal boşlukta, kimi zaman dengesiz likidite balonlarıyla gerçeğe dönüşebilen savaş çizgilerinin çekilmesini, düşük gizlilikteki silahlanma yarışını ve yüksek frekanslı istihbarat savaşını görüyordu. Gözlerinin önünde yeni yeni ortaya serilen bu perspektif, yüksek hızlı telekomünikasyon ve bilgi işleme kadar biyoloji ve jeoloji tarafından da yürütülen kökten bir değişimin eşiğinde duran bir gezegene aitti.

Ultra hızlı ana bilgisayarlar, denizaltı fiberoptik kablolar, mikrodalga aktarım ağları ve iletişim uyduları gibi yüksek teknolojilere duyduğu güvenle modern finans cephesi, her ne kadar yarım asır öncesinin astronotları ve roketçileri tarafından da tanınamayacak halde olsa da, yeni bir Uzay Çağını ortaya çıkarıyor gibi görünüyordu. Gezegenin en parlak bilimsel dehaları, en güçlü teknolojileri artık insanın nüfuzunun Dünya'nın ötesine dek büyüyüp genişlemesi için değil, küçük ve izole dünyamızı daha da küçük ve daha az önemli bir duruma doğru arıtmak ve baskılamak için geliştiriyordu. Laughlin, tüm dünyada ışık hızına yakın bir süratle dalgalanan, sentten daha küçük ölçeklerdeki fiyat değişimlerinden milyar dolarlık kâr etme gibi karanlık sanatları açıklarken huşu içinde başını sallıyordu. Böylesi işler başarmak, dedi, "Dünya'ya benzeyen bir ötegezegen bulmaktan çok daha zor."

***

1848'in Ocak ayının başlarında, James Lick isimli elli iki yaşındaki marangoz ustası, San Francisco isimli küçük köye ulaştı. Pennsylvania'da doğmuştu, ama servetini Güney Amerika'da kaliteli piyanolar yapıp satarak edinmişti. Bu serveti de California'daki bu bölgelerde bulunan ve ABD

tarafından kısa süre sonra ilhak edileceğini düşündüğü bu ucuz arazileri satın alarak büyütmeyi umuyordu. Lick yanında, alet edevatları ve marangoz tezgahıyla birlikte, içi 30.000 dolar değerinde altınla dolu zırhlı bir sandık da getirmişti. Derhal kentteki boş arsaları satın almaya başladı. Lick'in gelişinden on yedi gün sonra, James Marhsall, Sutter's Mill'de altın keşfetti, California'da Altına Hücum başladı ve Lick, kendisini San Francisco'da bolca bulunan gayri menkullerin satışa sunulduğu alıcı piyasasındaki en büyük oyuncu olarak buluverdi. İnsanlar iç bölgelerdeki tepelerde altın aramak için kıyı şeridindeki evlerini terk ettikçe, Lick'e de kısa süre sonra satış teklifleri yağmaya başladı. Lick, alabileceği tüm arsaları indirimli fiyattan satın aldı, sonra da dalga dalga gelen altın avcılarının San Francisco'da yarattığı katlanarak büyüyen nüfus patlamasıyla birlikte muazzam kârlar elde etti. On yıl içerisinde San Francisco, Santa Clara ve San Jose'de engin arazilere sahip olarak yeni eyaletin en başarılı arazi baronlarından biri haline gelmişti.

Bir 1874 akşamı Santa Clara'daki evinin mutfağında kendisini elden ayaktan düşüren bir inme yaşadığında, California'daki en zengin adamdı. Kalan yıllarını nekahette geçirerek kendisi öldükten sonra servetinin sahip olacağı kaderi planladı. Lick'in ilk düşüncesi, kendisinin ve ebeveynlerinin kocaman, deniz açıklarından bile görülebilecek kadar muazzam heykellerini diktirmekti. Heykellerin görünürlüğünün gelecekte denizden yapılabilecek herhangi bir bombardımanda onları birincil hedef haline getireceğini fark edince bu fikrinden caydı. Bir süre için, San Francisco'da sahip olduğu büyük arazi parçalarından birine Mısır'daki herhangi bir piramitten daha büyük bir piramit inşa ettirmek istedi. Bir astronom ve California Bilimler Akademisinin başkanı olan ve Lick'i onun yerine dünyanın en güçlü teleskobunu inşa etmesi konusunda ikna eden George Davidson'un gösterdiği ihtimam sayesinde Lick fikrini yine değiştirdi. Lick nihayet, kendisini böylesine varlıklı yapmış olan eyaletin çeşitli kamu çalışmalarına 3 milyon dolar miras bıraktığı bir vekaletname hazırladı. "O güne kadar yapılmış tüm te-

leskoplardan üstün ve daha güçlü bir teleskoba" ev sahipliği yapacak bir astronomi gözlemevinin inşası için yedi yüz bin dolar da California Üniversitesine gitti.

Lick, 1876'daki ölümünden birkaç ay önce, vekillerinin gözlemevinin inşa edileceği alan olarak seçtikleri Hamilton Dağına onay verdi ve onlara nihai olarak kendisinin büyük teleskobunun altına gömülmek istediğini söyledi. Yapımına 1880'de başlanan 17 metre uzunluğundaki yaklaşık bir metrelik "Büyük Lick Refraktörü"* 1888'de kullanıma açıldı. Refraktörün çevresi, "Mississipi'nin batısının ilk sıcak perçinlenmiş projesi"yle, yeşil renkli küfle süslenmiş güzel bir neoklasik kubbeyle sarılmıştı. Lick refraktörü, neredeyse on yıl boyunca dünyanın en güçlü teleskobu olarak kaldı ve bugün de hâlâ dünyanın ikinci en büyük mercekli teleskobu. Teleskobun tamamlanmasının ardından, Lick'in kemikleri vasiyetine uygun olarak mezardan çıkarıldı ve teleskobun gözlem katının altına gömüldü. İşte orada, ahşaptan oyulmuş kaliteli bir piyanonun çekiçlerine benzeyen kıvrımlı kirişlerin altında, bir spot ışığın parlaklığı karanlığı yararak taze çiçeklerin ve üzerinde şu sözcüklerin yazılı olduğu pirinç levhanın üzerine vuruyor: "James Lick'in Bedeni Burada Yatıyor."

Büyük Lick Refraktörünün tamamlanmasından önce, Lick'in vekilleri gözlemevinin açılışını küçük, kubbe korumalı 30 santimetrelik bir teleskop kurarak yapmışlardı. 6 Aralık 1882'de Venüs'ün geçişinin gözlemlenmesinde kullanılan 30 santimetrelik teleskoba, bu olay için özel olarak inşa edilmiş bir başka teleskop eşlik etti. Astronom David Peck Todd, sırf geçişi Lick'teki ekipmanları kullanarak izlemek için Massachussetts'ten gelmişti ve şansına, geldiğinde gökyüzü açıktı. Dört saat süresince, Venüs'ün Güneş'in önünden yaptığı geçişi çeşitli kimyasal süreçlerden geçmiş 147 farklı cam plakayla görüntüleyerek yirmi birinci yüzyıl öncesindeki bir geçişin en bütünsel fotoğraf kaydını yarattı.

---

* Refraktör: İngilizcede "ışık, ışık kırma" anlamına gelen "refract" sözcüğünden türetilmiş bir kelimedir. Bilinen diğer adıysa mercekli teleskoptur –çn.

Venüs'ün gölgesini Hamilton Dağına bir kez daha düşürmesinden önce 122 yıl geçmesi gerekecekti.

Kararlaştırılan tarih olan 5 Haziran 2012'nin akşamüstünde Laughlin'le birlikte Lick Gözlemevine vardığımda, üzerimizde gri ve meşum bir gökyüzü vardı. Aradan geçen yıllarda Hamilton Dağına, hepsi de zirveye serpiştirilmiş olan kubbelerin içine inşa edilmiş on adet daha teleskop kurulmuştu. Marcy ve Butler'ın Otomatik Gezegen Bulucusu, kısa süre sonra gökyüzüne salınmak üzere yakındaki bir uçurumun kenarında duruyordu. Onun arkasında, dağdaki en büyük teleskop ve ötegezegen patlamasının ilk yıllarında Marcy ve Butler'ın ilk birkaç yüz gezegenin çoğunu keşfetmelerini sağlayan birincil göz olan 300 metreden uzun Shane yansıtıcı teleskobunun muazzam kubbesi seçiliyordu. İlk RV araştırmaları için kullanmış oldukları Hamilton tayfölçeri hâlâ Shane'in bodrum katındaydı, ama daha sonra emekliye ayrılmasının ardından ulusal bir hazine olarak sergilenmesi ve korunması için Smithsonian Enstitüsüne taşınacaktı. Büyük yerleşim alanlarının yakınlarında bulunan tüm gözlemevleri gibi, Lick'in işe yararlığı da son birkaç on yılda elektrik ışığının yarattığı kirlilikten muzdaripti. Pasifik sisi gelip de aşağıdaki Silikon Vadisini örttüğünde, burada çalışan astronomlar da geceler boyu aktif kalıyordu. Kıyı şeridindeki şehir ışıkları ortadan kayboluyor, yıldızlarsa çağlar öncesinde olduğu kadar karanlık bir gökyüzünde elmaslar gibi parıldıyordu. Sisin üzerinde zirveye tünemiş ve yaşlanmakta olan gözlemevinin içinde hâlâ birkaç yılla sonsuz arasında değişen sürelerde de olsa yaşam kalmıştı. Venüs'ün bir sonraki geçişi 11 Aralık 2117'ye kadar gerçekleşmeyecekti.

Laughlin'le birlikte, bir zamanlar Lick'in 30 santimetrelik ilk teleskobunu barındırmış olan küçük kubbeye girdik. Kubbe artık 1972'de inşa edilmiş olan bodur, küt ve pas lekeli Nickel Teleskobunu barındırıyordu. Bu teleskobun bir metrelik aynası, geçmişteki Büyük Lick Refraktörü'nün merceklerinden daha büyük ve daha güçlü olmakla birlikte 2012 yılının en iyi teleskoplarına kıyasla o kadar yetersizdi ki en modern gözlemlerde nadiren kullanılıyordu. Ancak o

akşamüstü, Venüs'ün tam anlamıyla yeni bir ışık altındaki geçişini yakalamak için hazırlanmıştı. UC Berkeley'de doktora sonrası öğrencisi olan otuz yaşındaki şık ve atletik yapılı Sloane Wiktorowicz, bu olaya özel olarak yapılmış olan aygıtı POLISH'i* Nickel'in üzerine yerleştirmişti. Bitişikteki kontrol odasında bir sandalyeye oturmuş, üç büyük düz ekrandan aygıtını gözlemliyordu. Bu girişimin her bir bileşeni yüksek teknoloji değildi: POLISH, ortam ışığından, Famous Amos marka çikolatalı kurabiyelerin parçalanmış kutularından yapılmış bir karton ve selobantla tutturulan siyah naylondan bir örtüyle gizleniyordu. Nickel'in aynası Güneş'in yoğun ışınlarının altında eriyebilirdi ve çoğunlukla da bir odun parçasıyla korunuyordu. Oduna açılmış ve gümüş filtreyle kaplanmış olan küçük bir delik, Güneş ışığının güvenli bir biçimde yavaş yavaş sızmasına izin veriyordu. Soba borusundan kesilip siyaha boyanmış bir parça, daha fazla selobant kullanılarak teleskobun çerçevesine bağlanmıştı. Aynanın üzerinde bir silahın namlusu gibi yükselerek kubbenin içerisinde POLISH'in hassas sensörlerine ulaşabilecek herhangi bir ışığı en aza indiriyordu.

POLISH kutuplanmayı, yani ışık huzmesindeki dalgaların, ışığın geliş yönüne göre yaptığı dikey titreşimleri ölçüyordu. Işık normalde kutuplanmış değildir –yani her bir fotonun kutuplanması rastgele bir yönde titreşir– ama bir yüzeye veya atmosfere çarpıp yansıdığında veya dağıldığında, her fotonun titreşiminin manyetik bir alandaki demir tozları gibi aynı yönde hizalanmasıyla ışık da kutuplanır. Bu ilke, gökyüzündeki bulutlardan veya bir gölden yansıyan kutuplanmış ışığı filtreleyerek parıltıyı azaltan kutuplanmış güneş gözlüklerinde de kullanılır. Wiktorowicz'in bana söylediğine göre, aynı etki astronomide de bir ötegezegenden seken veya ışıyan kutuplanmış ışığın sinyalinin elde edilme-

* POLISH: Aslında bahsi geçen aletin uzun isminin kısaltması olan bu sözcüğün İngilizcedeki anlamlarından biri de "Leh," yani "Polonyalı"dır. Adı geçen doktora sonrası öğrencisinin isminden anlaşıldığı kadarıyla, bu kişinin kökenleri de Polonya'ya dayanmaktadır. Dolayısıyla bu kişinin kendi yaptığı bu alete verdiği ismin kısaltması, onun etnik kökenlerine de bir göndermedir –çn.

si için kullanılabiliyordu. Bir ışığın kutuplanması yeterince yakından izlenirse, çokça ışık yılı uzakta olan bir gezegenin bile bulutları, sisleri ve atmosfer bileşenleri hakkında veriler toplanabilirdi. Wiktorowicz, kırk yıl önce, Venüs'ün kutuplanma ölçümlerinin, bu gezegenin atmosferindeki damlacıkların sudan değil sülfürik asitten oluştuğuna dair ilk kanıtları sağladığını söyledi. Kendisinin o günkü görevi; geçişe başladığında, gölgelenme sırasında, Güneş'in ucunun bir kısmının önünü kesip en güçlü kutuplanma sinyalini gönderdiğinde Venüs'ü gözlemlemekti. Geçişin altı saatlik süresi boyunca Wiktorowicz'in başlangıçta ölçümlerini yapabileceği on beş dakikalık bir penceresi vardı.

"Buradaki fikir, ötegezegen geçişlerinden umabileceklerimizi ayarlamak," diye açıkladı Wiktorowicz. "Venüs'ü bir AB'nin yalnızca üçte biri kadarlık bir mesafeden görebiliyoruz, bu da onu güneş sisteminin dışından görüyor olsaydık, tıpkı bir ötegezegeni gördüğümüz zaman olacağı gibi, onun açısal boyutunun yaklaşık üç kat daha büyük olacağı anlamına geliyor. Bu iki ölçek arasındaki etkileşim de şu demek: bu geçişi Dünya'dan izlediğimizde, engellenen yıldız ışığının toplam miktarı ve atmosfer halkasının boyutu bakımından, Kepler verilerinde gördüğümüz, Güneş'in önünden geçen şu sıcak Neptünler'den birine şahitlik ediyormuşuz gibi oluyor. Başka birinin geçiş sırasındaki kutuplanmış ışığa bakıp bakmayacağını bilmiyorum. Bu, insanın yaşamında eline yalnızca bir kere geçecek bir fırsat."

Geçişin başlamasından yirmi dakika önce, Lick'in üzerindeki bulut kümelerinin arasından mavi gökyüzü kesitleri sızıyordu, ama hava hâlâ belirsizdi. Wiktrowicz'inse daha büyük sorunları vardı. Bir metrelik teleskoba rehberlik etmekle görevli bilgisayar aniden çıldırmış, POLISH teleskobunu ve selobantla tutturulmuş doğaçlama araç gereçleri vahşice ve tehlikeli bir biçimde beton zemine, metal kubbeye veya yoluna çıkacak kadar budala birine çarpacak şekilde döndürmeye başlamıştı. Wiktorowicz, kutuplanma ölçümleri almak şöyle dursun, teleskobu odaklayamıyordu bile. Haki renkte standart bir asker üniforması giymiş pejmürde bir teknis-

yen olan Pavl Zachary, belinde ciyaklayan bir telsizle, nefes nefese bir halde küçük kontrol odasına daldı. "Az önce bir poşet kereviz ve peynirli börekle oturmuş, geçiş için yerleşiyordum," dedi iki nefes arasında. "Sonra Sloane'nin bilimsel şeyler yapmaya çalıştığı telsizden bir çağrı aldım. Ne terbiyesiz insanlar var! Sloane, beklemede miyiz?"

"Teleskobun sözümona beklemede olması gerekiyor," diye yanıtladı Wiktorowicz, sanki yerkürenin çekirdeğinin veya dünyanın öbür ucundaki Madagaskar'ın bir görüntüsünü almaya çalışıyormuş gibi zemine doğru dönen Nickel'e bir bakış atarak. Venüs'ün geçişi on dakika içinde başlayacaktı.

Zachary, teleskobun bilgisayarının çeşitli bileşenlerini teker teker yeniden başlatıp zaman zaman da sonucu görmek için kubbeye tırmanarak aletle bir mücadeleye girişti.

"Şans bizden yana değil, ama daha kötüsü de olabilirdi," diye espri yaptı Laughlin, Wiktorowicz'in kararmış yüzünü güldürebilmek amacıyla. En azından Le Gentil değilsin! Dizanteriye yakalanmadın, malın mülkün de yerli yerinde duruyor. Ayrıca yasal olarak da ölü ilan edilmedin."

"Hakkın var," dedi Wiktorowicz, iğneleyici bir sırıtışla. "Dizanteriye yakalanmadım, henüz ölmedim de. Ama sanıyorum 2117'ye kadar ölmüş olacağım."

"Yazılımın limitleri aşılmış; beni korkutuyor bu," dedi Zachary sonunda. "Daha önce hiç böyle bir şey görmemiştim. Robotik teleskobumuz Güneş'i bile bulamıyor. Olay tutanaklarına gömülmemiz gerekebilir. Böyle zamanlarda nükleer santralde çalışmadığımıza seviniyorum." Kafasını kaşıdı. "Sloane, sana bir de gerçekten kötü bir haberim var; hazır mısın?"

"Tabii."

"Başkan Yardımcısı da geçiş için dağa gelmiş."

"Ah! Yapma be." Wiktorowicz bana şöyle bir baktı, sonra da açıkladı: "O adam etrafta olduğunda işler sarpa sarmaya meyilli oluyor. Aslında çok iyi birisi, ama gözlemevlerinde kötü bir karması var gibi görünüyor."

"Korkunç bir karma," diye kubbenin içinden yükselen Zachary'nin sesi, Nickel'in vınlayan hidrolikleri tarafından boğuldu.

Wiktorowicz, Nickel'in hareket alarmından gelen biplemelerle uyumlu bir biçimde, parmaklarını sinirli sinirli masasına vuruyordu. Hemen yanındaki netbook'una baktı, NASA'nın Mauna Kea-Hawaii'deki Keck teleskoplarından gelen bir videoyu açtı. Görüntü, dağın soğuğuna karşın birer yumak haline gelmiş üç yorumcudan bir filtre vasıtasıyla kızıllaşmış olan Güneş'in bütün bir teleskopik manzarasına geçti. Küçük, siyah bir kavis belirdi ve bir kurdun bir elmadan aldığı ısırık gibi Güneş'in kenarında yavaşça büyüdü. Gölgelenme başlamıştı. Dakikalar geçti. Wiktorowitz'in çenesindeki kaslar kıpırdayıp kıvrandı, kontrol odasının serin havasında şakaklarından bir ter damlası süzüldü. Kubbenin amaçsızca savrulan teleskobun üstündeki açık aralığından mavi gökyüzü görülüyordu. Bulutlar kaybolmuştu. Wiktorowicz iç geçirdi, küfretti, çantasından bir hindili sandviç çıkardı ve teslimiyetle onu yedi.

"Bir başkan yardımcısı için bile bu kadar fazla," dedi iki ısırık arasında. "Teleskop aklını kaçırmış gibiydi. Belki de şu dizanterili Fransız herifin hayaleti kendi bahtsızlığını bize de bulaştırmaya çalışıyordur."

"Bence sadece bu kadar iş ona ağır geldi ve alet rastgele hareketlerle soğumaya ihtiyaç duydu," dedi Zachary, "Neşelen, Sloane. Kendisini bulmasına yardım edeceğiz."

Laughlin'le ben, geçişi aniden temizlenen gökyüzünün altında, otoparkta izlemek için izin istedik. Çıkarken, netbook'un Mauna Kea'dan gönderdiği videoya bir bakış daha attım. Bir başka hindili sandvici ağır ağır çiğneyen Wiktorowicz, hüzünlü bir ifadeyle ekrana bakıyordu. Kurt ısırığı kavis artık kusursuz bir halka halinde Güneş'in üzerindeki bir kurşun deliğine dönüşmüştü; Venüs diskin içine iyice yerleşmiş, gölgelenme evresiyse bitmişti.

Görünüşe göre Venüs'ün gölgesinin yok etmeyi başaramadığı parlak gün ışığına çıktık. Parlayan Güneş'e hızlıca, göz kamaştırıcı bir bakış atma riskini göze aldım, ama Güneş her zamankinden farksız görünüyordu. Gökyüzü hâlâ kümülüs bulutlarıyla benek benekti ve bu bulutlardan biri ara sıra Güneş'in önüne geldiğinde, toplanmış kalabalıktan yumuşak

bir uğultu yükseliyor, sonrasında engelsiz görüntü geri geldiğinde onu da sevinç tezahüratları izliyordu. Dünya'nın rotasyonunun Güneş'i ve geçişin bitimini ufuğun üstüne ve görüş mesafesinin ötesine taşımasına daha birkaç saat vardı. Wiktorowicz nihayet yenilgiyi kabul etti ve Nickel'in kubbesindeki tutsaklığını bırakıp bize katıldı. Yakınlardaki küçük teleskoplardan birini kullanarak, Venüs'ün belli belirsiz bir biçimde süzülen kara dairesine ve yakınlardaki güneş lekesi kümelerine sırayla baktık. Çok az konuşuldu. Her bakışın bu deneyimi sonuca daha da yaklaştırdığının ve tüm yaşamlarımız boyunca hiçbirimizin bir daha böylesi bir görüntüye bir daha tanık olamayacağımızın kabul edilmesiyle sessizlik de derinleşti. Güneş battığında ve alacakaranlığın sınırlarında serin rüzgârlar yükselmeye başladığında, Laughlin oradakilerle vedalaştı ve Santa Cruz'a dönüş yolculuğuna başladık.

Uzun, kavisli yolda ilerlerken, Laughlin geçişin kendisini şaşırttığını ifade etti. Bunun daha çok, yıllar önce tanıklık ettiği tam bir güneş tutulması gibi olacağını düşünmüştü.

"Baja-Meksika'da bir teknedeydim. Temmuz ayıydı, ama tam tutulmanın öncesinde, Ay giderek daha fazla gün ışığını engelledikçe, hava her geçen saniye fark edilir biçimde daha da fazla soğumaya başladı. Güneş gözle görülür biçimde bir hilal şeklini aldı, optik etkilerse çok kuvvetliydi. Her şey yüzüyor gibi görünüyordu; tüm gölgeler küçük hilaller şeklinde bozuluyordu ve ışık oldukça keskin ve açılı bir hal alıyordu. Yukarı baktım ve ışık atmosferin üst kısımlarındaki aktarım hücrelerinde parladıkça tepemizde süzülen gölge şeritlerini gördüm. Aşağı baktığımdaysa tutulmanın gölgesinin okyanus üzerinde nefes kesici bir hızla bana doğru kaydığına şahit oldum. Sonrasında Ay yerli yerine oturdu ve uydunun dağlarından ve vadilerinden yansıyan gün ışığı gökyüzünde halka şeklinde bir elmas yarattı. Güneş'in parıldayan beyaz tacı titreşerek fırladı. Tutulma çemberi boyunca tüm gezegenlerin; Merkür'ün, Venüs'ün, Mars'ın, Jüpiter'in dizildiğini görebiliyordum. Bütün güneş sistemi gözlerimin önündeydi. Orion doğrudan tepemdeydi. Herkes bağırıp çağırıyor, haykırıyordu. Tümüyle ilkel bir keyifti; tıpkı bir futbol maçında

atılan bir golün ardından olduğu gibi. Tutulmanın kendisi yedi dakika kadar sürdü, ama sanki göz açıp kapayıncaya kadar bitmişti. Derin derin düşüncelere dalmak için vakit yoktu. Lunaparktaki bir hız treniydi yalnızca.

"Venüs'ün geçişi ondan daha farklı olamazdı," diye devam etti. "Başladığı anda herkes oraya buraya koşuşturuyor, geçişi görüp de onun ne kadar harikulade olduğunu haykırmak için sendeleyip tökezliyordu. Ama sonra baktık ki, geçiş saatlerce sürdü. İnsanlar sessizleşti. Bu uzunluk, insanlara, bizim evrendeki yerimize dair bu çok daha büyük, çok daha geniş resmin küçük bir parçasını çok kısa bir süre için de olsa düşünebilmeleri ve daha anlamlı bir biçimde kavrayabilmeleri için zaman verdi."

Laughlin'e, dağdaki o uzun sessizliği süresince ne düşündüğünü sordum.

"Geçiş," diye başladı. "O karasal gezegenin, yıldızının önünde süzüldüğü o süre. Bu, bana, evrenin tüm tarihi boyunca Güneş gibi bir gezegenin etrafında dönen ve yüzeyinde su bulunduran gezegenlere sahip olmasının yalnızca akıp giden bir andan ibaret olduğunu hatırlattı. Biz de o gezegenin orta yerinde, Dünya'nın tarihindeki bu yoğun sınırda, büyük bir jeolojik çağın bitip bizim kendi yaratımız olan bir başkasının başladığı bu *an*da buluveriyoruz kendimizi. Bu geçiş sırasında ne olacağını tam olarak kestirmenin yolu yok, ama öylece yok olup gideceğimizi düşünmüyorum. Yaratabileceğimiz en büyük etki her neyse, onu henüz gerçekleştirmedik."

Bölüm 6

BÜYÜK RESİM

Altıya çeyrek kala alarmın sesiyle uyanan Mike Arthur, uykulu gözlerini ovuşturdu ve kahve hazırlamak için ayaklarını sürüyerek iki katlı beyaz çiftlik evinin mutfağına girdi. Kahve kaynarken Arthur da pencereye gitti ve evi çevreleyen vadiye bakarak eşi Janice ve üniversite çağındaki iki kızıyla birlikte ilgilendiği yüz metrekarelik çayır ve ağaçlığı inceledi. Vadi hâlâ karanlıktı, güneşin ilk ışıklarının karaçamlarla bezeli tepelerin üzerinden aşmasına bir saatten fazla vardı. Çiftliğin çevresini saran ağaçların hışırtılarını bozan tek şey yakınlardaki bir derenin çağıltısıydı. Vadide sabahın erken saatlerinde, arabaların veya uçakların, televizyonların veya radyoların sesi tarafından bozulmamış bu sükunette, bir an için sanki 2011'in Ekim ayının sonları değil de çok uzun zaman öncesiymiş, saatlerden, takvimlerden de önceki bir zaman yaşanıyormuş gibi görünmüştü. İnsanlardan da önceki bir zaman.

Kahve makinesi bipleyerek işlemin bittiğini haber verdi, Arthur da pencereye arkasını döndü ve bir kupa kahve doldurup mutfak bankosunun üzerinde soğumaya bıraktı. İş tulumunu giydi, sonra da California'da sörf yaparak geçen bir gençlikle genişlemiş ve orta Pennsylvania'da çiftçilikle geçen bir yetişkinlikle bu genişliği korunmuş omuzlarına ve sırtına bir ceket aldı. Dışarı adım atan Arthur, bu sonbahar gününün nefesini görmesine izin vermeyecek kadar ılık olmasına şaşırdı.

Peşinde çoban köpekleriyle, Arthur ahıra gitti ve İzlanda koyunlarından oluşan sürüsüne su verip hayvanların samanlarını değiştirdi. Sonra açık alanda yemlenen tavukları

besleyip yumurtaları topladı, ardından da küçük bir seraya girerek organik kara lahana ve yaban pancarı ekinlerini ve mevsimlik sebze fidelerini kontrol etti. Havalandırmayı, dışarıdaki serin havanın içeri daha fazla girebileceği şekilde ayarladı; öğleden sonra yine mevsimsizce sıcak bir gün olacaktı ve bitkilerin pişmesini istemiyordu.

Eve geri dönen Arthur duş aldı, sonra da banyo aynasına dönerek, yanakları ile çenesinin altına, iyice büyümüş olan ve çenesinin altında sivri bir çıkıntı yaratan keçi sakallarının kenarlarına sürdüğü tıraş kremini burnunun altında uzanan bıyıklara doğru yaydı. Yüzü sağlıklı, kırmızı ve yılların etkisiyle çizgilerle doluydu ve geniş alnı at kuyruğu şeklinde toplanmış uzun gri saçlarla bitiyordu. Tüm bunlar, artı koca göbeği ve cüsseli yapısı, onun biraz Aziz Nicholas'a benzemesine sebep oluyordu; Santa Monica tarzında şüphesiz. Arthur, tıraş olurken, yirmi yıl öncesini, Janice'le birlikte bu çiftliği ilk kurdukları zamanı düşündü. Vejetasyon mevsimleri ve sıcaklıklar o zamandan beri gerçekten de değişmiş miydi? Bu konuda şüphe yoktu: geçmiş ilkbahar ile sonbaharların çoğu artık daha kısa geliyor, hemen yok olarak daha uzun ve daha sıcak yazlara daha kısa, daha ılık kışlara dönüşüyorlardı. Sonraki yıl belki de soğuğa daha dayanıklı bazı sebzeleri seradan çıkarıp hassas mevsim dışı ürünler için yer açabileceğini, bunları da yakınlardaki çiftlik pazarlarında yüksek fiyattan satabileceğini düşündü. Yüzünü yıkadı, giyindi, kahvesini bir dikişte bitirdi, Janice'e bir hoşça kal öpücüğü verdi ve otuz kilometre batıya, jeoloji profesörü olduğu Pennsylvania Eyalet Yüksekokulundaki [Pennsylvania State College]* düzenli işine gitmek üzere arabasına atladı.

Mike Arthur, bir tortul jeoloğuydu. Birbiri ardına kireçtaşı, kumtaşı, killi şist ve kömür parçalarını görmek, onun için taşlara yazılmış öyküler okumak gibiydi. Kendisi aynı zamanda coğrafya kimyacısıydı. Bir çekiç, bir numune çantası ve biraz da laboratuvar sihirbazlığının yardımıyla antik, uzun süre önce yok olmuş ortamları, florayı ve faunayı, havayı, coğrafyayı, önceki her bir dünyanın nasıl geliştiğini,

* Bundan sonra "Penn State" olarak geçecek –çn.

canlandığını ve nihayet sona ererek bu taşsı hatıralardan başka her şeylerinin unutulduğunu meydana çıkaran bu incelikli kaya katmanlarınının farkına varabilirdi.

Kendisinin araştırma uzmanlığı olan siyah killi şistlerin oluşumundan da görüleceği gibi, paleoiklimler ve geçmiş küresel iklim değişiklikleri onun asıl alanıydı. Siyah killi şistler, derin sularda oluşan ve büyük miktarlarda barındırdıkları organik karbon yüzünden siyah renge sebep olan sıkışmış kil, çamur ve alüvyonlardan meydana geliyordu. Organik karbon –bitkileri ve hayvanları meydana getiren madde– normalde su sütununda çabucak yenip geri dönüştürülür. Ama organik döküntü derin bir su kütlesinin durgun dibine sürüklendiğinde, gün ışığının ve oksijenin yokluğu, aksi halde kalıntılar arasında debelenerek onları tüketebilecek olan canlıları oradan uzaklaştırabilir. Karbon yüklü alüvyon ve çamur katmanları bozulmadıklarında birikir, sıkışır ve Dünya'nın yüzeyinin derinliklerine batarak burada yavaş bir jeotermal kaynama tarafından pişirilip siyah killi şiste dönüşür. Yeteri kadar ısı, basınç ve zaman verildiğinde, organik açıdan zengin siyah killi şistin içindeki karbonun bir kısmı ham petrole dönüşür; daha fazla pişirmeyse petrolü parçalayarak metana ve toplu olarak halk arasında doğal gaz olarak bilinen uçucu bir avuç diğer bileşiğe dönüştürür. Arthur'a göre, tüm dünyadaki siyah killi şist tortusu örnekleri, küresel ısınmanın geçmişteki adımlarının birer işaret tabelasıydı: sıcaklıklar tırmanıp deniz seviyeleri yükseldikçe, derinleşen ılık okyanuslar, oksijen bakımından zengin yüzey sularını dipteki sularla karıştırma yetilerinin büyük bir kısmını kaybedecekti. Oksijensizlik baş gösterecek, zengin açık deniz ekosistemleri çözünerek bakterilerle dolu, kükürtsü çamura dönüşecekti.

Arthur'un siyah killi şist üzerine yaptığı araştırma, başlangıçta onun ülkeyi ve dünyayı gezmesini sağlamıştı, ama Arthur 1990'ların başında Pennsylvania'ya yerleşmeye karar verdi. Burada, siyah killi şistler –ve Dünya'nın geçtiğimiz 500 milyon yıl boyunca dalgalanan iklimi– üzerine çalışmak için ihtiyaç duyduğu hayati öneme sahip delillerin aslında

hemen burnunun ucunda, Allegheny Platosunda bulunabileceğini fark etti. Allegheny Platosu, dünyanın en büyük siyah killi şist tortularından bazılarına sahipti. İnce detaylarına girildiğinde, bu şistler ve onları çevreleyen kayalar, Pennsylvania'nın derin geçmişindeki sıradağların, buzulların ve engin karaiçi denizlerin gelişlerinin ve gidişlerinin hikâyesini anlatıyordu.

Pennsylvania'daki kayalar, aynı zamanda gezegenimizin iklimsel bugünü ve yarınıyla da yakından ilişkili. Acımasızca artan sıcaklıklar –yani buzulların ve kutup buzlarının geri çekilmesine sebep olan, fırtınaları güçlendiren, hayvanların göç şablonlarını değiştiren ve Arthur'un sera fidelerini yeniden gözden geçirmesine sebep olan sıcaklıklar– bir bakıma tam da onun ayaklarının altındaki zeminden gelmişti. Ek sıcaklıklarsa artan seviyelerde atmosferik karbondioksitten, yani fosil yakıtların yanmasıyla olağanüstü bir biçimde ortaya çıkan CO_2'den geliyordu. Karbondioksit, görülebilir ışıkta şeffaftır; ama kızılaltı ışığın yani bizim ışınır termal sıcaklık olarak algıladığımız ışığın önemli bir kısmını soğurur. Güneş ışığı halihazırda bu gazın içinden geçerek Dünya'nın yüzeyinde parıldar, ama ısınan yüzey bu ışığı kızılaltı biçiminde gökyüzüne doğru geri yansıttığında, ışık, soğurucu CO_2 örtüsü tarafından hapsedilir. Meşhur "sera etkisi"nin temeli budur ve CO_2'nin sera etkisinin, şu anda ve geçtiğimiz yarım milyar yılda Dünya'nın ikliminin baş mimarı olduğu düşünülür. İnsanlar, genellikle tarım yoluyla, CO_2'nin ve diğer sera gazlarının atmosferik seviyelerini binlerce yıldır kademeli olarak artırıyordu, ama bu artışın oranı geçtiğimiz yüzyılda yaşanan sanayileşme patlamasıyla büyük oranda hızlandı. Bu ani dalgalanmanın büyük bir kısmının kökenleriyse Pennsylvania ve onu çevreleyen eyaletlerin bazı kısımlarına yayılmış olan Allegheny Platosundaki kayalara dayanıyor.

***

Dünyadaki bilinen en büyük taş kömürü birikintisinin on sekizinci yüzyılın ikinci yarısında, Pennsylvania'nın kuzey-

doğusunda, kamp ateşi yakmaya çalışan bir avcının kristalli siyah kayanın yakınlarda yüzeye çıkmış bir uzantısını kazara ateşe vermesi sonucu keşfedildiği düşünülüyor. 1800'lerin ortalarına gelindiğindeyse ABD'de evlerin ısıtılması için tercih edilen yöntemler arasında Pennsylvania taş kömürü ağaçları gölgede bırakmış ve kömür madenciliği tüm Allegheny'de büyük sanayilerden biri haline gelmişti. Buna yakın zamanlarda, tuz kuyuları açan insanlar çalışmalarının koyu, kıvamlı siyah "taşyağı" akıntıları tarafından engellendiğini keşfettiğinde, Pennsylvania küresel petrol sanayisini ortaya çıkarmış oldu. İlk petrol rafinerisi 1853'te Pittsburgh'de inşa edildi ve ABD'deki ilk petrol kuyusu da Titusville-Pennsylvania yakınlarına 1859'da açıldı. Petrol en etkili uygulamasınıysa Henry Ford'un ilk kez 1908'de Michigan montaj hattında çalışan Model T'sinde buldu. ABD doğal gaz sanayisi aslında Pennsylvania eyalet sınırının biraz kuzeyindeki Fredonia-New York'a açılmış bir kuyuda doğmuştu, ama onun geldiği siyah killi şist birikintisinin asıl büyük kısmının Pennsylvania bölgesinde olduğu ortaya çıktı.

Antik karbon dalgasını yakalayan Pennsylvania'nın ekonomisinde patlama yaşandı. Allegheny kayalarının üzerini kısa süre içinde petrol ve maden kuyuları kapladı ve tüm eyalette mantar gibi rafineriler, boru hatları ve demiryolları bitmeye başladı. Birçok patlama gibi bu da kısa ömürlüydü. Eyaletin petrol sahalarından çıkarılan ürünler yirminci yüzyılın başlarında halihazırda düşmeye başlamıştı; Texas, Venezuela, Suudi Arabistan, Meksika Körfezi ve diğer yerlerdeki muazzam sahaların keşfedilmesiyle de aşamalı olarak gölgede kaldı. 1950'lere gelindiğinde Pennsylvania'daki Allegheny kayalarında hâlâ bol miktarda kömür ve gaz bulunuyordu, ama gittikçe petrole daha da bağımlı hale gelen bir dünyada piyasa güçleri bu tür daha az kârlı yakıtların yer altında kalması gerektiğini dikte ediyordu.

Pennsylvania'nın enerji serveti yeni milenyumun ilk on yılında keskin bir biçimde geri tepti. Alışıldık ve kolayca erişilebilen rezervler kullanılarak petrol üretimi zirve yaptığından, enerji şirketleri ulaşılması daha zor, "alışılmadık" kay-

nak kayalardan daha fazla petrol ve gaz çıkarmak için yeni yöntemler geliştirdi. Bu yeni yöntemler arasında en başarılı olan, önceden erişilmez olan doğal gazı derinlere gömülü şistlerden sıkıştırarak çıkaran hidrolik kırılmaydı. Tıpkı tüm Allegheny'de olduğu gibi bünyesinde gaz barındıran bir şist kilometrelerce derinlikteki kayaların altında yatıyorsa, ortaya çıkan basınç o gazı oluşum içerisinde hapseder. Ancak yüksek basınç oluşturmak için sondaj deliğinden içeri kimyasal bağlı milyonlarca litre su pompalamak şist kayasını parçalar ve bulamaç halindeki direğe eklenen kum ve seramik tanecikleri çatlakları açar. Artık serbest kalmış olan içerideki gaz, çatlaklardan ve toplanmak, sıkıştırılmak ve satılmak üzere sondaj deliğinden yukarı doğru akar.

Yalnızca aşağı doğru değil, aynı zamanda kaya katmanları boyunca yanal biçimde de kuyular açabilme teknolojisiyle birleşen hidrolik kırılma, Allegheny'nin en büyük siyah şist oluşumu olan Marcellus'u boşaltmanın bir yolunu sunuyordu. Marcellus'un ismi New York'un kuzeyinde, dimdik ve pulsu kayalıklardan çıkıp zeminden filizlendiği küçük bir kasabadan geliyordu ve batıya doğru yayılması New York'taki Finger Lakes'ten Ohio'nun yarısına kadar, güneye doğru da Maryland ve Kuzey Virginia'ya kadar uzanıyordu. Ama Marcellus'un konsantre karbon kalbi, ABD'nin tüm kuzeydoğusundaki enerjiye aç, büyük metropollerle münasip bir biçimde bitişik olan Pennsylvania'nın en az bir kilometre kadar altında bulunabiliyordu. Mike Arthur'un Penn State'ten meslektaşı olan ve Marcellus kırılma operasyonlarıyla tortunun genişliğini, kalınlığını, gömülme derinliğini ve şist gözenekliliğini karşılaştıran jeolog Terry Engelder, oluşumun yaklaşık 15 trilyon metreküp elde edilebilir gaz barındırıyor olabileceği tahmininde bulundu. Marcellus'un tüm ABD'nin yirmi yıllık enerji ihtiyacını karşılayabileceğini gösteren bu tahmin, onu dünya üzerinde bilinen en büyük ikinci gaz alanı yapmaya yeterdi.

Engelder'in Marcellus tahminlerine dair söylentiler yayıldıkça, irili ufaklı enerji şirketleri bölgeye akın ederek, kırsal alanlarda yaşayan halkla kamyon dolusu kira kont-

ratları yaptı. Yeni bir patlama başlamıştı. Marcellus'un verimli bölgelerinin üzerinde devasa arazilere sahip bazı çiftçiler bir gecede milyoner oldu. Bölgeye üşüşen yeni işçilerin ihtiyaçlarını karşılamak için restoranlar, moteller ve başka iş alanları açıldı. Ama patlamanın karanlık bir yüzü de vardı. Yol üzerindeki büyük ormanlık alanlar ezici etkiye sahip ağır kamyon konvoylarına boyun eğdi ve ormanların içindeki açık alanlar da otopark büyüklüğünde beton sonda dolguları ve kilometrelerce uzanan boru hattının altında kayboldu. Çevredeki kırılma operasyonlarıyla bağlantılı olarak doğal gaz kuyu suyuna karıştı ve kırılmanın tescilli kimyasal kokteyllerinin bölgedeki gölleri, nehirleri ve yeraltı sularını kirletme ihtimaline dair endişeler büyüdü. Özellikle suyun etkiye açık havzalarla taşındığı büyük şehirlerdeki halk muhalefeti hızla tırmandı. Petrol ve gaz sanayisiyle içinde bulunduğu uzun ve kârlı ilişkinin fazlasıyla farkında olan Penn State, muhalefetle destek arasındaki çizgide gidip gelme girişiminde bulundu. Bölgedeki paydaşlarla ilişkiler kurmak ve onları, şistin daha da geliştirilmesinin artıları ve eksileri konusunda eğitmek için 2010 yılında Marcellus Destek ve Araştırma Merkezini kurdu. Üniversite, bu yeni merkezin eşbaşkanlığına da Mike Arthur'u getirdi.

2011'in Ekim ayının o mevsimsizce sıcak olan gününde, çiftliğinden gelişinin birkaç saat sonrasında, Arthur'la birlikte kendisinin beşinci kattaki ofisinde oturup Marcellus'tan konuşuyorduk. Masaüstü bilgisayarında hareketli hızlandırılmış bir harita açarak Marcellus'un Pennsylvania'daki şist sondalama işindeki ilerlemeyi yıl yıl gösterdi. Tortuların yayılımı, açılan her yeni kuyunun getirdiği noktalarla eyaletin büyük bir kısmını kaplamış olan sarı renkte gösteriliyordu. Engelder'in ilk tahmini yaptığı yıl olan 2007'nin sarı eyalet haritasına altmış nokta serpiştirildi. 2008'de, yeni kuyuların sayısı 229'a fırladı. 2009'da altı yüz seksen beş kuyu açıldı ve bunları 2010 yılındaki diğer 1395 kuyu izledi. 2011'de dokuz yüz yirmi yeni kuyu geldi. Arthur'un bilgisayar ekranındaki sarı, çiçekbozuğu renkteki Pennsylvania, bir dilim İsviçre peynirini andırıyordu.

Arthur'dan, tüm o enerjinin, tüm o karbonun nasıl olup da Pennsylvania'nın iki kilometre altından yolunu bulup çıktığını özetlemesini istedim. Haritaya, eyaletin, gri ve kıvrımlı bir kara parçasının her yanı çevreleyen yarının üzerinde bir hilal oluşturduğu güneydoğu kısmına işaret etti. Bu gri kıvrımlarda hiçbir sonda noktası yoktu, çünkü bunların altında çok az şist vardı. Bunlar, engin Appalaş Sıradağlarının kuzey kolu olan Allegheny Dağlarıydı. Jeologlar, bu dağların zirve noktalarının 290 milyon yıl önce, Dünya'nın, hepsi de Pangaea süperkıtasını oluşturan bugünkü Kuzey Amerika'nın karşısına dizilmiş Avrupa, Asya ve Afrika'yı kademeli olarak sıkıştıran tektonik levha hareketleri arasında yalnızca minik bir aşama olan ve Allegheny orojenisi adı verilen dağ-yaratıcı bir olay sonucunda oluştuğunu düşünüyor. Bir zamanlar, milyonlarca yıllık rüzgâr ve yağmur tarafından yumuşak ve dalgalı sıradağlar haline gelmeden önce Alleghenyler de muhtemelen en az Rocky Dağları, Alpler ve hatta Himalayalar kadar yüksekti. Arthur'un söylediğine göre, Allegheny'nin yüzey katmanlarının altında, art arda yığılı halde, her biri kendi dağ-yaratıcı nabzı ve tektonik çarpışmasıyla birbirine bağlı daha eski ve aşınmış enkaz katmanları vardı. Marcellus için sahneyi hazırlamış olansa bu nabızlardan, bizim Devonyen Dönem olarak bildiğimiz zaman aralığının ortasında, yaklaşık 400 milyon yıl önce gerçekleşen Akadiyen orojeneziyle bağlantılı olan biriydi.

Dünya, Devonyen'in ortalarının büyük bir kısmı boyunca sıcaktı; kutup buz tabakalarının oluşmasına imkân vermeyecek kadar sıcak. Aksi durumda bu halinde hapsedilmiş olacak suların bir kısmı, bir iç deniz halinde Kuzey Amerika'nın iç kısımlarına yayıldı. Şu anda Pennslyvania olan bölgenin büyük bir kısmı düzdü ve su altındaydı. Dolaşıp duran kıta kaymaları, onu bugün olduğu gibi kuzeydeki konumuna henüz getirmemişti; o zamanlarda eyalet, tropikal bir enlemdeydi. Fitoplanktonlar, balıklar ve mürekkep balığına benzer yumuşakçalar, sıcak ve temiz deniz suyundaki resifler ve süngerler arasında uygun şartlarda yaşıyordu. Öldüklerinde kireçli vücutları, iskeletleri ve kabukları, onlarca metre

aşağıdaki deniz tabanında bulunan kalın beyaz kireçtaşı çamuru katmanlarına gömülüyordu. Kalıntılar, aşamalı olarak sertleşerek kalsiyum karbonattan oluşan kaya katmanlarına, yani kireçtaşına dönüşüyordu. Doğu tarafında da bir okyanus vardı, ama Atlantik değildi. Bu, Paleo-Tethys okyanusuydu ve jeolojik çarpışma süreçlerinde kıtalar arasında sıkışıp gözden kayboluyordu. Doğu ufkunda ada dizileri, yani Akadiyen orojenisinin müjdecileri, tektonik ilerlemenin ön cephesindeki neferler beliriyordu. On milyonlarca yıl boyunca ada dizileri yaklaştı ve kıtayla çarpışarak karadaki dağları, tıpkı kaygan bir fayans zeminde itildiğinde katlanarak yukarı kalkan bir kilim gibi ağır ağır yükseltti. Sıradağlar, daha sonra New York, New Jersey, Massachusetts, Delaware, New Hampshire, Maryland ve Güneydoğu Pennsylvania olacak yerlere kök saldı. Kendisini çevreleyen dağların ağırlığıyla aşağı doğru bastırılan bu kabuk –denizin düzlemsel kireçtaşı-çamur zemini– her milenyumda bir santimetre çökerek muhtemelen 200 metre kadar battı ve deniz tabanındaki ekosistemi yıkıma, can veren güneş ışığının delici kuvvetinin menzilinin çok ötesine taşıdı. Açık yüzey sularında geriye kalan şeyler yalnızca algler, fitoplanktonlar ve nadir balıklardı. O batık iç denizin karanlık derinliklerinde, Marcellus şisti hayat buldu.

"En azından iki kilometre yüksekliğinde dağlarla çevrili, okyanusla bağlantısı büyük oranda kesilmiş bu denizi bir hayal et," dedi Arthur. "Dağlar kendi hava şartlarını yaratıyor, sonra da solup çatlıyordu. Buna orografik etki deniyor. Hava kütlelerini yukarı kaldırıyorlar ve zirvelerine yağmur olarak düşen fırtınalar yaratıyorlardı. Erozyon, yüksek miktarlarda çökeltiyi ve besleyici maddeyi suya taşıyordu. Demir, bakır, çinko, fosfor, molibden. İçeriye doğru besleyici madde akışı, doğan, ölen ve deniz tabanında ayrışan alglerin ve fitoplanktonların verimliliğini ciddi anlamda artırıyordu. Ayrışma çok fazla, derin sularda devridaim tarafından yenilemeyecek kadar fazla miktarda oksijen harcıyordu. Halihazırda zeminde yaşayan sülfat eksiltici bakterilere, yani anaerobiklere gün doğmuştu. Oksijen onlarda zehir etkisi

gösterir; atmosferimizin bol miktarda oksijene sahip olduğu zamanların da öncesinden beri burada olan, gezegenin en eski organizmalarından bazılarıdırlar. Neyse, bunlar hidrojen sülfür salgılarlar ve bunun da geri kalan çoğu şey için zehir etkisi vardır. Bu bakteriler böylece deniz dibinde ne kadar ekosistem varsa hepsini tam anlamıyla yerle bir etti. Bunun ardından, tabana yerleşmiş olan organik maddelerin ellerinde, ayrıştırıp karbonlarını geri dönüştürecekleri hiçbir şey kalmamıştı. Ortam, böcekleri şekillendirdi ve böcekler de bunun karşılığında ortamı şekillendirdi. Marcellus'u yaratan şey bu birlikte evrimdir."

İki milyon yıllık bir süre boyunca iri yağmur taneleri – minik minik sayısız ölüm– sürekli olarak anoksik tabana akarak el değmemiş organik katmanlar oluşturdu. Nihayet, altta yatan kabuk, dağların ağırlığıyla uyumlandı, dengeyi buldu ve çökmeyi bıraktı. Aşınan bölgelerden akmaya devam eden çökeltiler koyu siyah çamur üzerine yığılarak bütün bir deniz değerindeki karbonu gömdü. Sonunda o kadar yükseğe yığıldılar ki deniz tabanı bir kez daha yükselerek gün ışığına kavuştu ve oksijen bakımından zengin, temiz su ekosistemleri geri döndü; ama yalnızca kısa bir süre için. Biriken çökeltilerle neredeyse tamamen dolmuş ve artık küresel okyanusla bağlantısı hepten kesilmiş olan bu engin havzanın son deniz kalıntıları da aşamalı olarak buharlaştı. Milyonlarca yıl daha geçti, dağlar yıpranarak tıknazlaştı ve sonradan Marcellus olacak şeyi, parçalanmış katmanlarının daha da derinlerine gömdü.

Antik bağlamından çıkarıldığında, Marcellus'un yaratılışı bana esrarengiz bir biçimde tanıdık geldi. Yeni bir enerji ve besleyici madde kaynağı, izole bir popülasyona giriş yapıyor. Nüfus, zaman zaman bulunduğu ortamın taşıma kapasitesini aştığında çökerek şişip kör bir biçimde büyüyor. Antik ölümün ani yükseliş ve düşüş dalgalarından gelen karbonu toplamak için taşları delen modern sondaj makineleri birer yankı, kendini en büyük ölçeklerde tekrar eden tarihin birer alameti gibi göründü birden.

Yine de Marcellus'u yaratan değişimler –kıtaların çarpışması, dağların yükseliş ve düşüşleri, bütün bir denizin gömülmesi– her ne kadar büyük olsa da, onlarla yaklaşık olarak aynı zamanlarda başlamış daha da büyük bir küresel dönüşümün yanında oldukça sönük kalıyorlardı, diye açıkladı Arthur. Kara bitkilerinden kayda değer hiçbir artık bırakmayan son büyük siyah şistin Marcellus olduğunu söyledi. O isimsiz denizin etrafında yükselen dağlar büyük ihtimalle çoraktı ve bunların dik yamaçlarından süzülen nehirler de parçalanmış yosunlar, likenler ve mantarlar dışında herhangi bir bitki örtüsüne sahip olmayan bir manzaradan kükreyerek akan birer şeritten ibaretti. Görünüşe göre bugünkü halinden çok uzakta olan yaklaşık 390 milyon yıl önceki o noktada, gezegen halihazırda dört milyar yaşını aşmıştı. Tüm o süre boyunca da yaşama elverişli bu gezegenin tamamına bakıldığında tek bir yeşil yaprak bile teşrif etmemişti.

"Bu, damarlı bitkilerin dünya üzerinde kolonileşmeye yeni yeni başladığı bir geçiş dönemiydi," dedi bana Arthur. "Bu bitkiler, Marcellus'un hemen üzerinde ortaya çıkmaya başlıyor ve daha genç şistlere yaklaştıkça kara bitkilerine dair giderek daha fazla kanıt görmeye başlıyorsun. Devonyen dönemin sonlarına ait kayalara rastlıyorsun, ilk kez nehir yatakları ve kıyı şeritleri etrafında kolonileşmiş gibi görünen fosilleşmiş kara bitkilerini görebiliyorsun. Henüz sudan daha uzaktaki yaşam alanlarını istila etmelerine çok var. Müthiş bir şey yahu!"

Kara üzerinde kolonileşmeyi tetikleyen şey, her biri suyu toplayıp nakletmeyi içeren iki evrimsel yenilikti. Kara bitkileri "damarlandı," topraktan su ve besleyici maddeler çekmek için kökler geliştirdi ve aynı zamanda da suyun büyük ağırlığını taşıyabilecek kadar güçlü, karbon bakımından zengin ve dayanıklı bir makromolekül olan lignini kullanarak vücutlarını inşa etmeye başladı. Sonuçta ortaya çıkan damarlı, lignin bakımından zengin bitkiler kıtalara yayıldı. Gezegenin fotosentetik üretimini ikiye katladılar ve karbon döngüsünü çarpıcı bir değişime uğrattılar. Yaşam ve onun geliştiği çevre bir kez daha birbirlerini güçlü ve dünyayı de-

ğiştirme etkisine sahip bir geribesleme döngüsü içerisinde şekillendiriyordu.

Ölümden sonra, bu yeni kara bitkilerinin yapraklarındaki, dallarındaki, gövdelerindeki ve köklerindeki dayanıklı lignin kolay çürümeye direndi. Tufanlar ve tortullaşma tarafından su altında bırakılan tüm o bitkisel karbon, yüz milyonlarca yıl boyunca kilit altında kaldı. Bu bitki kalıntıları, zaman içinde, derinlikleri ve gömülme süreleri arttıkça önce turbaya, sonra linyite, son olarak da kömüre dönüştü. Bu süreç, Devonyen'i takip eden ve Pennsylvania ve onu çevreleyen Appalaş eyaletlerinin birinci sınıf taş kömürü ve büyük kömür oranları da dahil tüm dünyada muazzam tortullar oluşturacak kadar yüksek miktarlarda lignin kilitli karbonun gömüldüğü ve kömüre dönüştüğü 60 milyon yıllık jeolojik dönemde zirve yaptı. Jeologlarsa bu döneme pek uygun bir biçimde Karbonifer Dönemi adını veriyor.

Devonyen'in son dönemlerinde, aksi halde açık havada ayrışan karbonla birleşecek olan oksijen, bunun yerine atmosferde birikerek muhtemelen günümüzdekinin yaklaşık iki katı kadarlık yoğunluklara ulaştı. Atmosferik oksijendeki bu artış, uçmak, sürünmek ve Dünya üzerinde yürümek için sucul ortamlarını terk eden ilk böcekler ve amfibilerle aynı zamana denk geldi. Bu canlıların fosilleşmiş kalıntıları, Pennsylvania veya başka bir yerde, geç-Devonyen "kızıl yataklarda," yani atmosferik oksijene doyduklarında paslanan demir bakımından zengin tortul kaya birikintilerinde sıklıkla bulunuyor. Yüksek oksijen seviyeleri ve kara bitkilerinden meydana gelen bu yeni ve bol yakıt aynı zamanda hassas sporlardan büyük bir yangın sırasında ve sonrasında oluşan yüksek sıcaklık ve düşük nem şartlarında yaşayabilen daha dayanıklı tohumlara doğru evrimsel bir kaymayı tetiklemiş olabilecek söndürülmesi güç yangınların sıklığını ve şiddetini de artırdı. Tohumların ortaya çıkışı, bitkilerin nemli kıyılardan ve ovalardan daha kuru dağlık arazi ortamlarına yayılmasına olanak sağladı. Dünya tarihinde ilk kez, dağlar ve kıtaların içleri yeşile boyanmıştı.

Damarlı kara bitkilerinin yükselişi geç Devonyen ve erken Karbonifer dönemleri sırasında o kadar çok karbon zaptına sebep oldu ki atmosferik CO_2 seviyeleri aniden dik bir düşüş yaşadı. Sera etkisinin ortadan kalkışı küresel sıcaklıkları yalnızca birkaç derece düşürdü, ama görünüşte küçük olan bu değişim, dünyayı uzun süreli bir buz çağına itmek için yeterliydi. Daha soğuk olan yazlar, önceki kışlardan biriken karları eritmekte başarısız oldukça kutuplarda buz tabakaları oluştu ve büyüdü. Yayılmakta olan parlak beyaz buzullar, uzaya, karanlık olan toprakların ve denizlerin yansıttığından daha fazla güneş ışığı yansıtarak sıcaklıkların daha da fazla düşmesine sebep oldu. Ortalama olarak her birkaç on bin yılda bir, kutuplardan hareket eden buzullar daha düşük enlemlere doğru ilerledi ve suyu o buzlu pençelerine hapsedip küresel deniz seviyelerini düşürdü, iklimleri daha da kuraklaştırdı. Her seferinde, kutuplardaki ve ılıman enlemlerdeki karasal türler, dört kilometre yukarıda ilerlemekte olan buz duvarlarının önünde tropik kuşaklara gitmeye zorlandı. Her seferinde, düşen deniz seviyeleri, yaşamla dolu kıta sahanlıklarını açık havaya maruz bırakarak deniz ekosistemlerinin bozulmasına yol açtı. Kaçınılmaz bir biçimde; buzul ilerleme azalacak, buz duvarları kutuplara geri çekilecek ve deniz ve kara yaşamları bir kez daha buzularası bir dönemdeki uygun şartlara kavuşacaktı.

Yüz milyon yıl süresince, Karbonifer'in tamamı ve onu takip eden Permiyen'in büyük bir kısmı boyunca, Dünya'nın buz tabakaları var olmaya devam etti ve zaman zaman da kutuplardan buzullar göndermeyi ihmal etmedi. Bu buz tabakaları nihayet 260 milyon yıl önce, artan volkanik etkinlik ve okyanustaki düşen karbon soğrulması atmosferik CO_2'yi hızla orta Devonyen seviyelere çıkardığında eridi. Yaklaşık 35 milyon yıl öncesine kadar gezegenimize bol miktarda kutup buzu geri dönmeyecekti. Bu kutup buzu tabakaları da iki buçuk milyon yıldan biraz daha fazla bir süre önce, denizaltı volkanlarının taşmaları Panama Kanalını oluşturduğunda ve Kuzey ve Güney Amerika'yı birbirine bağlayarak küresel sıcaklıkları daha da düşüren yeni okyanus ve atmos-

fer dolaşım şablonları yarattığında genişledi. Bu, son anlarında anatomik açıdan modern insanların ortaya çıktığı zaman dilimi olan Kuvaterner Dönemin* şafağında gerçekleşti. Kuvaterner'in başlangıcından beri ve bugün bile hâlâ buza gömülü olan Antarktika ve Grönland'la birlikte Dünya, teknik olarak bir buz çağının içinde. Bunun sıradışı bir gidişat olduğuysa oldukça kısa bir süre önce kabul görmeye başladı. İnsanlık tarihinin tamamı boyunca var olmalarına rağmen, kutup buzu tabakaları, Dünya'nın tarihinde şaşırtıcı biçimde nadir gerçekleşen olaylardır. Jeologların kavrayabildiği kadarıyla, gezegenin 4,5 milyar yıllık var oluşu boyunca, buz tabakaları yerkürenin kutuplarına toplamda yalnızca 600 milyon yıl süresince, yani Dünya'nın şu ana kadarki ömrünün sekizde birinden daha az bir süre için konuk olmuştur.

İçinde bulunduğumuz buz çağında, buzul duvarları Arktik'ten tekrar tekrar hareket ederek günümüzdeki Toronto, New York, Chicago ve kuzey Pennsylvania'nın büyük bir kısmını kapladı. Hudson Koyuyla Great Lakes'i biçimlendirdiler ve kenarlarından buzul morenler, günümüzde Long Island ve Cape Cod haline gelmiş olan yerler gibi kırık kara yığınları ortaya saçtılar. Buzullar en son 12.000 yıl önce, Holosen adını verdiğimiz bir buzularası çağın başlangıcında geri çekildi. Bizim insan uygarlığı olarak tanıdığımız ve insan tarihi olarak kayda geçirdiğimiz tarımın, şehirlerin, ticaretin, sanayinin, bilimin ve teknolojinin yükselişi, on iki bin yıllık bir yazın iklimsel dengi olan anormal biçimde ılıman ve istikrarlı Holosen buzularasında gerçekleşti.

Buzul ilerlemenin ve gerilemenin işaretleri, tortul kayalarla ve deniz suyunun izotop analiziyle takip edilebilir, ama iklim dalgalanmalarına dair en yüksek hassaslığa sahip kanıtların bazıları da bize buzulların kendilerinden, oraya sıkışmış antik hava baloncuklarından geliyor. Bugünün eriyen buzullarından çıkarılan buz çekirdeklerinde bulunan her bir baloncuk, minik bir hava kabarcığının yeni yağmış ve buzun bir parçası haline gelmiş karda kısılı kaldığı uzak geçmişteki bir günün atmosferinden bize kalan birer kare. Ayrıntılı

* Dördüncü Çağ olarak da bilinir –çn.

analizler sonucu 800.000 yıl önce oluştuğu ortaya çıkan en eski baloncuklar, etkileyici birer antika. Kısaca, baloncukların içindeki gaz, geçen milyon yılın büyük bir kısmı boyunca, modern insanların gezegen sahnesine çıkmasından çok daha uzun süre öncesinden beri Dünya'nın atmosferinin değişen bileşimini takip ediyordu. Bu baloncuklarsa sera gazı seviyelerini buzullaşmaya bağlayan net bir şablon sergiliyor: buzullar ilerlerken, buza hapsolmuş her bir milyon hava molekülünden yaklaşık 200 adedi CO_2'ydi. Buzullar geri çekilirken buza hapsolmuş havadaki CO_2 miktarıysa yaklaşık olarak milyonda 300'e (300 ppm) çıkmıştı.

MÖ 10.000 dolaylarında, Holosen'in başlangıcındaki son buzul gerilemeden beri atmosferdeki ortlama CO_2 miktarı yaklaşık 275 ppm'de sabit kalmıştı. Buzul buz çekirdekleri, bu değerin, on dokuzuncu yüzyılın başlangıcında, yani insan nüfusunun bir milyara ulaşmasından sonra tırmanmaya başladığını gösteriyor. Bu zamanın, toplumların Sanayi Devrimine girdiği, antik kömür stoklarını yakarak, piyasaya yeni sürülmüş buhar makinelerine enerji sağladığı zamanlara denk gelmesi de tesadüf değil. O günden bugüne geçen tüm süre boyunca, nüfuslar artıp teknoloji yaygınlaştıkça CO_2 seviyeleri de keskin bir biçimde artmaya devam etti. 1950 yılına gelindiğinde, gezegende 2,5 milyar insan vardı ve atmosferik CO_2 seviyeleri de 300 pmm'yi, yani şu anda buz çağı şartlarının baskın gelemeyeceği düşünülen yaklaşık eşiği geçmişti. 1980'de dünyada 4,5 milyar insan vardı ve atmosferik CO_2 340 ppm'ydi.

Artık 6 milyar insana ev sahipliği yapan ve yıllık 2 ppm artışla birlikte 370 ppm CO_2 seviyesine sahip olan dünyada 2000 yılına gelindiğinde, Nobel ödüllü bir atmosferik kimyacı olan Paul Crutzen, artık kendisini hâlâ Holosen'de yaşıyor olduğuna ikna edemez hale gelmişti. Nobel Ödülünü 1995 yılında, egzotik gazların –kloroflorokarbon adı verilen, insan yapımı soğutucuların– eser miktardaki salımlarının, yirminci yüzyılın ikinci yarısında gezegenin koruyucu atmosferik ozon tabakasındaki delikleri nasıl büyüttüğünü netleştirdiği çalışması sayesinde kazanmıştı. Crutzen, ozondaki deliğin,

daha büyük bir yönelimin yalnızca küçük bir parçası olduğunu düşünüyordu. Motorlar ve türbinlerden destek alan, fosil karbon ve petrokimyasal gübrelerle kuvvetlenen insanlar, gezegenin enerji ve besleyici madde akışının muazzam bir bölümüne el koymuş, bunları yeni amaçlara yönlendirmiş ve küresel jeokimyayı değiştirmişti. Sonuçta ortaya katlanarak büyüyen ve –en azından tek bir gezegenle sınırlı kalırsa– kaçınılmaz biçimde geçici bir büyüme çıkmıştı. Jeolojik tarihin en karanlık bölümleri Crutzen'in zihninde yankılanmaya başlamıştı.

Her yerde Dünya'nın yeniden yapılışının kanıtlarına rastlıyordu. Bunu boşa harcanan stratosferik ozonda, kaybolan kutup buzunda ve çözülen tundra tiyalinde görüyordu. Göçmen hayvanların ve çiçekli bitkilerin değişen mevsimsel şablonlarında, "asırda bir"lik fırtınalarda, kuraklıklarda ve artık birkaç yılda bir gelmeye başlayan sıcaklık dalgalarında, sığ denizlerin fazla sıcak sularında beyazlamış ve ölmekte olan mercanlarda, bütün ağaçları kesilmiş ormanlarda, set çekilmiş nehirlerde ve önü tıkanmış akıntılarda gözüne hep bir insan eli çarpıyordu. Crutzen, su ekoloğu Eugene Stoermer'le birlikte, yeni bulduğumuz gezegen güçlerimizin bizi tamamen yeni bir jeolojik çağa soktuğunu öne süren etkileyici bir ortak makale yazmaya zorunlu olduğunu hissetti. Bu "insanların yeni çağı"nda, "Antroposen"de, insanın hakimiyeti gökyüzünü ve denizleri dönüşüme uğrattı ve hatta çağlar boyunca dayanarak bizim devrimize sessiz birer miras olarak kalan kayaları bile değiştirdi.

Önümüzdeki milyonlarca yılda, uygun bir sarp kayalığın ortaya çıkarıldığı her yerde, bu Holosen-Antroposen geçişi de çıplak gözle gayet net bir biçimde görülebilir olacak. Beyaz karbonat çökeltisinin bir zamanlar yerleşerek kireçtaşı ve kalkerleri oluşturduğu deniz havzalarında, CO_2'ye doymuş olan okyanus suyu daha da asidik bir hal alacak, onun yerine karbonattan yoksun koyu kil ve çamur birikecek. Eğer atmosferik CO_2 dinmek bilmeden tırmanmaya devam ederse, artan sıcaklıklar ve deniz seviyeleri bir kez daha geniş çapta bir anoksiye [oksijensizlik] yol açarken, karbon ba-

kımından zengin siyah şistler de jeolojik kayda çarpıcı bir biçimde yeniden girebilir. Ancak ileride Antroposen'in yeni şistlerini bulanların, bizim yaptığımız gibi ona eşlik eden petrol ve gaz tortularını çıkarıp yakarak küresel bir teknolojik uygarlık inşa edip etmeyeceği konusunda bir şey söyleyemeyiz. Holosen-Antroposen geçişi üzerinde bulunacak fosiller, Dünya'nın tarihinde altıncı kez gerçekleşecek, gezegen ölçeğindeki bir kitlesel yok oluşu kaydedecek; öyle ki bu yok oluşta, on milyonlarca yıl boyunca gelişmiş, türler bakımından zengin ekosistemler aniden, geri döndürülemez biçimde yok olacak ve yerini zirai homojenliğe bırakacak. Üst Holosen fosil yatakları, geleceğin paleontologlarını muhtemelen taşlaşmış mercan kayalıkları ve kömürleşmiş amfibiler gibi bulgularla ödüllendirecek; alt Antroposen yataklarıysa mısır koçanları, inek kemikleri, taşlaşmış palmiye ağaçları ve hatta ihtiyaçları uğruna evcilleştirilip yetiştirildikleri insan efendilerinin kalıntılarından bazılarını sunabilecek. Nadiren de olsa, paslanmış metallerle bezeli kayalardan oluşan eğri büğrü, tuhaf kayalar, uzun süre önce batmış ve büyük bir antik nehrin çökeltilerinin altına gömülmüş büyük bir kıyı şehrinin kalıntıları bulunabilir. Eğer uzak gelecekteki parça parça bir kayalıkta bir fosil olarak ortaya çıkmayı umuyorsanız, yavaşça batmakta olan New Orleans'taki Mississipi Deltasına gömülmekten daha kötüsünü başarabilirsiniz.

2011'in Ekim ayının sonlarında Mike Arthur'la onun ofisinde buluştuğumda atmosferik CO_2 390 ppm'ydi ve hâlâ artıyordu. BM tahminlerine göre dünya, nüfusunu yedi milyara tamamlayacak olan ve muhtemelen Güneydoğu Asya'da doğacak bir bebeğin gelişinden yalnızca birkaç gün uzaktaydı. Benzer tahminler, nüfusun gidişatının yirmi birinci yüzyılın sonlarında on milyara dayanacağını göteriyordu. Eğer teknoloji ve ticaretin küresel yayılımı devam ederse, gelecekteki nüfusun hayli büyük bir kısmı, günümüz Amerikalılarının çoğunun yaşam tarzına benzer bir hayat sürüyor olacaktı. Tek bir tuşla açılan elektriği sağlamak için kömürle çalışan enerji santralleri, hazır ve nazır otobanlar, hava yolculukları, her garajda bir araba, her oturma odasında düz

ekran bir televizyon, ucuz ve tek kullanımlık akıllı telefonlar ile bilgisayarlar, her öğünde et ve dünyanın yarısını aşıp gelerek yemek masalarına akan taze ürünler isteyeceklerdi. Ama dünyanın enerji altyapıları bir şekilde, akla hayale gelmez bir süratle fosil yakıtlardan başka bir şeye kaymazsa tam da bu davranışlar CO_2 yoğunluklarını 500 ppm'nin ötesine geçirip 1000 ppm'ye ulaştıracak, muhtemelen korkunç sonuçlara yol açacaktı. Ortalama küresel sıcaklıklar 5 ile 10 derece Celsius civarında artacak, kutuplarda buzdan eser kalmayacak ve yükselen denizler kıyılardan taşarak yüzlerce kilometre içerilere dolacaktı ve bunlar, yalnızca en yakın etkilerdi. Sonrasında Yerküre, öncesinde insan uygarlığını beslemiş olan serin ve sakin gezegenden çok trilobitlerin ve dinozorların hüküm sürdüğü o sera dünyaya daha fazla benzeyecekti. Bu hararetli gelecekte, bireylerin ve bütün halinde toplumların basitçe hayatta kalması bile sürekli bir mücadele halini alacaktı.

Tüm bunların yaşanıp yaşanmamasıysa kayda değer bir oranda Marcellus ve diğer gaz şistlerinden nerede ve nasıl faydalanılacağına bağlıydı.

"Bir bilim insanı olarak, nesnel davranmaya, çıkarımlarımı verilere ve ödünleşmelere dayandırmaya çalışıyorum," dedi Arthur. "Veriler bize, yaktığımız tüm o fosil yakıtlardan çıkan sera gazlarının dünya üzerinde çok büyük etkileri olduğunu söylüyor. Orası şüphe götürmez. Aynı zamanda, doğal gaz yakmanın, enerji birimi başına petrolden yüzde 30, kömürdense yüzde 40 oranında daha az CO_2 ürettiği noktası da şüphe götürmez. ABD'deki elektriğin yarısından fazlasını kömür yakan enerji santralleri üretiyor. İnsanlar tamamen 'temiz kömür'e dönmekten bahsediyor, ama gerçekte öyle bir şey yok; başlı başına maden kömürü çevreye zararlı. Bazı insanlar da mısırdan veya şekerkamışından etanol üretmekten bahsediyor. Zırvalık. Birilerinin bize kakaladığı bir şey. Doğal gaz gerçek, ucuz ve en temiz fosil yakıt. Eğer kömür yakımından vazgeçip büyük oranda doğal gaza dönersek yalnızca CO_2'yi değil, cıva, nitröz oksit, sülfür dioksit salımlarını ve parçacıkları da azaltırız. Arabaların doğal gazla çalış-

masını da sağlayabiliriz. Çok zor bir şey değil. Bu, salımları daha da azaltır. Yani belki de bu daha az kötüdür. Ama sonra uygun olan saf miktara bakıyorum ve endişeleniyorum."

Marcellus, yalnızca boyutları bakımından eşsiz. Benzer siyah şistler tüm dünyada, her kıtada bulunabiliyor ve her biri de bizimkinden daha sıcak ve daha ıslak bir Dünya'nın birer yankısı, alameti. Daha derin, daha eski bir tortul olan Utica, ABD'nin kuzeydoğusunda, tam da Marcellus'un altında yatıyor. Kanada, Meksika ve Arjantin'de zengin gaz şistleri var. Avustralya'da, Çin'de ve Hindistan'da da gaz şistleri var. Gaz şistleri tüm Avrupa'da; Almanya'da, Polonya'da, Çek Cumhuriyeti'nde bulunuyor. Gaz şistleri Afrika'da; hem kuzeyde, hem güneyde. Görünüşe göre gaz şistleri aslında o kadar bol ki gelişmekte olan birçok ülkenin servetini tek taraflı olarak dönüştürebilir, ekonomik refah getirebilir ve tüketim ve sera gazı salımı seviyelerinde hızlı artışlara sebep olabilir. Halihazırda antik karbona takılıp kalmış gelişmiş uluslardaysa şistler, aksi halde Antroposen'in fosil yakıt patlaması tarafından sonu getirilebilecek, ama bu gerçekleşmeden hemen önce bulunup sıkı sıkı tutunulan bir cankurtaran halatı olabilir.

Arthur başını eğdi ve dağınık kâğıt yığınlarıyla, stratigrafik kalınlık haritaları ve jeolojik kesit grafikleriyle, yani Dünya'nın kendisine verdiği kayalarla çevrili hediye paketlerini açmaya çalışan bir bilim insanının malzemeleriyle dolu masasına baktı. Kısa bir süre için gözlerini kapattı ve sanki tam gaz yaklaşmakta olan bir yük treni gibi gelen baş ağrısını uzaklaştırmak istiyormuşçasına parmaklarıyla alnını ovmaya başladı.

"Zaten er ya da geç şist gazının büyük bir kısmını yer altından çıkaracağız, yakıp bitireceğiz," diye bağladı Arthur. "Bazı insanlar bunun, ihtiyacımız olan diğer alternatif enerji çözümlerine geçişimizi kolaylaştıracağını söylüyor. Bense onların önünü tıkayabileceğinden endişeleniyorum. Bugün bu ülkedeki muhafazakâr siyasetçilerin çoğunun meseleye bakışı, şu anda burada bunca gazımız varken güneş ve rüzgâr enerjisine veya diğer yenilenebilir kaynaklara yatırım

yapmanın manası nedir ki, şeklinde. 'Kazdıkça kaz' yani değil mi? Diyelim ki en iyimser [gaz telafisi] tahminleri doğru, ayrıca farz edelim ki ABD bir sebepten ötürü enerji kaynağı olarak yalnızca Marcellus'u kullansın. Günümüzdeki oranlarla bu gazı yirmi yıl içinde yakıp tüketiriz. Belki bundan on kat fazla, iki yüz yıl sürer; belki daha da fazla. Şimdiye ve bugüne baktığımızda güzel bir süre gibi duruyor, ama bir şey unutmamak gerek: bütün bir Marcellus tortulunun oluşması yaklaşık iki milyon yıl sürdü. Jeolojik açıdan bakıldığında hayli hızlı, ama yine de birçok insanın kavrayamayacağı kadar uzun bir süre. İnsanlar şu anda gezegeni bu tür daha büyük zaman ölçeklerinde etkiliyorlar, ama bu gerçeği planlamada ve açıklamada pek de başarılı değil gibi görünüyoruz. Geçmişin derslerini ve geleceğin olasılıklarını göz ardı ederek kendimizi riske atıyoruz."

***

Pennsylvania'daki kayalar, kendisi de jeologların karmaşık organizmaların fosillerini bulabildiği, bugüne dek uzanan ve bugünü de içine alan yarım milyar yıllık bir zaman dilimi olan Fanerozoik Dönemin başlangıcını işaretleyen, yaklaşık 542 milyon yıl önceki Kambriyen Döneminin başlangıcına dek devam eden kayıtlar barındırıyor. "Fanerozoik," Yunancada aşağı yukarı "gözle görülür yaşam" anlamına gelen bir isim. Organizmalar, kayalarda daha kolay korunabilen kabuk ve iskelet gibi yapıları bu zamanda oluşturmaya başladı. Sert vücut parçalarının ortaya çıkışı, meşhur adıyla "Kambriyen patlaması" olarak bilinen dev biyoçeşitlilik dalgasının yalnızca bir parçasıydı. Yalnızca beş veya on milyon yıllık bir zaman aralığında, birkaç santimetreden daha büyük boyutlardaki organizmalar sıradanlaştı ve omurilik, çene, solungaç ve bağırsak kadar temel fizyolojik yeniliklerin hepsi ilk kez ortaya çıktı. Bugüne dek hayatta kalmayı başarmış neredeyse her hayvanın mimarisi, baş döndüren bu biçim bolluğuna dayanıyor. Bakış açımızı geçmişte daha da geriye doğru birkaç on milyon yıl genişlettiğimizde, solucan ve denizanası gibi yaratıklarla sinir, kas, göz ve ışınsal

ve çift yönlü vücut simetrisi gibi özelliklerin ilk kanıtlarına ulaşıyoruz. Dünya'nın o zamandan önceki o uzun tarihinin neredeyse tamamında, gezegenimiz bir prokaryotlar, yani çekirdekten yoksun tek hücreli mikroplar dünyasıydı.

Onlarca yıl boyunca bilim insanları, bu kaybolmuş ve büyük oranda yabancı "Prekambriyen"* dünyanın neye benzediğini ve neden böylesi ani bir değişime uğradığını öğrenmek için çabalayıp durdu. Buna dair ipuçları Prekambriyen'e ait kayalarda bulunabiliyor ve bunların birçoğu da –bir kez daha– yaşam ve onun içinde bulunduğu ortam arasındaki kuvvetli bir etkileşimin dünyayı geri dönülmez bir biçimde değiştirmek üzere harekete geçtiğine işaret ediyor. Bu antik gizemdeki "suç aleti," teneffüs ettiğiniz havanın ta kendisi; Dünya'nın atmosferinde bulunan, gezegenimizin hızlı, kadim geçişinin özünde yatan oksijen.

Prekambriyen'i araştırmanın önündeki kaçınılmaz zorluk zaman bakımından aramızda bulunan mesafe; belirli herhangi bir kaya ne kadar eskiyse geçmişte bir noktada erimiş veya pişmiş olma ihtimali o kadar fazla, antik olaylar ve çevresel şartlar hakkında barındıracağı bilgilerin neredeyse tamamını da kaybetmiş oluyor. Prekambriyen zaman üç, hatta o ilkel gaz ve toz bulutundan güneş sistemimizin bir araya gelerek dizildiği çağ olan biçimlendirici Kaotyen Dönemini da sayarsanız bütün bütün dört dönemi içinde barındırıyor. Kaotyen'in ardından Hadeon Dönemi, Ay'ı oluşturan güçlü etkisiyle 4,53 milyar yıl önce başladı ve 700 milyon yıl sonra sona erdi. Hadean hakkında neredeyse hiçbir şey bilmiyoruz. Dünya, oluşumunun ardından soğurken hayli sıcak olmalı, ancak bir avuç nadir Hadean kayası, gezegenimizin o zamanlarda bile parçalanmış yüzey denizlerine sahip olmuş olabileceğine işaret eden sıvı suyun varlığına dair kanıtlar barındırıyor. Hadean'la ondan sonra gelen Arkeen Dönemi arasında bulunan, 4,1 ile 3,8 milyar yıl önce, görünüşe göre güneş sistemimizdeki dev gezegenlerin büyük cüsselerde asteroit ve kuyrukluyıldızı iç güneş sistemine fırlattığı zamanlara verilen isim olan Geç Dönem Ağır Bombardıma-

* Kambriyen öncesi –çn.

nın ezici bir biçimde başlamasıyla çizilmiş olan sınır pek de iyi tanımlanmış değil. Hadean'ı sonlandıran ve Arkeen'i başlatan büyük darbeler, aynı zamanda gezegenimizin tortul kayalarının kaydını da başlattı. Hiçbir Hadean tortul kayası –ve onunla birlikte Hadean'daki hiçbir canlı– kabuğun tuzla buz oluşunu ve gezegendeki suyun aniden kaynayışını atlatamadı. Bilim insanlarının yaşama ve Dünya'nın bugün bildiğimiz gezegene doğru başkalaşımının başlangıcına dair ilk kanıtları buldukları kayalar, Arkeen kayalardır.

Erken dönem Arkeen kayalar okyanuslara, tam teşekküllü levha tektoniğine ve kıtaların aşamalı olarak büyümesine olduğu kadar fotosentetik mikroplar tarafından üretildikleri su götürmez olan küçük miktarlarda organik karbona dair de ipuçları barındırıyor. Ancak barındırmadıkları bir şey varsa, o da atmosferik oksijenin kayda değer herhangi bir izi. Arkeen dünya, anoksik koşullarda birikmiş sise benzer organik puslarla bulutlanmış bir gökyüzünün altında ıssız ve kasvetli bir yerdi. Muhtemelen aynı zamanda sıcaktı da: büyük ihtimalle egemen yaşam formu enerjisini, hidrojen ve CO_2'yi tepkimeye sokup ürettiği, CO_2'den daha fazla ısı saklama yetisine sahip bir sera gazı olan metandan alan ve "metanojenler" adı verilen geniş bir prokaryotlar sınıfıydı. Metanojenlerin ve diğer anaerobik mikropların iç karartıcı küresel hakimiyeti yaklaşık bir milyar yıl kadar sürmüş gibi görünüyor. Daha uzun da sürebilirdi; şüphesiz ortaya aniden yeni bir yaşam formu çıkmamış olsaydı: fotosentetik siyanobakteriler.

İlk olarak Arkeen'in ikinci yarısında kayalarda beliren siyanobakteriler, tıpkı Devonyen bitkileri veya Holosen insanları gibi, dünyayı kökünden değiştirmeye devam edebilecek suyeşili prokaryotlardı. Hal böyle olunca, siyanobakteriler dünya üzerindeki tüm yaşamın evrimini kararlı bir biçimde şekillendirdi ve Prekambriyen'deki son dönemi belirledi: Proterozoik, yani Fanerozoik'e öncül olarak "erken dönem yaşam"ın iki buçuk milyar yıllık uzantısı. Gezegenin daha önceki milyarlarca yılında var olmuş ve hidrojen, sülfür, demir ve çeşitli organik moleküllerden enerji almak için güneş

ışığını kullanmış olan fotosentetik yaşamın aksine siyanobakteriler, daha bol bulunan ve daha fazla enerji sunan bir madde olan suyu ayrıştırmak için güneş ışığını kullanmanın metabolik bir yolunu geliştirdi. Bu yol, evrimsel bir şans gibi görünüyor; bilim insanlarının anlayabildiği kadarıyla bu olay Dünya'nın uzun tarihi boyunca yalnızca bu tek seferde gerçekleşmiş. Getirdiği en bariz yenilikse, güneş ışığını, sıklıkla pembe veya mor renkte olan daha fotosentetik pigmentlerden daha etkili bir biçimde soğuran, göze çarpan bir biçimde yeşil bir ışık-emici moleküller sınıfı olan klorofildi. Siyanobakteriler, klorofili kullanarak güneş ışığını suya yönlendirdikten sonra toplanan hidrojeni CO_2'yle birleştiriyor, artık oksijeni de boşaltıyordu. Siyanobakteriler aynı zamanda kimyasal olarak eylemsiz olan nitrojen gazını havadan çekerek DNA ve proteinlerin biyokimyasal yapısına dahil etmek gibi nadir rastlanan bir yetiye de sahipti. Kendi gübrelerini üretebilme yeteneğiyle donanmış olan siyanobakteriler, eşsiz bir biçimde, suyun, CO_2'nin ve güneş ışığının var olduğu her yerde yaşayabiliyor, tam anlamıyla dünyayı fethetmeye hazır bulunuyordu. Geç dönem Arkeen kayaları, onların yaptığının da tam olarak bu olduğunu gösteriyor; engin açık okyanuslarda birer çiçek öbeği gibi, sığ sularla kıyı şeritlerini örten konsantre bir örtü halinde serpiliyorlardı.

2,4 milyar yıl önce, Dünya'nın yeni efendileri öylesine olağanüstü miktarlarda oksijen ürettiler ki okyanus suyunda çözünmüş halde bulunan demir oksitlenir, katılaşır ve deniz tabanına çökerken, gezegeni geri dönülemez bir biçimde dönüştürmeye başladılar. Element, günün birinde motor blokları, gökdelen kirişi ve savaş gemisi gövdesi olmak üzere, kalın demirli çamur katmanları halinde zemine yerleşti. Başlangıçta bu oksijenin çoğu organik karbon, volkanlardan çıkan uçucu gazlar ve paslanan okyanuslarla girdiği tepkimeler sonucu silinip süpürüldü. Oksitlenmiş madde denizlerin dibine batarak, çok daha sonra Marcellus gibi siyah şistleri oluşturacak olanlara benzer katmanlaşmış ve durgun küresel okyanus koşulları yarattı. Uzmanlar, gezegenin jeokimyasını o bol miktardaki oksijene el koymaktan belirleyici

biçimde caydıran şeyin ne olduğu üzerine sonsuz bir tartışmaya girmiş durumda, ama sonuç şüphe götürmez: birkaç yüz milyon yıl boyunca okyanusların büyük kısmı malzemeye doydu ve o günden itibaren de okyanustan atmosfere gaz akışı sürdü. Üst atmosferde oksijen molekülleri kümelenerek Güneş'in biyolojik olarak zararlı morötesi ışınlarının büyük bir kısmını soğuran bir ozon tabakası oluşturdu ve çok daha aşağıdaki, gezegenin yüzeyinde bulunan yaşam için bir kalkan görevi gördü.

Oksijen artışı, içten yanmalı motorların ve kloroflorokarbon püskürten buzdolaplarının icadından çok daha önce, dünyanın ilk büyük kirlilik krizi oldu. Dünya'nın yeni ozon tabakasının sağladığı faydaya karşın, gezegendeki oksijenlenme, Arkeen'de gelişip büyümüş anaerobik biyosfer için tam anlamıyla bir ekolojik felaketti. Bu canlılar için, oksijenin had safhadaki tepkiselliği onu korkunç bir zehir haline getiriyordu. Oksijen gezegeni kapladıkça muazzam sayılarda mikrop türü ortadan kalktı ve hayatta kalan anaerobların çoğu da güneş ışığından kaçarak, başlangıçta derin denizlerle göllerin karanlık tabanlarındaki oksijensiz çamurlara, çok sonraları da insanlar da dahil karmaşık hayvanların düşük oksijenli sindirim kanallarına çekildi. Günümüzde bu iki tür sığınakta da gizleniyorlar. Oksijen aynı zamanda neredeyse onları üreten siyanobakterilerin de sonunu getirecekti; anaerobik metanojenlerle ısıyı hapseden atmosferik metanın birbiriyle ilintili çöküşleri küresel sıcaklıkları dimdik bir düşüşe geçirdi ve ilki 2,4 milyar yıl önce, ikincisi 750 milyon yıl önce ve üçüncüsü de yaklaşık 600 milyon yıl önce olmak üzere en azından üç Proterezoik buz çağına sebep oldu. Bu buz çağlarının her biri de öylesine uzun ve ciddiydi ki buzullar ekvatora ulaşarak, okyanusları, tüm fotosentetik yüzey yaşamını neredeyse yok eden bir buz katmana tekrar tekrar hapsetti. Bu aşırı Proterezoik buzullanmaların kanıtlarının keşfedilmesine yardım etmiş bir Caltech jeoloğu olan Joseph Kirschvink, gezegenimizin her bir buzul dönem sırasında uzaydan bakıldığında görülebilecek muhtemel görüntüsünden hareketle bunlara "Kartopu Dünya" olayları adını verdi.

Ekvator yakınlarında veya tecrit edilmiş volkanik sıcak noktalardaki buz yalnızca birkaç metre kalınlığında, aksi halde incecik bir dala tutunup kalmış olan yaşamı barındıran ışığa aç kalmış okyanuslara alacakaranlıkta minik bir parıltı sağlayacak kadar şeffaftı. Eninde sonunda buzun her seferinde çözünmüş olduğu açık, aksi halde biz burada olmazdık.

Tüm bu musibetler yeni fırsatlara davetiye çıkardı: her bir Proterozoik buz çağı, bir yandan enerji yakan atmosferik oksijen seviyelerini artırırken, öte yandan da biyosfere muazzam bir evrimsel baskı uyguluyordu. Şanslı birkaç anaerob, mutasyon ve doğal seçilim sayesinde, bu yeni oksijenlenmiş atmosfer ve okyanusa dayanabilmek için uyarlandı. Bu yeni nesil aerobik prokaryotlardan bazıları kendi oksijenli fotosentezlerini kendileri yapabilmek için siyanobakterileri birer hücresel köle olarak vücutlarına hapsettiler ve bir bakıma işgalcilerden intikam aldılar. İlk ökaryotların, yani merkezi bir çekirdek ve özelleşmiş hücre yapılarına sahip hücrelerin doğuşuna yol açan şey, endosimbiyoz adı verilen bu işlemdi. Modern bitkilerin yeşil renkte olmasının sebebi, siyanobakterilerden zorlukla ayırt edilebilen, klorofille dolu "kloroplast" denen yapılar barındırmalarıdır. Birbirlerine benzeyen modern bitki ve hayvan hücreleri aynı zamanda ökaryotların oksijenden metabolik enerji çekmesine yani nefes almasına olanak sağlayan hücre bileşenleri, mitokondri adı verilen kapalı yapılar barındırırlar. Her bir kloroplast ve mitokondri, kendilerine ev sahipliği yapan organizmadan bağımsız olarak birer DNA'ya sahiptir; bu durum, ikisinin de Proterozoik'in ikinci yarısındaki bir zamanda ökaryotik hücrelere dahil edilmiş prokaryotların tutsak torunları olduğunu doğruluyor. Son büyük Proterozoik buz çağının da yaklaşık 600 milyon yıl önce bitmesiyle birlikte, atmosferik oksijen de günümüzdeki seviyelerine yaklaşıyordu ve yeni, toy bir ökaryotlar nesli muazzam enerji yayma gücünü kullanmak için hazır bekliyordu. Çok hücreli canlılar ilk kez, büyük, etkin vücutlarını destekleyebilmek için havanın kendisinden yeterli enerji çekebiliyordu. Sahne; yaşamın patlayarak çeşitlenmesi ve büyümesi, karmaşık

bitkilerle hayvanların yükselişi, kara üzerinde kolonileşme ve nihayet insanların ortaya çıkışı için hazırdı. An itibariyle bu cep tarihinin başladığı yere, Dünya'nın üç çağ süren basit yaşamıyla bunun ardından gelen yarım milyar yıllık yeni yeni filizlenen biyolojik karmaşıklığı arasındaki büyük geçiş olan Kambriyen'in köklerine, yani Pennsylvania'nın en eski taşlarına varmış bulunuyoruz.

Elimizde bu etki-tepki kronolojisi olduğunda bile Dünya'nın neden her zaman için gözlerimizin önündeki bu yer olmadığını ve yabancı, tehlikeli bir gezegenden bugünkü haline doğru gerçekleşen geçişin tam olarak nasıl olduğunu anlamak zor olabilir. Kavranması gereken en temel nokta, gezegenin var olduğu tüm o sürenin enginliğidir. Bin yıllık bir iklim kayması, önceden bir çöl olan yeri bir ormana çevirebilir. Bir milyon yıllık bir tektonik etkinlik, dümdüz bir ovadan bir dağ yaratabilir. Yüz milyon yıllık evrimsel deneme ve yanılma, bir prokaryotu ökaryota, bir fareyiyse insana dönüştürebilir. Bir milyar yıl, dünyanın var oluş biçiminin baştan aşağı yeniden inşa edilmesi için yeterli bir zamandır. Çoğu insana göre, Fanerozoik ve Proterozoik sözcükleri kulağa kesinlikle *aynı* gelmektedir ve bir milyonla bir milyar arasındaki farksa zaman miktarından ziyade bir sayı dizisinin sonuna konan fazladan üç sıfırdan ibarettir. Ama basit düşünce deneyleri, gerçeği ortaya çıkarır.

Fanerozoik'in tüm o 542 milyon yıllık zaman aralığının, gezegenimizin toplam tarihinin yaklaşık yalnızca sekizde birini kapsadığını düşünün. Yazar Bill Bryson'ın yaptığı gibi, bir zaman makinesine atlayıp saniyede bir yıllık bir oranla Fanerozoik zamana gittiğinizi hayal edin. Doksan dakika sonra kendinizi Bronz Devrinde, Stonehenge'in inşa edildiği, atların evcilleştirildiği ve semavi dinlerin kurulduğu zamanlarda bulurdunuz. Bir gün sonra, av arayan küçük insan gruplarının Afrika'dan göç etmeye başladığı Taş Devrinin ortalarında olurdunuz. Kambriyen'in başlangıcına, Fanerozoik'in temeline varmanız 20 yılınızı alırdı. Şimdi, erken dönem Prekambriyen zamanın neredeyse on yılının altında, geçmekte olan her bir Fanerozoik yılın yattığını unut-

mayın; uzak Kambriyen'den ayrıldıktan sonra, saniyede bir yıl atlayan zaman makinenizin sizi gezegenin ilk anlarına götürmesi 125 yıl sürerdi.

Bunun yanında, Dünya'nın 4,5 milyar yılını bir takvim yılına uyarlamayı da deneyebilirsiniz. Prekambriyen, Dünya'nın yeni yılın ilk gününde ilkel bulutsudan birleşerek oluşmasıyla başlar ve Kasım ortalarındaki Kambriyen patlamasına dek devam eder. Yaşam Şubat sonlarında sahneye çıkar, ama siyanobakteriler Dünya'nın atmosferine oksijen pompalamaya ancak Haziran ortalarında başlar. Marcellus şisti, Şükran Gününden* birkaç gün sonra oluşur, Pennsylvania'nın kömür ölçümleriyse aralıkın ilk haftasında yerlerine tamamen yerleşmiştir. Ertesi hafta dinozorlar ortaya çıkar, ama Noel'e gelindiğinde onlar da yok oluşa yenik düşer. Anatomik olarak modern insanlar partiye geç kalmıştır ve Yeni Yıl Arifesinde, gece yarısına on beş dakikadan daha az bir zaman kalmışken çıkagelirler. Gece yarısından bir dakika önce, son buzul nabzı kutuplara geri çekilir ve Holosen buzularası başlar. Gece yarısına yaklaşık bir saniye kalaysa Dünya, Antroposen'e girer.

Yazar John McPhee, daha basit bir görselleştirme geliştirmiştir: Dünya'da bugüne dek geçen tüm zamanı temsil etmek üzere iki kolunuzu iki yana doğru açın. Gezegenimiz, sol elinizin en uzun parmağının ucunda oluşur ve sağ elinizin bileğinde de Kambriyen başlar. Karmaşık yaşamın başlangıcı avcunuzun içinde yatmaktadır ve dilerseniz "orta tanecikli bir tırnak törpüsü kullanarak yapacağınız tek bir vuruşla" tüm insanlık tarihini silip atabilirsiniz.

Zamanın derinliği, jeologların ve hatta onların her konuda bilgili olan akranları dünya ve gezegen bilimcilerin bile asla tam anlamıyla alışamadıkları bir şey. Fosilleşmiş bir şeklin, belki bir trilobitin, bir yaprağın veya kertenkele türünde bir hayvanın ayak izinin dış hatları, onları hâlâ iliklerine kadar ürpertebiliyor veya göğüslerinde, derin bir nefesin bile dolduramayacağı kadar büyük, titreyen bir oyuk açabiliyor. Gök

* Şükran Günü ABD'de her yıl Kasım ayının dördüncü perşembesinde kutlanır –yn.

cisimlerinin hareketlerini ölçüp Dünya'da taşlaşmanın yıllık kaydını tutabilir, bu esrarengiz bilgiyi bilindik ölçeklere uyarlayabilirler, ama en alçak gönüllüleri bile bir asırlık zaman diliminde topraktan gelip toprağa dönen zihinler, var oldukları zaman dilimi içerisinde, o heybetli ve vakur çağları tam anlamıyla kavrayabilecekmiş gibi davranmaz. Bunun yerine zamanın dışına çıkmaları, bir an için sonsuz olmaları gerekir. Dünyaları, biri gelip geçici ve bariz, diğeriyse ebedi ve gözlerden uzak olmak üzere çift yönlü, üst üste binen boyutlar kazanır. Bir gezegen, kıtasal çarpışmaları ve volkanik püskürmeleri yoluyla ulaşılmaz bir hedefin peşinde koşan engin bir makine veya bir organizma haline gelir. Bir insan, kayalardan yükselerek gökyüzünü soluyan, atomları yıldız örsünde dövülmüş olan Güneş'i yiyen, proteinle kaplı bir okyanus parçası oluverir. İnsanlığın kolayca tıraşlanabilir gibi görünen varlığıyla sırlanmış, gelmiş geçmiş tüm dünyevi imparatorlukların evrimsel silsilesini seyrederken, türümüzün dünyada nasıl da nefes kesici bir hızla fırtınalar estirdiğini algılarlar. İnsanlığın çıkış noktası, bir tür akıllı öz-yansıma kıvılcımıyla tutuşmuş, savanlardan ve mağaralardan ileri doğru atılıp biyosferi alev alev geçen ve önce tüm gezegende, sonra da güneş sisteminde teknoloji şarapneli parçalayan, bilinmez olana doğru ilerleyen ani bir patlamadır. Eriyen bir buzulun yanıbaşında gerçekleşen dev bilinç sıçramasının ardından, Ay'ın üzerine bırakılan ilk ayak izi için gereken şey yalnızca küçük bir adımdı. Işık dolu ve kısacık modern devir, Dünya'nın karanlık ve ebedi çağlarının üzerinde bir şimşek gibi çakıyor. Faniliğinden bihaber bir kültüre batmış olan jeolojik zaman öğrencileri tüm bunları görüyor ve insan ırkının da bir şekilde baki kalıp kalmayacağını merak ediyor.

Birbirine karışmayan duygular, modern yaşamın ve derin zamanın çift yönlü gerçekliklerine, kolayca reddedilişe direnen kayıtsızlık ve kaygının tuhaf alaşımlarına kafa yormaktan doğuyor. Bir gezegen ve onun geçmişinin zengin debdebesine karşın, insan alışkanlıkları ve davranışları, bir bütün olarak insan seçimleri Dünya'nın karmaşık biyosferini böylesine güçle kayıtsızlığa sürüklerken bile bir insan

yaşamının kısa etkinliği beyhudeliğe doğru küçülüyor. Yine de Antroposen'in yarattığı değişimler ne kadar güçlü olursa olsun, kalıcılıkları insanların hakimiyeti kadar şüphelidir: elbette ki bir tür, yok olduktan sonra geri döndürülemez, ama bir süre sonra gezegenin biyoçeşitliliğinin geçmişte olduğu gibi geri döndürülemez hale geleceğine inanmak için birkaç sebep bulunuyor. Modern uygarlığın, sahip olduğu tüm o güce rağmen, Yaşam Ağacının esas köklerini oluşturan dirençli mikrobik dünyaya ufacık bir zarar vermek için bile belli bir miktar çaba sarf etmesi gerektiğini görmek bir lütuf olarak görülebilir. Durum aksi yönde olsaydı, biyosferi çok daha kesin bir biçimde tahrip edebilirdik. Yaşam dışı değişimlerin çoğu –jeokimyadaki değişimler, atmosferin ve okyanusun dolaşım şablonları vb– büyümekte olan kıta kratonları, çöken okyanus kabuğu ve patlayan volkanlar tarafından eninde sonunda tersine döndürülüp yeryüzünden silinecek. Dünya'nın yenilenmesinin milyonlarca yıl alacağı gerçeğinin bugünün ve yarının insanlarına teselli olmayacağı gibi, uygarlığımızın ayaklarının altında ezilmiş sayısız türe de hiçbir faydası yok, ama bu, bir telafiyi akla daha az yatkın yapmıyor. Otlar yeşerecek, Güneş ışıldayacak ve alet kullanmayı bilen bir düzenbaz primatlar sürüsü olsa da olmasa da Dünya'daki yaşam devam edecek. En azından kendini ölümüne yakarak çağlar boyunca aydınlık sağlayan Güneş, dünyevi olan her şeyin sonunu nihai olarak getirene dek.

Dolayısıyla tüm bunların uygarlığın çöküşünü ve gezegenin biyolojik varlığına şu anda uygulanan yıkımı üzülmeye değer kılıp kılmayacağı, sizin ölçek algınıza ve insanların cömertçe "Büyük Resim" denen şeyin, yani biyosferden başlayıp Samanyolu'nun içlerine doğru uzanan varlıkların değerlendirmesinin neresinde durduğunu düşündüğünüze göre değişir. Aslına bakılırsa bu, doğanın çok daha büyük olan tablosunun yalnızca minik bir parçası. Kozmik ölçeğin daha yukarılarında, yani bütün bir galaksinin bile yüz milyarlarca bulutsu zerreciklerinden biri haline geldiği yerde veya daha aşağılarda, temel parçacıkların kuantum dünyasında, Dünya'daki yaşam, bilinç ve teknoloji kıvılcımının

önemi daha da ayırt edilemez hale geliyor. Ama aradaki tüm o Güneş'le dolu belirsiz boşlukta, daha büyük şeylerin umudunu görmek, gezegen ve yıldız zamanının ötesinde ışıyarak yükselip sonsuz, ebedi galaktik menzilin dibinde parıldayan tek bir yıldızın etrafında dönen tek bir gezegen üzerindeki milyarlarca yıllık yalnızlığını geride bırakan kıvılcımımızı tahayyül etmek mümkün hale geliyor.

Bölüm 7

DENGE BOZULDUĞUNDA

Bir dünya bilimcinin, küçük detayları atlama pahasına Büyük Resmi görme eğilimi, bir sabah, Marcellus Merkezine ve Penn State'in yerbilim bölümüne ev sahipliği yapan kırmızı tuğlalı Deike Binasında başıma gelen bir olayı açıklamama yardımcı oluyor. Bomboş bir koridordaki bir dizi asansörün yanında duruyor, birisiyle buluşmayı bekliyordum. Yakası düğmeli bir fanila ve haki renk bir pantolon giymiş, kısa boylu ve gözlüklü bir adam köşeyi döndü, geçerken bana şöyle bir bakış attı ve yakındaki bir tuvalete girdi. Bir dakika sonra adam tekrar ortaya çıkıp yanımdan geçti ve geldiği yöne geri dönmeden bir sebilden bir yudum su içti. Köşeyi dönüp kaybolmasına birkaç adım kala adama seslendim; adam geri dönüp baktığında hiç de beni tanımış gibi görünmüyordu.

Şaşırmıştım, çünkü ben bu adamın, Penn State'te Dünya'nın atmosferi ve ikliminin evrimi üzerine uzmanlaşan bir jeoloji profesörü olan Jim Kasting olduğunu anlamıştım. Önceki gece "Mad Mex" adlı bir restoran barda iki saatlik bir sohbetin ardından, o sabah kendisinin çalışmaları üzerine daha fazla konuşmak için sözleşmiştik. Birkaç dakika önce Deike'ye vardığımda onunla telefonda konuşmuştum, ama Kasting koridorda benim yanımdan iki kez geçerken pekâlâ duvar kenarında cam kutuların içinde sergilenen tortul kaya örneklerinden biri de olabilirdim.

"Ah," dedi sonunda. "Selam, Lee. Görmedim seni. Gel, ofisime gidelim."

Bir NASA astronotunu gözünüzde canlandırırsanız –Uzay Yarışındaki gibi avcı uçağı pilotu şeklinde basmakalıp bir tip değil de Apollo sonrası türden, gelişmiş bir akademik

kökene sahip bağnaz bir fitness hastası gibi– muhtemelen Jim Kasting'in görünüşüne çok yakın bir sonuca ulaşırsınız. Kasting elli sekiz yaşında, ama katı bir yüzme, koşu ve ağırlık kaldırma rejimi sayesinde çok daha genç gösteriyor. Heybetli bir alna ve bir güreşçinin sıkılaşmış, zinde vücuduna sahip olan adam tam bir kitap kurdu yakışıklısı. Gezegen karbon döngülerinin narin noktalarını konuşurken de spor arabalarda arkadan çekişin faydalarından bahsederken de eşit derecede rahat. Kasting, beklenmedik bir kesinlikle konuşuyor ve duygular sesini nadiren gölgeliyor. Asla acelesi varmış gibi görünmüyor, yine de muazzam biçimde verimli olmayı başarıyor. Ancak en astronotik özelliğinin çözümü biraz daha zor: kişinin dünyadaki kaçınılmaz biçimde küçük yerinin farkındalığına, azametli bir noktada oturup Dünya üzerine saatlerce kafa yormanın getirdiği bir kabule işaret eden bir dinginlik.

Kasting'in bir astronotla olan benzerliği, önceki gece sarhoş Penn State öğrencilerinin kakofonisi ve bir dolarlık *taco*larla geçiştirilmiş bir akşam yemeği arasında üzerine konuşma fırsatı bulduğumuz yetiştirilme tarzına bakıldığında hiç de beklenmedik değil. Jim ve onun tek yumurta ikizi Jerry, 2 Ocak 1953'ün erken saatlerinde, Schenectady-New York'ta doğmuş. Kız kardeşleri Sandy ise yıllar sonra dünyaya gelmiş. Annesi her ne kadar çocukları yetiştirmek için evde kalmışsa da, daha sonra kimya ve matematik alanındaki diplomalarını kullanarak üniversitelerde dersler vermiş. Makine ve elektrik mühendisi olan babası, General Electric için taşeron olarak jet motorları inşa ediyormuş. GE bir sonraki sözleşme neredeyse onları da ülkenin o bölgesine gönderdiğinden, aile nadiren bir yerde uzun süre kalmış –önce Schenectady, sonra Cincinnati, ardından yine Schenectady– ta ki yedi yıl kalacakları Huntsville-Alabama'ya taşındıkları 1963 yılına kadar. Buradaki sözleşme dünya için, ama özellikle de beşinci sınıfın ortasında olan Kasting kardeşler için tamamen yeni bir şey üzerineydi: GE, babalarını NASA'nın dev Satürn roketlerine yerleştirilecek üçüncü aşama motorlar üzerinde çalışması için Alabama'ya göndermişti.

1960'ların Huntsville'i, Uzay Çağının ilk kıpırtılarının esir aldığı bir kentti. Amerika'nın ilk balistik füzeleri, uyduları ve astronotları için tasarlanan roketler Redstone Cephaneliğinin yakınlarında geliştiriliyordu ve Huntsville'deki ailelerin çoğu geçimlerini doğrudan veya dolaylı olarak uzay programı fonlarından sağlıyordu. Akşam yemeği için gittikleri bir restoranda, başlarını kaldırdıklarında, Apollo programının baş mimarı Wernher von Braun'u bitişikteki masaya oturmuş, bir bifteğe saldırırken görebiliyorlardı. Eve dönüp gece haberlerini izlerlerkense von Braun bu sefer televizyon ekranında, tipik Alman aksanıyla, açılan yeni hudutlar hakkında konuşuyor oluyordu. Von Braun, Huntsville'in yirmi kilometre kadar güneybatısında, NASA'nın Marshall Uzay Uçuş Merkezinin başkanlığını yürütüyordu. Arada sırada bir dizi siyah limuzinin kentin içinden hızla geçip gittiğini gören Jim ve Jerry, bunların Marshall ve von Braun'a giden bir başka VIP federal konvoy olduğunu biliyordu. Amerika Ay'a gidiyordu ve görünüşe göre dünya, devrimsel yeni bir çağ için hazırdı. Ama oğlanlar, Huntsville düzenli aralıklarla ve her seferinde dakikalarca sarsılmaya başlayana kadar babalarının yaptığı işin ehemmiyetini tamamen kavrayamamıştı. Marshall'daki sabit test stantlarına cıvatalanmış olan Satürn roketinin dev motorları denemelere tabi tutuluyor, muazzam miktarlarda sıvı hidrojen ve oksijen yakarak saniyede milyonlarca kilo itki yaratıyordu. Her bir deneme ateşlemesi, kızılcık ağaçlarını ve manolyaları titreten ve ürkek kuşların havalanmasıyla gökyüzünü bulutlandıran derin bir gümbürtüyle başlıyordu. Gümbürtü hızla artarak bir kükremeye dönüşüyor, bu kükreme de tüm şehre doluyor, pencereleri ve otomobillerin ön camlarını çatırdatıyor ve genç Jim'in içinde, günün birinde astronot olarak olmasa bile bir bilim insanı olarak NASA'da çalışma arzusu uyandırıyordu. Roketlerin kükremesi, insanlığın kaderinin Dünya'nın beşiğinin ötesinde bulunabileceği bir geleceğin sinyalini veriyordu.

Kasting, okulda matematik ve fen derslerine ağırlık vermeye ve ulaşabildiği tüm bilimkurgu materyalini okumaya başladı. En sevdiklerinden biri, Isaac Asimov'un, galaktik

bir imparatorluğun yükselişini ve düşüşünü konu alan kitaplarını kapsayan *Vakıf Serisi*ydi. Hikâyenin büyük bir kısmı, imparatorluğun başgezegeni Trantor'da geçiyordu ve o zamanlarda böylesi bir yer, Dünya'nın çok da uzak olmayan geleceği için akla yatkın bir tahmin olarak görülüyordu: kırk milyar insanın ayakları altında karaların ve denizlerin, doğanın kendisinin boğulup boyun eğdirildiği bir gezegen, gökdelenlerle, süperotobanlarla ve kubbeli çiftlikler ve yerleşim yerleriyle dolu, göz kamaştırıcı bir tekno-ütopya. "Büyük fikirleri olan, insanlığın geleceğiyle veya toplumun nasıl idare edileceğiyle ilgilenen kitapları seviyordum," dedi bana Kasting. "*Vakıf*, böylesi fikirlerden harika birine sahipti: eğer elinizde yeterince insan varsa, bu insanların bireysel olarak tahmin edilemez ama toplamda öngörülebilir olan atomlar veya moleküller gibi davranacağı, böylelikle bir uygarlığın davranışının ideal bir gaz, istatistiksel mekanik yoluyla kontrol edilebilecek bir şey halini alacağı fikri, yani 'psikotarih.' Bunun doğru olup olmadığını bilmiyorum –insanlar hayli karmaşık varlıklar– ama beni neyin öngörülebileceğini düşünmeye ittiğini söyleyebilirim."

Çocuklar orta okuldayken, bir gece geç saatlerde babaları işten eve döndü, yanındaysa bir üçayağın üzerine yerleştirilmiş, yeni roketlerin parmaklarımızın ucuna getirdiği her şeyi görüntülemeye uygun, 6 cm'lik bir kırılmalı teleskop vardı. Karanlık ve bulutsuz gecelerde Satürn'ün halkalarını, Mars'ın kıpkırmızı disk şeklini ve yakında insanların da ayak basacağı Ay üzerindeki düzlükleri ve kraterleri görebiliyorlardı. Vizörden bakıldığında, Ay'ın büyütülmüş çentik çentik görüntüsü, bir müzenin duvarında asılı duran, tek koyu renk boyayla yapılmış bir manzara resmi gibi, dokunulabilecek kadar yakın görünüyordu. Birkaç yıl sonra daha güçlü bir 10,8 santimetrelik yansıtıcı satın alıp yakınlardaki gezgin bulutsuları ve komşu galaksileri görmek için gökyüzünü taramaya başlamasının ardından, Jim'in ilgisi güneş sisteminin sınırlarını da aştı. Kimi zaman çok çok uzaklardan bakıldığında Dünya'nın veya üzerinde yaşam barındırmayan bir başka gezegenin nasıl göründüğünü merak ediyor,

bunu görebileceği kadar büyük bir teleskobun var olmasını diliyordu.

Liseden sonra Jim, NASA'nın yörüngesiyle kesişeceğini umduğu bir gidişat planladı: Harvard'da bir lisans, sonrasında Michigan Üniversitesinde atmosfer bilimi üzerine bir doktora ve nihayet bir dizi çeşitli doktora sonrası mevkiler. 1981 yılında hayaline ulaştı ve NASA'nın Mountain View-California'daki Ames Araştırma Merkezinde bir araştırma bursu kazandı.

Jim'in NASA'ya girişinden kısa bir süre sonra, babası California'ya gelip kendisini ziyaret etti. O günlerde Jim, eşi Sharon'la çoktan tanışmıştı ve ilk çocukları olan Jeff henüz doğmuştu. NASA'nın rüzgârını arkasına alıp sorunlarla tam zamanlı olarak çalışan ve bu sayede hızlı ilerleme kaydederek daha önce kimsenin ulaşamadığı noktalara ulaşan Jim Venüs, Dünya ve Mars'ın erken dönem atmosferik evrimini modellemek için filizlenen çabalarıyla caka satarken, babası da dikkatle dinliyor, başını sallıyor ve gülümsüyordu. Belki Jim'in, ailesini uzak geçmiş ve geleceği öngörmeye çalışarak geçindirebileceğine dair kuşkuları olduğundan veya belki de kendisi yükselmek için hep zorluk çekmeye alıştığından, Jim açıklamayı bitirir bitirmez İhtiyar Kasting ona ne zaman gerçek bir iş bulmayı planladığını sordu. Aslına bakılırsa Jim'in çalışmaları gezegen biliminde halihazırda bir devrim yaratmaya başlamış ve onu NASA'nın istenenler listesine yerleştirmişti. Bursu 1983'te sona erdiğinde Ames'te araştırmacı olarak derhal işe alındı ve 1988'de Penn State'e geçiş yapana kadar da orada kaldı. Jim ve Sharon, NASA'dan gelen parayı birikimleri olarak kullanarak Patrick ve Mark adında iki çocuğa daha sahip olacaklardı.

Kasting'in Penn State'teki ofisinde süs niyetine yalnızca mavi-beyaz renkte bir şark halısıyla ve kitapların, makalelerin ve raporların sıkıcı kalabalığı bozan ve sararmakta olan astronomi temalı birkaç poster vardı. Odanın bir tarafı, astrobiyolojinin en azından yarım ton çeken başlıca literatürüyle topluca doldurulmuş üç adet büyük boy evrak dolabı tarafından işgal edilmişti. Diğer tarafıysa briket duvarlara

tutturulmuş kitap rafları kaplıyordu. Raflar, *Küresel Değişimin Biyokimyası*, *Atmosferin ve Okyanusların Kimyasal Evrimi* ve *Atmosferik Işımanın Temelleri* gibi isimlere sahip, kullanılmaktan sayfaları aşınmış ve kıvrılmış ciltlerle dolup taşıyordu. Bitişikteki bir beyaz tahta, yıldız değişimlerine, kesimsel atmosferik basınçlara, yüzey sıcaklığına ve her biri kendine özel renkte kalemle ayırt edilmiş, birbiriyle kesişen üç adet diferansiyel denklem tabakasına verilmiş kargacık burgacık stenografik referanslarla tepeden tırnağa doluydu.

Kitaplar ve denklemler, Kasting'in, küçük gezegenimizin ve onun tarihinin ötesine geçen, arka bahçedeki bir teleskopta daldığı derin düşünceleri anlatan asıl ilgi alanını ortaya çıkarıyordu. Kasting, yaygın bir biçimde, gezegen yaşanabilirliği yani yaşama elverişli bir gezegenin jeolojik süre içerisinde nasıl ortaya çıkıp evrimleşebileceği üzerine dünyada açık ara otorite olarak kabul ediliyor. Tıpkı Dünya'nın kendisi gibi, o da zamanının çoğunu Prekambriyen'in kasvetli hudutlarında geçirdi. Diğer şeylerin dışında, Kasting'in, fotosentezin Dünya'daki karmaşık yaşamı daha ne kadar süreyle destekleyebileceği (yaklaşık bir milyar yıl), Dünya'ya çarpan bir asteroitin buradaki okyanusları buharlaştırmak için sahip olması gereken asgari boyut (430 kilometre genişliğinde biri iş görür) ve insanların, tüm fosil yakıtları yakarak Dünya'yı Venüs benzeri kontrolden çıkmış bir seraya dönüştürüp dönüştüremeyeceği (henüz karar verilmiş değil, ama Kasting yanıtın çok şükür "hayır" olduğuna inanıyor) üzerine yapılan hesaplamalarda da parmağı bulunuyor.

Önceki gece yemek sırasında Kasting'e çevredeki kimi Pennsylvania yabanlarına yürüyüş yapmayı önermiştim; böylece Dünya'yı bir sistem, yaşanabilirliği jeolojik zaman süresince çözülen bir süreç olarak gördüğü Büyük Resim görüşünü, doğadan örneklerle açıklayabilecekti. "Beni sahaya sürersen hiçbir işe yaramam," diye itiraz etti başta. "Aslına bakarsan jeolojide formal eğitimim yok. Sana bir taşın karbonat mı silikat mı olduğunu muhtemelen söyleyemem. Bir buzul toprağını arazi dolgusundan ayırabilirsem şanslıyımdır." Bir margaritanın ardından fikrini değiştirmişti; beni,

Penn State kampüsünden arabayla yirmi dakikalık mesafede bulunan ve on üç kilometrekareyi kaplayan bir ormanlık ve sulak arazi olan Black Moshannon Eyalet Parkına götürmeyi teklif etti. "Yine de pek bir işe yaramayacağım," dedi Kasting, "ama güzel bir yürüyüş olacak."

*
***

Bilim insanlarının muhtemelen yaşanabilir bir başka gezegen bulduğuna dair yapılan her modern duyurunun arkasında, basitçe şu şekilde ilerleyen klişeleşmiş bir süreç vardır: Astronomlar ilk önce yeni keşfedilen bu gezegenin kütlesini ve mümkünse de yarıçapını ölçerek gezegenin yoğunluğuna ve Dünya gibi kayalık olma ihtimaline dair bir tahmin oluştururlar. Aynı zamanda kayalık gezegenin yıldızına olan yörüngesel uzaklığını ve yıldızın ışığının yoğunluğuyla rengini de belirlerler. Bir elinizin avcuna tükenmez kalemle kaydedebileceğiniz boyuttaki bu sınırlı verilerle donanan astronomlar, ardından bu verileri sayısal modelleme yoluyla yorumlarlar. Özellikle de Kasting'in en çok alıntılanan makalelerinden biri olan ve 1993 yıllında *Icarus* dergisinde yayımlanan "Cüce Yıldızların Çevrelerindeki Yaşanabilir Bölgeler" başlıklı makalesine danışırlar. Kasting ve iki meslektaşı, Dan Whitmire ve Ray Reynolds, bu makalede, hangi yıldızların çevrelerindeki yörüngelerin kayalık gezegenlerin yüzeylerinde sıvı su bulunmasına olanak tanıyacağının belirlenmesi için Kasting tarafından geliştirilen bir iklim modeli kullandı. Yaşanabilir bölgenin içlerine gidildikçe, gezegenin yüzeyi öylesine yanar ki orada bulunan herhangi bir su kütlesi anında buharlaşarak Venüs'te gerçekleşene benzer biçimde atmosferi doldurur ve kademeli olarak uzaya kaçar; bu bölgenin dışına çıkıldıkçaysa Mars'ta gördüğümüze benzer biçimde, gezegenin yüzeyindeki su donar. Eğer yeni bulunan kayalık bir gezegenin Kasting'in yaşanabilir bölgesinde olduğu kanıtlanırsa, bu gezegeni keşfedenler derhal kendilerini fonlayan kurumun basın ofisiyle iletişime geçerler ve kaşiflerin isimleri gece haberlerinde ve *New York Times*'ta dönmeye başlar. Kasting 2013'ün Ocak ayında, yirmi yıllık

hesaplamalarını gözden geçiren bir makaleye eşyazarlık yaptı, ama verilen ince ayarlar daha önceki çalışmasının çekirdek kanılarında büyük bir değişikliğe yol açmadı.

Tam anlamıyla bir avuç veriyi kullanarak uzaktaki bir gezegenin yaşanabilirliğini tahmin etmeye çalışmak, büyük varsayımların ve inanç sıçramaların bir rutin haline geldiği, belirsizliklerle dolu bir uygulamadır. Bunun en başından mümkün olmasının tek sebebi, anlayabildiğimiz kadarıyla, ister güneş sisteminin içinde ister uzaktaki yabancı bir yıldızın çevresinde olsun, doğa yasalarının gözlemlenebilir evrenimiz içerisindeki her yerde aynı olmasıdır. Evrende, yıldız ışığının bir gezegenin üzerine düştüğü her yerde, o ışık o dünyanın sistemine ışıma enerjisi pompalar. Gezegene sızacak enerji miktarı o gezegenin atmosferine ve yıldızın dalga boyuna veya rengine bağlıdır. Standart kabul edilen bu 1993 hesaplamaları için Kasting ve meslektaşları, sanal gezegenlerine, karasal gezegen oluşumunun en tipik çıktıları olduğu düşünülen atmosferik bileşimlerden verdiler: bol miktarda durağan nitrojen ve hatırı sayılır miktarda CO_2 ve su buharı parçaları. Kanıtlar, erken dönem Hadean Dünya'nın toplam atmosferinin böyle olduğuna işaret ediyor, ama konu henüz ölçülmemiş atmosferlere sahip uzak kayalık ötegezegenler olduğunda, belirli herhangi bir karışım mevcut durumda yalnızca umutlu bir tahmin olarak kalıyor.

Belirli bir atmosferik kokteyl seçildikten sonra, Kasting'in, büyük bir kısmını NASA'da çalıştığı yedi yıl boyunca geliştirmiş olduğu sayısal yaklaşımının özü devreye giriyor. Kasting, tüm bu süre boyunca kendisini, yıldız ışığının bir atmosferle etkileşimde bulunabileceği her yolu elleriyle kodlayarak, modellerini mükemmeleştirmeye adadı. Gerçek dünyada ve Kasting'in modellerinde, belirli bir dalga boyundaki bir foton yalnızca atmosferin üzerinden sekerken, bir başka dalga boyundaki bir foton da hiçbir engelle karşılaşmadan gezegen yüzeyine kadar inebiliyor. İster gerçek ister sanal olsun, atmosferin içerisindeki bir foton, bir bulut veya zemindeki parlak bir buz parçası tarafından yansıtılabiliyor. Bir sera gazı veya bir denizin karanlık suları tarafından yutulabili-

yor. Bir foton –morötesi veya elektromanyetik tayfta daha yüksek bir ışık– özellikle enerji yüklü olduğunda, moleküllere çarparak ve onları parçalayarak havada veya yeryüzünde tamamen yeni maddeler bile yaratabiliyor; bu işleme de "fotoliz" deniyor. Sonrasında fotolitik ürünler, yıldız ışığının soğurulması ve yansıtılması üzerinde kendilerine has ikincil etkilere sahip olabiliyor ve tüm bunların da hesaba katılması gerekiyor. Kasting yıllar boyunca bulabildiği gerekli tüm verileri biriktirerek, ışıma-soğurma tablolarından, fotokimyasal tepkime oranlarından, farklı gazların atmosferik ömründen ve belirli gazların volkanlardan yayılma ve taşlar tarafından soğurulmasının küresel hızından oluşan engin bir kütüphane kurdu. Toplu olarak ele alındığında, tüm bu etkileşimlerin ve girdilerin, bir gezegenin atmosferik bileşimi ve ortalama sıcaklığı, yani iklimi üzerinde devasa bir etkisi oluyor.

Yalnızca aldığı güneş ışığı miktarına ve ortalama yansıtırlığına –veya *albedo*suna– dayalı olarak modern Dünya'nın yüzeyinin ortalama sıcaklığını safça hesapladıysanız, elinizde suyun donma noktasının da aşağısında bulunan -18 Celsius derecelik bir değer olacaktır. Eğer bu sıcaklığı Kasting'in iklim modellerini kullanarak hesapladıysanız, ulaşacağınız sonuç 15 Celsius derece olacaktır ve bu da elbette ki Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığının gerçekte sahip olduğu değerdir. Buradaki uyuşmazlığın en büyük sebebi, Kasting'in gayretkeşlikle detaylı bir biçimde her birini açıklaması gereken birkaç farklı sera gazından kaynaklı ısınmadır.

Örneğin su buharıyla dikkatlice uğraşılmalıdır, çünkü tayfın termal kızılaltı kısmının çok daha büyük bir kesimini etkili biçimde soğuran su buharı, aslında CO_2'den çok daha kuvvetli bir sera gazıdır. Dahası iklim üzerindeki etkisi nitelik bakımından farklıdır: özgün Dünya sıcaklıklarında gaz halinde kalan CO_2'nin aksine su buharı Dünya'nın sıcaklık değişimleri tarafından derinlemesine etkilenir. Düşük sıcaklıklar su buharının yoğunlaşarak bulutlara dönüşmesine ve yağmur, kar ve dolu biçiminde gökyüzünden düşmesine

sebep olur ve bu da onun sera etkisini ortadan kaldırıp sıcaklıkları daha da düşürür. Buna karşın yüksek sıcaklıklar, yüzeydeki suyun buharlaşma oranını yükseltip havaya daha fazla su buharı pompalar ve bu da sıcaklıkları daha da yükseltir. Yani su buharı olumlu bir geribesleme döngüsünde hareket ederek, artan atmosferik CO_2 seviyelerinin zoruyla gerçekleşen sabit ısınma gibi diğer iklim değişikliklerini büyütür. Eğer CO_2, Dünya'nın iklim değişikliğinin bağlı olduğu dayanak noktasıysa, su buharı da kaldıraçtır.

Kasting'in iklim modellerinin kilit çıktılarından biri de sıcaklık-basınç profili denen bir şeydir; yani belirli bir atmosferde ışıyan yıldız ışığının nasıl olup da yalnızca sıcaklığını değil aynı zamanda dikey yapısını da etkileyeceğinin bilimsel jargonla söylenişi. Örneğin Dünya'nın atmosferi gelen güneş ışığının çeyreğini yansıtıp çeyreğini de sera gazları yoluyla soğurarak, kendisine çarpan güneş ışığının neredeyse yarısının yüzeye sızmasına izin veriyor. Bu da ortalama olarak Dünya'nın atmosferinin yüzeyinden daha soğuk olduğu ve tıpkı bir ocakta ısıtılan bir kap su gibi aşağıdan yukarıya ısı aktarımı yoluyla ısıtıldığı anlamına geliyor. Yüzey ısınımının ve ısı aktarımının büyük bir kısmı ekvator çevresinde, yani herhangi bir küre üstünkörü incelendiğinde de görüleceği gibi, neredeyse doğrudan tam tepeden vuran güneş ışığının soğurulması için daha fazla yüzey alanının bulunduğu yerde gerçekleşiyor. İletici nemli hava hücreleri sıcak yüzeyden hareket edip dalgalanarak, yükseldikçe ve genişledikçe soğuyor ve nihayet nemlerini yoğunlaşmış su buharı, yani bulut ve yağmur olarak boşaltacak soğukluğa ulaşıyor. Atmosferik aktarım; neden tropik kuşağın kutuplardan daha soğuk olduğunun, Güneş'in ışımasına kısmen daha yakın olmasına rağmen yüksek dağ zirvelerindeki havanın deniz seviyesindeki düzlüklerdeki havadan daha ince, daha soğuk ve daha kuru olma eğilimi gösterdiğinin ve gökgürültülü fırtınaların neden Güneş'in zirveye çıkmasından saatler sonra, yakıcı akşamüstlerinde ve akşam başlangıçlarında gerçekleştiğinin açıklanmasına yardımcı oluyor.

Dünya'nın sıcaklık-basınç profili, atmosferde tropopoz adı verilen bir özellik, havayla dolu sıcak troposferin üstüyle daha soğuk ve daha ince olan stratosferin altında ayırıcı bir çizgi yaratıyor. Su buharı soğuk sıcaklıklara maruz kaldığında yoğunlaştığından, yukarıda yatan daha soğuk atmosferik katmanlar tarafından tropopozun altında etkili biçimde hapsediliyor. Bu "soğuk tuzak" etkisinin, Dünya'nın su üzerindeki uzun süreli mülkiyeti açısından ne kadar önemli olduğu konusu, Kasting, meslektaşı James Pollack ve bir avuç diğer akranları tarafından NASA'daki Ames'te yürütülen bir dizi çalışma sonucunda, 1980'lerde gün yüzüne çıktı. Kanıtlar, gezegenimizin komşu ikizi olan Venüs'ün tarihinin erken dönemlerinde bizim dünyamız gibi yaşama elverişli biçimde ılık ve ıslak olduğunu göstermesine rağmen, kardeş gezegenimizin neden Dünya'nınkinden böylesine çarpıcı biçimde farklı bir iklim geliştirmiş olduğunu anlamaya çalışıyorlardı.

"Benim gibi birine göre Venüs'le ilgili en önemli şey, yaşanabilir bölgenin iç sınırlarıyla ilgili söyledikleridir," diye açıkladı Kasting, ofisinde sohbet ederken. "Bu, güneş sisteminin dışındaki diğer gezegenler konusunda sahip olabileceğin beklentilere deneysel bir sınır koyuyor; Venüs'ün aldığı kadar yıldız ışığı çeken bir şeyin muhtemelen yaşanabilir olmayacağını tahmin etmek için fazla modelleme yapmana gerek kalmıyor. Yani eğer aksi halde Dünya'ya benzer olacak bir gezegenin yıldızına fazla yakın mesafede oluşması durumunda ne olacağını ve yıldızı zaman içinde daha da parlaklaşan yaşanabilir bir gezegene ne olabileceğini öğrenmek istiyorsan, Venüs sana çok şey anlatacaktır."

Kasting, başta Caltech'ten Andrew Ingersoll olmak üzere birtakım başka gezegen bilimcilerin önceden gerçekleştirdiği çalışmaları temel alarak, tıpkı Dünya'nın yörüngesinin Güneş'e doğru daha içlere ilerleyerek daha Venüs'e benzer bir duruma gelmesi halinde veya Güneş jeolojik zaman süresince aydınlığını yavaşça artırdığında olacağı gibi, Dünya'nın atmosferik yapısının –yani Dünya'nın sıcaklık-basınç profilinin– yüksek güneş ışığı yoğunluğuna nasıl tepki vereceğini modelledi. Yıldız ışığında, gezegenimizin yörüngesinin 0,95

AB'ye, yani Güneş'e yüzde 5 yakınlığa taşınmasına denk yüzde 10'luk görece makul bir artışla, ek ısınmanın troposferi su buharına doyurarak tropopozu en az 145 kilometre yüksekliğe kadar itebileceğini gördü.

Sayısal modelinde tropopozun hızlı yükselişini gören Kasting, o sanal dünyanın ve günün birinde de bizim dünyamızın sonunu getirebilecek şeye tanıklık ettiğini biliyordu: Bu tür yüksekliklere ulaşan su buharının büyük bir kısmı, Güneş'ten gelen morötesi ışık tarafından fotolize olabileceği yere, yani koruyucu ozon tabakasının da üstüne yükselebilirdi. Serbest kalmış atomik hidrojenin küçük bir yüzdesi tamamen dış uzaya kaçar, su yaratmak için Dünya'ya bağlı oksijenle birleşmesine dair tüm ihtimalleri de beraberinde götürürdü. Birkaç yüz milyon yıl içerisinde yeteri miktarda hidrojen bu şekilde uzaya kaçabilir, okyanuslar da esasında kaynayıp buharlaşarak, gezegenin yüzeyinde veya havada bir damla bile su bırakmadan, gezegeni yaşamsız ve kupkuru kılabilirdi. Güneş, bir milyar yıl içinde, şişerek bir kızıl deve dönüşüp dünyamızı da fiziksel olarak yutmadan önce, o yüzde 10'luk hayati parlaklığa ulaşacak ve Dünya, üzerindeki suyu ve yaşamı hızla kaybetmeye başlayacak. Şu anda bu "nem stratosferi" mekanizmasının, güneş sistemimizin tarihinin erken zamanlarında Venüs'ün okyanuslarını nasıl kaybettiğini açıkladığı düşünülüyor ve o gezegenin bizim kendi gezegenimiz için 0,95 AB olan eşiği de Kasting'in 1993 yılındaki standart belirleyici makalesinde bahsedilen yaşanabilir bölgenin iç sınırlarına doğru ihtiyatla yaklaşıyor.

Venüs okyanuslarını kaybederken, artan sıcaklıklar gezegenin kabuğunu pişirerek ortaya CO_2 çıkardı ve bu gaz, atmosferi doldurmaya başladı. Sonuç olarak, Venüs'ün şu anda Dünya'nınkinden yaklaşık 90 kat daha yoğun olan ve gezegenin yüzey sıcaklığının kurşunu eritmesine sebep olacak kadar kuvvetli bir sera gazı üreten atmosferi neredeyse tamamen CO_2'den oluşuyor. İkinci bir dizi çalışmada, Kasting ve meslektaşları, artmış güneş ışığından ziyade artmış CO_2'nin, çok daha hızlı bir zaman ölçeğinde bu tür nemli bir stratosfer yoluyla okyanus kaybına bağımsız bir biçimde se-

bep olup olamayacağını incelemek için Dünya'nın atmosferindeki CO_2 içeriğini değiştirdiler.

Kasting, yükselen CO_2 seviyeleri sıcaklıkları uçuşa geçirse bile ortaya çıkan dev miktarlarda su buharının bir düdüklü tencerenin kapağı gibi davranarak, alt atmosferi okyanusların asla kaynayamayacağı bir seviyeye ittiğini, böylece Dünya'nın stratosferini görece kuru tuttuğunu şaşkınlıkla fark etti. Konu stratosferin neme doyması veya okyanusların buharlaşarak uzaya kaçması olduğunda, sayısal modeller, Dünya'nın atmosferik CO_2'sinin, mevcut yoğunluğunun yirmi beş katından da fazlasına, yani gezegenimizin bilinen "geleneksel" petrol ve kömür fosil yakıt rezervlerinin tamamının yakılmasıyla ortaya çıkacak, ama Marcellus'un şist gazı gibi, gezegenin geleneksel olmayan kaynaklarının da yakılması durumunda menzil dahilinde bulunması yalnızca bir ihtimal olan bir seviyeye ulaşması gerektiğine işaret ediyordu. Her ne kadar insanlık gezegene, toplumları acze düşürecek ve mevcut biyoçeşitliliği ciddi hasara uğratacak bir sıcaklık vermeyi halihazırda başarmış olsa da Kasting'in hesaplamaları, insanların nemli bir stratosfer yaratmasının –her ne kadar kesinlikle imkânsız olmasa da– çok daha zor olacağını gösteriyor. Kendisinin hesaplarına göre fosil yakıtlar yakarak gezegenin okyanuslarını uzaya kaçırmak, günümüz uygarlığının menzilinin ötesinde kalıyor.

Ancak Kasting'in fikirlerinde de, bilimin Dünya üzerinde olgunlaşmamış kontrolsüz bir seraya yol açacak insan yapımı bir nemli stratosfer ihtimalini tamamen göz ardı edememesi gibi kayda değer belirsizlikler bulunmuyor değil. CO_2 ve su buharının dışındaki diğer sera gazlarının da Dünya'nın iklimi üzerinde rolleri var ve gelecekte, Kasting'in modellerinde açıklanmamış önemli etkileri olabilir. Dünya'nın içerisinde hapsolmuş fosil yakıtların tam olarak miktarını veya gelecekteki piyasa şartlarına ve teknolojik gelişmeye bağlı olarak bu tahmini toplamın ne kadarının etkili bir biçimde çıkartılıp yakılabileceğiniyse kimse bilmiyor. En önemlisi de sıcaklık ve basınçtaki ne genişlikte çeşitliliklerin, termal kızılaltı ışımanın su buharı tarafından soğurulmasını inceden

inceye etkileyebileceğini kimse tam olarak anlayamıyor. Bu belirsizlik, hiçbir yerde bulutlar sorununda olduğu kadar bariz değil.

Ortalama insana göre bulutlar, mavi göklerde pamuk gibi kabarık bir şeyler veya kötü havaya işaret eden gri tabakalardır. Kasting gibi bir iklim modelcisine göreyse bulutlar, su buharının en canlı ve aldatıcı biçimi, kendi zalim karmaşıklıklarının içinde neredeyse bir canlı gibi değişken yaratıklardır. Bulut katmanının genişliğine, yüksekliğine ve bileşimine bağlı olarak bir gezegeni ısıtabilirler de soğutabilirler de. Alçakta bulunan yoğun bir bulut örtüsü, güneş ışığının ciddi bir kısmını uzaya yansıtarak sıcaklıkları düşürebilir. Ama alçak ve yoğun olanların üzerine, yüksekle-re ince bir bulut tabakası serpiştirirseniz, yarı saydam üst katman artık güneş ışığının aşağı doğru akmasına izin vermekle birlikte sonrasında kaçmaya çalışan ısıyı hapsedeceğinden, bu soğuma etkisinin büyük bir kısmı tersine çevrilir. Dünya gibi bir gezegen ısındıkça daha fazla su buharının havaya karışarak daha fazla bulut oluşturacağı konusunda herkes hemfikir. Ama bu bulutların atmosferin tam olarak neresinde oluşup gezineceği veya bu bulutların geribesleme etkilerinin sınırları üzerinde hiçbir fikir birliği yok. Sonuçta ortaya çıkan belirsizliğe hem küresel ısınma inkarcıları hem de şöhrete aç gezegen avcıları sığınıyor: su buharı bulutları, aksi halde yaşanabilir olacak bir gezegeni, ister sera gazlarının bolluğundan ister yakındaki bir yıldızın fazla parlak ışığından kaynaklanıyor olsun, kontrolsüz bir küresel ısınmadan kuramsal olarak kurtarabilir. Bir yıldızdan çok uzaklarda, sıcaklıkların CO_2'nin yoğunlaşarak buza dönüşebileceği kadar düşük olduğu bir yerde, kuru buz bulutlarından oluşan yalıtıcı bir örtü kimi durumlarda bir gezegeni, yüzeyinde sıvı suyun muhafaza edilebileceği kadar ısıtabilir. 1993'te Kasting, ihtiyatlı bir biçimde, yaşanabilir bölgenin dış sınırının, Mars'ın 1,65 AB'de bulunan yörüngesinin biraz ötesine uzanabileceği tahmininde bulunmuştu, ama büyük oranda CO_2 bulutlarıyla alakalı belirsizliklere bağlı olarak bu sınır çok daha uzaklara genişleyebilir.

Sayısal olarak birbirine benzeyen bulutlar için birbirinden farklı iki strateji bulunuyor. Bunlardan biri, bulutların, ayrıntılı üç boyutlu simülasyonlarla olabildiğince doğru bir biçimde modellenmesini öngörüyor. Bu yaklaşım, teknoloji harikası süperbilgisayarlar kadar Dünya'yı gözlemleyen bir sürü uyduyu da gerektiriyor ve bir değişkenlerle geribeslemeler telaşı içerisinde sebeple sonuç arasındaki ayrımın kaybedilmesi riskini barındırıyor. Bulutları daha az boyutta ve çok daha basit bir biçimde modellemeyi içeren diğer stratejiyse yalnızca modelin sınırlarının ötesinde gerçekleşen karmaşık etkileşimler yoluyla ortaya çıkan hayati öneme sahip davranışları gözden kaçırma riskini taşıyor. Kasting, basitliği tercih ediyor. Tek boyutlu olan modelleri, tıpkı okyanusun ortalama sıcaklığını ve tuzluluğunu ölçmek için deniz yatağından yüzeye uzanan bir pipet kullanarak deniz suyundan numune almak gibi, bir gezegenin bütün atmosferine tek bir doğrusal sondajla yaklaşıyor.

"Bulutlar tek boyutta hayli gelişigüzel oluyor; onları temsil ediş biçiminle oynayarak, 1-D bir modelde istediğin etkiyi yaratabilirsin. 1-D modeldeki ideal senaryo bulutsuz bir gökyüzüdür, bu da takdir edersin ki devasa bir zayıflık," diye itiraf etti Kasting, modelleri üzerinde tartışırken. "Temelde bulutları zemine çizerek ve hangi gezegene bakmak istiyorsam –örneğin Dünya veya Mars– onun ortalama sıcaklığını yeniden üretene kadar yüzey albedosunu ayarlayıp bulutların etkisini yaklaştırarak bunun etrafından dolaşmaya çalışıyorum. Bazı insanlar bundan hoşlanmıyor ve konu gerçek bulutlara geldiğindeyse benim yöntemimin gerçekte tam olarak ifade ettiği şey karmaşıklaşıyor, ama ben bu yöntemi, gezegenin sıcaklığı değişirken gerçekleşebilecek bulut geribeslemelerini en aza indirmek olarak görüyorum. Bundan daha iyisini yapmak için 3-D'ye geçmek gerekiyor ve bu da oldukça büyük bir adım, ama orada bile bulutlar en büyük belirsizlik olarak kalmaya devam ediyor; onlarla nasıl uğraşacaklarını 3-D yapan arkadaşlar da bilmiyor."

Basitliği sayesinde 1-D bir model aynı zamanda 3-D'deki herhangi bir emsalinden çok daha hızlı. Oldukça pahalı ve

tek bir işe adanmış bir bilgisayara kurulu son teknoloji bir 3-D iklim modelinin, Dünya'nın mevcut atmosferik CO_2 seviyelerini artırmanın ortalama sıcaklığı 2 ile 5 Celsius derece arasındaki bir oranda yükselteceği sonucuna ulaşması bir hafta sürebiliyor. Kasting'in alelade bir masaüstü bilgisayarda çalıştırılan 1-D iklim modeli, CO_2'nin ikiye katlanmasının sonuçlarını bir dakikadan az bir sürede hesaplayabiliyor ve 2,5 derecelik bir sonuca ulaşıyor. "1-D model kullandığımda, kendi düşünce hızımla sınırlanıyorum, bilgisayarımınkiyle değil," dedi Kasting. "Yani bir hafta süresince 3-D bir model yinelemeyi işlemeye çalışırken, ben pekâlâ bütün bir parametre uzayını keşfedebilirim. İşte bütün mesele bu; mümkün görünenin sınırlarını keşfetmek ve diğerlerini bunun üzerine kat çıkmaya veya deneysel olarak daha derinlere bakmaya zorlamak."

***

Biz konuştukça, Kasting'in, geçen yıllarda Dünya'nın ötegezegen ikizlerinin bulunması sürecine dair yapılan basın açıklamaları yüzünden gittikçe bıkkınlaştığı daha da net ortaya çıktı. İlk coşkuların büyük bir kısmı, Dünya'dan 20 ışık yılı uzaklıkta bulunan Gliese 581 isimli kızıl cüce yıldızın gezegen sisteminin etrafında toplanmıştı. Önce, Kasting'in 2007'de birkaç ay boyunca ılıman olabileceği düşünülen yaşanabilir bölgesinin iç sınırlarında gezinen bir süper-Dünya olan Gliese 581c geldi. Ancak Kasting ve başkaları tarafından yapılan basit hesaplamalar, atmosferik bileşimine bakılmaksızın bu gezegenin Venüs'ten yüzde 30 oranında daha fazla yıldız ışığına maruz kaldığını ortaya çıkardı. Sonrasında ilgi, bu gezegenin daha dış kısımdaki yoldaşına, yaşanabilir bölgenin dış sınırını sıyıran süper-Dünya Gliese 581d'ye kaydı. Onun yaşanabilirliği c'ninki kadar kolayca reddedilemiyordu, ama Kasting derhal, bu gezegenin Mars'tan yüzde 10 oranında daha az yıldız ışığı aldığını belirtti. Ayrıca her biri de Dünya'mızınkinin beş katı hacme sahip olan c ve d o kadar muazzamdı ki, süper boyutta birer Dünya'dan ziyade pekâlâ gazla kaplı küçülmüş Neptün'ler olabilirlerdi.

Sonra 2010'da, yaşanabilir bölgenin ortasında bir yörüngede bulunan, Dünya'nın üç katından biraz daha fazla kütleye sahip ve neredeyse kesinlikle karasal olan Gliese 581g'nin, Zarmina'nın Dünyasının duyurusu geldi. Kasting bu sefer heyecanlanmıştı; en azından başka astronomlar gezegenin varlığını sorgulamaya başlayana kadar.

Buluşmamızdan birkaç ay önce, Avrupalı bir ekip, potansiyel olarak yaşanabilir bir başka süper-Dünya'nın, HD 85512B'nin keşfini duyurdu. Kasting "potansiyel olarak" ifadesinin hayli cömert bir tanımlayıcı olduğunu düşünüyordu; gezegen, Venüs'ün aldığından hafifçe daha az yıldız ışı alıyor, kızarıyordu. "Gezegeni kaplayan tonla bulutun onca ışığı yansıtıp işleri yoluna koyuyor olabileceğini yazdılar," diye anımsadı, Avrupalı ekibin makalesine atıfta bulunarak. "Ama bulutlar Venüs'ü kurtaramamıştı, değil mi?"

Her bir dünyanın bahtının halk ilgisi ve bilimsel fikirlerden oluşan değişken gel-gitlerde zirve yapıp azalmasıyla, potansiyel olarak yaşanabilir olan daha fazla gezegenin haberleri o zamana kadar oldukça sıradan bir olay halini almıştı. Her keşif benzer bir döngüyü takip ediyor, öncelikle akademik dergilerde yani geri kalan çoğu kişinin de beslendiği birincil üreticilerde duyuruluyordu. Sonrasında kütleler, yörüngeler ve yıldız akımlarına dair yapılan tamamen deneysel ölçümler haber bültenlerinin belirsiz karanlığına sızıyor, onlar da bu ölçümleri işlemden geçirerek coşkulu spekülasyonlara dönüştürüyordu. Daha sonra umut vaat eden her bir dünya hakkında belirli gerçeklerden ve vahşi varsayımlardan oluşan bulaşıcı bir kokteyl, insanların söylemlerinin temelindeki karanlık ve karışıklıkta mutasyona uğramak üzere yayılıyordu. Kısa süre içerisinde, NASA'nın oraya ne zaman bir insansız uzay aracı veya daha da güzeli koloniciler göndereceğini veya oraya ulaştığımızda Mısır piramitlerinin inşacılarını, büyükbaş hayvanları sakat bırakan ve insanları kaçıran gri uzaylıların yuvalarını ve hatta evrensel kurtuluş turundaki bir başka durakta bulunan İsa Mesih'i bulup bulamayacağımızı merak eden acayip blog ve forum yazıları ortaya çıkıyordu. Tekrar tekrar, her bir geze-

gene dair bilinen bir avuç hakikat, çok sayıda insanın kendisi için yarattığı o tanıdık kurgulara yenik düşüyordu.

Birbirini takip eden her bir dünya için aynı yapıya sahip bir sürecin sürekli tekrar ettiğini gören Kasting ve meslektaşları, kendilerini kimi zaman, kafalarını öznel anlamlarla doldurmaya meraklı bir seyirciye çay yaprakları, civanperçemi sapları, tavuk organları ve başka başka ilkel alametler gösteren falcılar gibi hissediyorlardı. Bir keresinde bir araştırmacı, acı dolu bir çileden çıkmışlıkla, bir gezegenin kütlesinin, yarıçapının ve belirli bir yıldızın etrafındaki yörüngesinin bilgisine sahip olunduğunda o dünyanın yüzey sıcaklığını belirlemenin en iyi yolunun bir gazete kapıp yıldız fallarına danışmak olduğunu söylemişti bana.

Kasting o kadar aşırıya kaçmıyordu, ama eşit oranda dışlayıcıydı. "Yaşanabilir bölgenin içinde veya yakınında bulunan o gezegenler hakkında yapılan duyuruların hiçbirinin kendi başına önemli olmaması gerekiyor," dedi hayal kırıklığı dolu bir sesle. "Bunlar bir bakıma anlamsız, çünkü başlangıçtaki keşif eylemini şu anda sürdüremiyoruz. Asıl büyük haber yalnızca, biz bu gezegenlerden birine gerçekten bakıp oranın gerçekten de yaşanabilir olup olmadığını ayırt ettiğimizde ve yaşamın kanıtlarının olup olmadığını gördüğümüzde gelecek, değil mi? Bunu yaparsak –afedersin, bunu *yaptığımızda*– işte asıl devrim o zaman başlayacak."

Kasting, bu amaç uğruna, geride kalan yirmi yılın büyük bir kısmında vaktini ve enerjisini birbirine geçmiş iki göreve adamıştı: karasal herhangi bir gezegenin canlı bir dünya mı yoksa cansız bir kaya mı olduğunu yalnızca gezegenin atmosferinden yansıyan soluk bir yıldız ışığı lekesine bakarak ayırt etmek ve bu gözlemleri yapma yetisine sahip bir uzay teleskobu tasarlamak. Yorulmak nedir bilmeksizin çalışmış, çok sayıda planlama komitesinde, panelde ve NASA, NSF ve Ulusal Bilimler Akademisi için çalışma kollarında görev almıştı. Mühendisler ve görev planlamacılardan oluşan orduların eninde sonunda sahip olmak isteyeceği gözlemsel kriterleri tanımlayan bir raporlar dağının üretilmesine yardımcı oldu; bir süre boyunca bu konu hakkında belirleyici

rol oynayan neredeyse her makalenin üzerinde kendisinin adının yazılı olduğunu söylemekse hiç de abartmak olmaz. Kasting'in inşa etmek istediği teleskoplara Karasal Gezegen Arayıcılar, kısaca TPF'ler* deniyordu.

Milenyumun başlangıcına doğru ilerleyen yıllarda, ötegezegen keşiflerinin hızı arttıkça, ihtiyaç fazlasıyla dolup taşan federal Amerikan hazineleri de her türden uzay bilimini cömertçe fonlamıştı. Görünüşe göre, tıpkı ulusun kendisi gibi, ötegezegenlerde yaşam arayışı da yukarı doğru durdurulamaz bir yörüngeye oturmuştu; Kasting ve meslektaşları birbirlerine, yakınlarda bulunan canlı dünyalardaki yaşamı kanıtlayan veya yanlışlayan delilleri toplayacak teleskopların belki de on yıl içerisinde ellerinde olacağını söyleyip duruyorlardı. Bunun yerine bir dizi facia yüzünden ulusun kaderi zehir oldu ve anlamlı bir ilerleme yavaşlayarak gerçek bir durağanlığa dönüştü. 11 Eylül terörist saldırıları, onları takip eden tahripkâr savaşlar ve dengesiz federal bütçeler, konut ve güvenlik balonunun patlaması ve Büyük Durgunluk'un başlaması da dahil tüm bunların bir rolünün olduğu söylenebilir, ama TPF'lerin başarısızlığının en büyük sorumlusu, küçülen federal fonlar için eşelenip duran rekabet içindeki astronom camiaları arasındaki bölgesel iç çatışmalardı.

"Üzüldüğüm birkaç şeyden biri de bu, çünkü TPF'lar gibi bir şeyin benim kariyerim devam ederken yapılmasını umuyordum," diye itiraf etmişti Kasting, önceki gece margaritasının yarısındayken. "Artık bu yönde bir umudum kalmadı. Şu anda yalnızca bunların ben hâlâ hayattayken yapılmasını umuyorum, çünkü cevabı öğrenmek istiyorum. Ama kişisel zamanım azalıyor ve görünüşe göre zaman geçtikçe daha da kısalıyor. TPF tarzı bir görevin ben ölene kadar gerçekleşmemesi ihtimali oldukça yüksek."

Yaşama sahip ötegezegen arayışı hakkında konuşurken Kasting'in sözcükleri kimi zaman savaşçı bir tona bürünüyordu. Kepler gibi NASA görevlerinin yaşanabilir bölgelerdeki Dünya boyutlarında gezegenler bulması için gereken

* İng. "Terrestrial Planet Finders" (TPF's) –çn.

süre boyunca çalışabilmesi adına "yenilgiyi kabul edebilir," daha büyük ve daha iyi uzay teleskoplarının yaşam işaretleri araması için "ölümüne savaşabilirdi." TPF için gereken para, diye belirtti hınçla, astronomi ölçeğinde büyük, ama ulusal ve uluslararası standartlarda fazlasıyla önemsizdi: insanların evrende yalnız olup olmadığını öğrenme şansı için, Orta Doğu'daki birkaç haftalık savaşa denk, Amerikalıların evcil hayvanlara yaptıkları bir yıllık harcamadan daha az bir miktar olan beş veya on milyar dolar. Astronomlar NASA tarafından, NASA da muazzam biçimde işlevsiz olan Kongre tarafından itilip kakılıyordu. Hoş, astronomlar da suçsuz değildi hani: Kasting, ötegezegen patlamasını hâlâ hor gören saygın astronomlara soğuk bakıyordu. Onlar hakkında tartışırken, Kasting'in az önce alev alev yanan sözcükleri aniden buz kesti: "O insanların birçoğu eski birer kozmolog ve bundan on yıl sonra da çoğu ölmüş olacak. Şu anda ötegezegenlere akın eden çocukların hepsi eninde sonunda karar verici konumları ele geçireceklerdir. İstatistiksel açıdan bakacak olursak, muhalefet sayı bakımından tarihe gömülecektir."

Kasting'e göre, yaşanabilir ötegezegen arayışı, uğruna ölünecek bir şey değilse bile kesinlikle hayatının geride kalan kısmına değecek bir şeydi. Böylesi bir hesapta da her tür farklılık bulanıklaşıyordu. Kasting mekanik bir biçimde sabah idmanlarında yüzerken, koşarken ve ağırlık kaldırırken kendi faniliği üzerine bilinçli bir biçimde düşünmüyordu, ama zihninin kuytu bir köşesinde her bir kulaç, adım ve üst göğüs çalışması, yaşamın bir uzantısı, gecenin saldırısına karşı çakan ve onu başka canlı dünyaların zor bulunan ışığına doğru adım adım iten birer kıvılcım haline geliyordu. Ona güç veren şey bencillik değil, korkuydu; yabancı bir dünya üzerinde potansiyel yaşam işaretlerinin muhtemel keşfiyle karşılaşıldığında, astronomların işi yüzlerine gözlerine bulaştırabileceği korkusu.

"Bunu söylemekten nefret ediyorum, ama konuştuğum astronomların birçoğu gezegenler hakkında *herhangi bir şey* bildiklerine dair hiçbir belirti göstermediler," demişti, önceki gece yemeğimizi bitirdiğimiz sırada. Potansiyel bir hedef

saptadığımızda hâlâ buralarda olursam onun gerçek olup olmadığının belirlenmesine yardımcı olabilirim; ben olmazsam, umuyorum ki fikirlerim olacaktır." Kasting, bireysel yaşam süresi üzerine iddiasını, edindiği bilgileri yoğunlaştırıp yığdığı ve kesinlikle kendisinden daha uzun süre yaşayacak olan bir talimat kitabına yatırmıştı: 2010 yılında Princeton Üniversitesi Yayınları tarafından basılan *Yaşanabilir Bir Gezegen Nasıl Bulunur* [*How to Find a Habitable Planet*].

Artık boşalmış olan margarita kadehindeki erimiş buzları bir dikişte bitiren Kasting izin istedi ve artık eve gitme zamanının geldiğini söyledi: saat neredeyse 23.00 olmuştu, ama köşesine çekilip, ertesi günkü bir lisans sınıfına vereceği dersi, bunun yanısıra da NASA'nın Ötegezegen Keşif Programı Analiz Grubuyla, yani ajansın rotasını yapılmasını umut ettiği TPF uzay teleskoplarına doğru çevirmek için belki de son şansı olarak gördüğü ve kendisinin başkanlık ettiği üst düzey bir planlama komitesiyle yakın zamanlarda yapacağı toplantıda sergileyeceği sunumu hazırlamayı planlıyordu.

Dört ay sonra, Kasting, TPF gibi bir görevin ciddi bir biçimde düşünülemeyecek kadar ileri bir geleceğe ait olduğunu söyleyen muhaliflerin baskısıyla başkanlık görevinden istifa edecekti.

***

Başka gezegenlerde kimyasal yaşam işaretleri –"biyo-imzalar"– aramaya yönelik teklifler ilk olarak 1965 yılında, ikisi de bir ay arayla *Nature* dergisinde yayımlanan iki farklı makaleyle ortaya çıktı. İki makale de yaşamın öncelikli olarak Mars'ta aranmasıyla ilgileniyordu. İlk makale, dört yıl öncesinde Frank Drake'in Green Bank'teki toplantısında dünya dışı zekâ üzerine kafa patlatmış olan Nobel ödüllü kimyacı Joshua Lederberg tarafından yazılmıştı. Lederberg bu makalesinde, aralarında yaşamın, bir gezegenin ortamı üzerindeki dolaylı termodinamik etkileri sayesinde de tespit edilebileceği fikrinin de bulunduğu yol gösterici birtakım ilkeleri ortaya seriyordu. Algılanabilir herhangi bir organiz-

ma hayatta kalabilmek için metabolize olmalıdır; yani büyümek, üremek ve sistemli yapısını sürdürebilmek için çevresinden enerji almalı ve ona atıklarını boşaltmalıdır. Dünya üzerindeki yaşam –ve büyük ihtimalle kimyasalları temel alan bütün yaşam–, metabolizmasının varlığını, içerisinde maddeler arası elektron aktarımının gerçekleştiği ve kimyacıların "redoks tepkimeler" adını verdiği kimyasal-enerji değişimlerini kullanarak sürdürür (Eğer bir madde elektron yüklenirse, o maddenin, sezgilere aykırı bir biçimde, "indirgenmiş" olduğu söylenir. Bir madde elektron kaybettiğinde, tepkimeye oksijen dahil olmamış olsa bile oksijen bilinen en iştahlı elektron alıcısı olduğundan bir kimyacı o maddenin "oksitlenmiş" olduğunu söyler. Birçok bilim yazarının kimya üzerine yazmaktan kaçınmasının sebebi büyük oranda isimlendirmedeki bu tür kafa karıştırıcı tuhaflıklardır). Lederberg, biyokimyalarına bakılmaksızın metabolik işlemlerin, bir gezegen üzerinde aşırı miktarda termodinamik eşitsizlik yaratması gerektiğini belirtiyordu. Küresel ölçekteki bu kimyasal dengesizlikler, biyokütledeki enerjiyi ve hayati molekülleri hapseden ve değeri azaltılmış atık ürünleri boşaltan organizmalar tarafından ortaya çıkarılırdı. Araştırmacıların genellikle "onlarla birlikte var olan oksitleyiciyle bir dengeye kavuşması gereken kararsız [moleküllerin]" biyo-imzasını, kükreyen bir ateşin merkezinde alevlerin şöyle bir yalayıp geçtiği el değmemiş bir kütük bulmaya eşdeğer bir termodinamik mucizeyi arayabileceğini yazıyordu.

İngiliz bilim insanı James Lovelock tarafından yazılan ikinci makaleyse Lederberg'in geniş varsayımlarını bileyerek yaşam için çok daha keskin bir ölçüte dönüştürüyordu: Lovelock, termodinamik eşitsizliklerin işaretleri için incelenebilecek en iyi hedefin, bir gezegenin atmosferi olduğunu öne sürüyordu. Araştırma özellikle de "gezegenin atmosferindeki uzun vadede çelişkili bileşiklerin varlığını" aramalıydı. Hem oksijen hem de metan burada mantıksız yoğunluklarda bulunduklarından, Lovelock örnek olarak Dünya'nın atmosferini sundu. Oksijen, oda sıcaklığı ve basıncı altında kapalı bir kabın içinde yalnız bırakılacak olursa, metanla tepkimeye

girip karbondioksit ve su oluşturur. Ancak hacim bakımından Dünya'nın yüzde 20'den biraz fazla oranda oksijen barındıran atmosferinde, metan bir şekilde milyonda 2'nin de altında bir oranla varlığını sürdürüyor; iki gaz arasındaki eşitlik, büyüklük bakımından 30 katla bozuluyor. Bu durağan termodinamik dengesizliğin tek açıklaması, metanın sürekli olarak yenileniyor olması.

Dünya'daki metanın hayli küçük bir kısmı okyanus tabanındaki hidrotermal bacalar tarafından canlılık dışı bir yolla üretilmekle birlikte, neredeyse tamamı da gezegenimizin Antik Arkeen sığınmacılarından, yani anaerobik metanojenlerden geliyor. Oksijen havada salınmak yerine kayalarla ve minerallerle birleşmeyi tercih ettiğinden, metan olmadığında bile Dünya'da bol miktarda bulunan oksijenin kendisi eşitliğin dışındadır ve son derece özeldir. Açıkça görülüyor ki onun da yenileniyor olması gerekiyor. Elbette ki bizim dünyamızdaki oksijen öncelikli olarak fotosentetik bakterilerden ve bitkilerden geliyor, ama metanda da olduğu gibi, konu oksijen olduğunda morötesi yıldız ışığı su buharını fotolize uğratınca küçük miktarlarda da olsa yaşam dışı yoldan oksijen üretilebiliyor. Hem oksijenin hem de metanın yaşam dışı yollarla üretilmesi mümkün olduğundan, biri olmadan diğerinin varlığı kesin ve kusursuz bir biyo-imza olarak alınmak zorunda değil. Ama bu ikisi bir arada ortaya çıktığında, varlıkları, astrobiyologların güneş sisteminin ötesindeki yaşamı tanıyabilmeleri için, SETI tarzı bir radyo iletimi veya uçan bir çay tabağının Beyaz Saray'ın çimenliklerine inmesi haricinde en ikna edici kanıtı teşkil ediyor.

"Bir gezegenin atmosferinde yaşam dışı yollarla büyük yoğunluklarda hem oksijen hem de metan biriktirmek hayli zor," diye yineledi Kasting, Black Moshannona'a doğru gitmeye başladığımızda. "Bizimki gibi bir gezegenin –yani yüzeyinde su bulunan, kendi dahili ısısına tutunabilmesine yetecek kadar kütleye sahip ve levha tektoniği gibi bir şey kullanan kayalık bir gezegenin– atmosferinde bu ikisine de işaret eden kanıtlar bulmak, en azından bana göre, kuvvetli bir yaşam belirtisine ulaşmaktır. İnsanlar bunu, kaybedilen

anahtarları yalnızca ışığın en parlak olduğu sokak lambalarının altında aramaya benzetebilir, ama ben bunun doğru olduğunu düşünmüyorum. Gerçek şu ki halk hiçbir zaman bir bilim insanının bir şeyi tamamen çözdüğünü duymak istemez, yani 'Ah, şu uzaylı biyosfer elbette ki bizim burada, Dünya'da bildiğimiz herhangi bir şeyden çok daha farklı kimyasal imzalara sahip olabilir,' demek politik olarak doğrudur. Ben bunu tamamen yanlış buluyorum. Belki günün birinde bu sözlerimi yiyeceğim, ama akla uygun biçimde arayabileceğimiz biyo-imzaların yalnızca şu anda modelleyip kısıtlayabildiklerimiz, ya burada yani mevcut Dünya'da görebildiklerimiz ya da Dünya'nın geçmişinde bulunduğunu bildiklerimiz olduğuna inanıyorum. Eğer yaşam, bizimkiyle ortak birkaç kilit özelliği paylaşan bir gezegende ortaya çıkarsa, sanıyorum ki tayfölçümsel olarak tanıyabileceğimiz bir biyosfere kavuşmuş oluruz. Hücreleri bizimkilerden çok farklı olsa ve DNA ve RNA moleküllerine dayanmasa bile bir metabolizma da aynı biçimde çalışacaktır. Burada veya orada, bir metabolizmayı çalıştırmak için CO_2 ve hidrojeni bir araya getirmek ortaya metanı çıkaracaktır. Yine burada veya orada, eğer yaşam bunu nasıl başaracağını biliyorsa, sudan hidrojeni almak ve oksijeni açığa çıkarmak kazançlı bir metabolik stratejidir. Kimya ve termodinamik her yerde aynı."

Lovelock'ın ölçütü kâğıt üzerinde ne kadar zarif görünürse görünsün, oksijen ve metanın tayfsal imzalarının oldukça farklı dalga boylarında ortaya çıkması gibi büyük bir eksikliğe sahip. Oksijen, yıldız ışığını, en etkili biçimde yakın kızılaltında, spektrumda gözlerimizin görebileceği kısmın hemen dışında göze çarpan tayfsal "soğurulma şeritleri" yaratır. Hayli kuvvetli bir sera gazı olan metansa ışığı en etkili biçimde termal kızılaltının daha uzun dalga boylarında soğurur. Astronomide daha uzun dalga boylarında çalışmak daha geniş ışık-toplayıcı alanlar kullanmak demektir; radyo teleskoplarının optik teleskoplardan çok daha büyük olmasının sebebi budur. Aynı zamanda bir ötegezegenin atmosferinde hem oksijenin hem de metanın tespit edilebilmesi için iki uzay teleskobunun eşgüdümlü çabasının gerekebilecek

olmasının sebebi de budur. Daha küçük ve daha basit olanı oksijeni gözle görülür veya yakın kızılaltında gözlemlerken, daha büyük ve daha karmaşık olanı da metanı termal kızılaltında gözlemler. Birlikte çalışan bu teleskoplar aynı zamanda bir gezegenin atmosferindeki diğer gazları, özellikle de bir dünyanın yaşanabilirliğinin ve ikliminin kısıtlanmasına yardımcı olan su buharı ve CO_2'yi ölçebilir; iki gazın da aşırı miktarlarda bulunması sıvı su ve yaşamı destekleyemeyecek kadar sıcak bir dünyaya işaret ederken, daha makul miktarlar yüzey suyunun ve daha yaşanabilir bir yüzey sıcaklığının belirtisi olabilir.

"Aniden olacak bir şey değil bu, çünkü birden fazla sayıda ve büyük uzay teleskoplarının planlanması ve inşa edilmesi uzun zaman alır," diye açıkladı Kasting. "Su buharı ve oksijenden başka pek bir şey göremeyecek olan yakın kızılaltı teleskobu muhtemelen daha önce fırlatılacaktır. Belki yaşanabilir bölgede bulunan yakın bir gezegenin atmosferinde bu tür şeyler bulur. O noktadan sonra termal kızılaltında geçip, Proterozoik'in büyük bir kısmında Dünya'da olmuş olabileceği gibi oksijene göre yüksek yoğunlukta bulunmuyorsa karşılaşamayabileceğini bir gaz olan metanı aramaya başlayabilirsiniz. Bulsanız bile yine de belirsizlikler var olacaktır ve muhtemelen herkesi ilk seferde ikna edemeyeceksiniz. Bir başka olasılık, Arkeen Dünya'ya benzeyen gezegenler bulmak olabilir: oksijeni görmezsiniz, ama termal kızılaltıyla baktığınızda muhtemelen çokça metan ve bazı organik sisler görebilirsiniz. Kötümser insanlar bu konuda da ortalığı velveleye verecektir, çünkü yaşam dışı yollarla oksijen ve metanı kayda değer miktarlarda biriktirmek çok daha kolay görünür; bolca volkanik etkinliğe ve yüzeyinde çok daha magmatik, indirgenmiş ultramafik kayaçlar barındıran ölü bir gezegen bunu başarabilirdi. Tespit edilmesi çok daha zor olan potansiyel biyo-imzalar, yani nitröz oksit ve dimetil sülfit gibi gazlar aramaya başlayacaksınız. İlk seferde bulduğumuz ilginç herhangi bir gezegen için, görülen şeyin tam olarak ne olduğunun anlaşılabilmesi adına, gittikçe daha da artan miktarlarda zaman ve para pahasına bütün

bir tamamlayıcı görevler dizisinin yapılması gerekebilecek. Tüm bunlar elli yıl, belki de bir asır sürer; kim bilir.

"Yani asıl soru," diye devam etti Kasing, "ilk görevin bir gezegenin atmosferinde gerçekten de oksijen bulup bulamayacağı; bir de bu tek başına, sürecin geri kalanına yatırımların yönlendirilebilmesini sağlayacak kadar ikna edici olacak mı? Dünya'da, oksijenin değişiminin gezegenimizin tarihindeki en kökten değişim olduğu su götürmez bir gerçek, çünkü oksijen, bizim, yani karmaşık yaşamın evriminin yolunu açtı. Ama başka gezegenlerde, dikkatli olmazsak tongaya basabiliriz."

Kasting, cansız bir gezegenin, kendisini, gelecekteki uzay teleskopları için canlı ve oksijenli bir gezegen gibi gösterebilmesinin akla yatkın iki yolu olduğunu belirtti. Bunlardan ilki, muhtemelen bizim kendi güneş sistemimizin tarihinin erken dönemlerinde, Venüs suyunu kaybedip kontrolsüz bir seraya dönüştüğünde gerçekleşti: sudan ayrılan hidrojen uzaya kaçarken, arkasında, karbonla kademeli olarak tepkimeye girip CO_2 oluşturarak, kavrulmuş Venüs'ün belki de yüz milyonlarca yıl boyunca oksijen bakımından zengin bir atmosferle sarmalanmasına sebep olan bir okyanus dolusu serbest oksijen bırakmış olmalıydı. Bu "yanlış pozitif," Kasting'i pek endişelendirmiyordu; gerçek, böylesi bir gezegenin yaşanabilir bölgenin iç sınırının yakınlarındaki konumu ve gezegenin yakın kızılaltı atmosferik tayfında oksijene eşlik etmesi gereken su buharının eksikliğiyle ortaya çıkarılacaktı. Kasting'in ikinci senaryosu daha sıkıntı vericiydi ve yaşanabilir bölgenin dış sınırındaki küçük, donmuş bir gezegeni içeriyordu: eğer gezegen Mars'ın kütlesinin iki ya da üç katı kadarsa, o halde bu gezegen volkanların ve levha tektoniği gibi bir şeyin çalışmasını sağlayan iç ısıyı uzun süre sürdüremeyecek kadar küçük, ama kalın bir atmosferin yıldız rüzgârları tarafından uzaklara savrulmasını önlemeye yetecek kadar büyük demektir. Küçük miktarlardaki su buharının morötesi fotolizi bile böylesi bir "süper Mars"ın üst atmosferinde çok küçük miktarlarda serbest oksijen üretebilir, dedi Kasting; ama tepkimeye girebileceği hiçbir volkanik

gaz olmadan ve suya hapsolup, oksijen soğuran minerallerle karşılaşamayacak durumda olan yüzey suyuyla birlikte, ağır ağır damlayan bu oksijenin birikerek atmosferi doldurup yaşam yanılgısı yaratması milyarlarca yıl sürecektir. Bizim Güneşimizden kayda değer ölçüde farklı olan yıldızların çevresinde dönen gezegenler düşünüldüğünde, olası biyo-imzaların yorumlanması endişe verici ve belirsiz bir hal aldı; örneğin her ne kadar bizim yıldızımızdan daha küçük ve daha soğuk olsalar da bazı kızıl cüceler, kayda değer biçimde daha fazla, yaşanabilir bölgelerindeki gezegenlerin atmosferik fotokimyasını radikal bir şekilde değiştirmeye yetecek kadar morötesi ışıma yayıyorlar.

Penn State'ten çıkıp 322 numaralı yol üzerinde Black Moshannon'a doğru ilerlerken, Appalaş'ın kuvarsit, kumtaşı ve şistten oluşan bir dalı olan Bald Eagle Dağının yanından geçtik. Yol çatallanıyor, dağın içinden geçiyor ve 2000'lerin ilk on yılında inşa edilmiş yeni bir otoban olan Eyaletlerarası Otoban 99'un bir uzantısı halinde ayrılıyordu. I-99'un yanı başında 322 üzerinde devam ederken, yol ayrımını çevreleyen uzun, eğimli tepelerin tuhaf bir biçimde pürüzsüz ve çıplak olduğunu fark ettim. Baktığım şeyin hiç de kaya ve toprak değil, tel örgülerle tutulan koyu gri ve siyah plastik tabakaları olduğunu gördüm. Bu şeylere işaret edip, Kasting'den bana neye tanıklık ettiğimi açıklamasını istedim.

"Bir süre önce burada kötü bir asit akışı vardı. Yol ayrımını yaparlarken, Pennsylvania Ulaştırma Bakanlığı kumtaşını deldi ve arta kalan tozlaşmış taşların tamamını temel ve dolgu yapımında kullandı. Kumtaşının üzerinde pirit, yani ahmak altını damarları görülüyordu. Arazi mühendisleri de bu şeyi inşa etme telaşesi içinde bir şekilde bunu gözden kaçırmışlar." Kasting başını salladı. "Pirite 'indirgenmiş' kaya diyorsun. Bu madde demir ve sülfürden oluşuyor, dolayısıyla oksijene maruz kaldığında da demir oksit ve sülfat olarak parçalanıyor. Doğal bir biçimde, çözünmüş atmosferik CO_2'den gelen karbonik asit barındıran yağmurla bunu karıştırdığında karbonik asit sülfatla tepkimeye girerek yoğunlaşmış sülfürik asit oluşturuyor, bu da kayaları aşındırıp

ağır metalleri yıkayarak zeminden atıyor. Neredeyse anında, tüm bu yoldan akış gelmeye başladı, hem yeraltı suyuyla bazı sağlam alabalık akıntılarına da karışıyordu; bu yüzden otoban dört yıl kapatıldı, on milyonlarca dolara mal oldu. Tekrar geriye dönüp bu maddeden bir milyon metreküp çıkardılar, onu da atık sahasına gömdüler; sonra geri kalanının da üzerini kapattılar. Birazcık daha dikkat göstererek kendilerini bunca zahmetten kurtarabilirlerdi, sence de öyle değil mi?"

Eğer Kasting'in çalışmalarının bir teması varsa bu, görünüşte basit olan hava, kaya, su ve güneş ışığı etkileşimlerinin verebileceği şaşırtıcı ve bazen de etkili içgörüler üzerine uzun uzadıya düşünme sabrına sahip olması olmalı. Aslına bakılırsa Kasting'in kariyerindeki en büyük dönüm noktasına, gezegen yaşanabilirliği üzerine kendisinden sonra gelen tüm çalışmalarda devrim yaratan bir içgörüye yol açan şey de bu derin sabrıydı. Bu, onun aklına 1979'un sonlarına doğru bir gün babasının onu "gerçek bir iş bulmaya" zorlamasından birkaç yıl önce, Michigan Üniversitesinde doktora tezini sunarken gelmişti.

Kasting'in çığır açan fikri, Güneş'in milyarlarca yıl süresince ağır ve durağan aydınlatmasına rağmen, Dünya'nın ılıman yüzey sıcaklığını tüm bu süre içerisinde görece dar bir aralıkta tam olarak nasıl sürdürdüğüyle ilgileniyordu. Gezegenimiz henüz tazeyken, Güneş'in bugün olduğundan yüzde 30 oranında daha az ışık vermiş olması gerekiyor; bu da Dünya'nın yüzeyini tarihinin ilk yarısının tamamı boyunca tamamen dondurmaya yetip de artacak bir azalma demek. Ancak bilim insanları, tüm bu süre boyunca Dünya üzerinde sıvı suyun bulunduğuna dair bolca kanıta rastladı. Her ne kadar araştırmacılar bu "solgun genç Güneş sorunu"nun altında yatan astrofiziği 1950'lerde anlamışsa da, Carl Sagan ve meslektaşı George Mullen tarafından yazılan makale yoluyla gezegen bilimciler bunun farkına yaygın bir biçimde 1972'ye kadar varamamıştı. Bu makalenin ardından, yaşanabilir bölgelere dair öncül tahminler altüst oldu.

Yeniden yapılandırıcı çabalar 1970'lerin sonlarında, NASA'daki Goddard Uzay Uçuş Merkezinden bir astrofizikçi olan Michael Hart, solgun genç Güneş'in, Dünya'nın atmosferi ve ikliminin evrimi üzerindeki etkilerini simüle ettiğinde başladı. Hart, sanal Dünya'sının, yalnızca erken dönemde sahip olduğu atmosferdeki sera gazı envanterinin kayda değer oranda artmış olması halinde bugünkü dünyamıza benzeyecek biçimde hayatta kalıp evrim geçirebileceğini gördü. Bunun şaşırtıcı bir yanı yoktu; çoğu araştırmacı, erken dönem Dünya'nın donmaktan bu şekilde kaçınmış olması gerektiğini düşünüyordu (ve hâlâ da öyle düşünüyor). Ama Hart'ın diğer bulguları daha rahatsız ediciydi: eğer Dünya'yı solgun Güneş'e yüzde beş oranında yakınlaştırırsa, artan sera etkisi gezegenin okyanuslarını hızla kaynatıyordu. Daha da kötüsü, Dünya'yı solgun genç Güneş'ten yalnızca yüzde bir oranında uzaklaştırdığında, gezegen iki milyar yıl boyunca bünyesine oksijen aldıktan sonra, metan gibi sera gazlarında gerçekleşen düşüş, ta ekvatora kadar inerek, bütün bir donmuş okyanus tabakasıyla sona eren "buz albedosu" geri bildirim döngüsünün içerisinde her zamankinden daha fazla güneş ışığı yansıtan parlak buzullar yaratıyordu. Hart'ın modeli ne kadar süreyle çalışırsa çalışsın, donmuş gezegen sonsuza dek buzun içinde kısılı kalıyordu. Gezegenimizin kendi Kartopu Dünya olaylarına dair henüz hiçbir kanıt bulunmamıştı, dolayısıyla Hart, kontrolsüz buzullanmanın kaçınılmaz biçimde ölümcül bir sorun olduğuna inanıyordu. Hart'ın bulduğu haliyle Güneş'in yaşanabilir bölgesi fazlasıyla küçüktü ve Dünya'nın bu alanın orta yerinde oluşmuş olması ihtimali yalnızca ufacık mutlu bir tesadüften ibaretti. Dondurucu bir soğuklukla, galaksimizde önceden düşünülenden çok daha az sayıda yaşanabilir gezegen bulunduğu kanaatine vardı. Hart'ın tahminlerine göre, Dünya pekâlâ yalnız olabilirdi.

James Lovelock, çılgıncasına farklı bir fikre sahipti. O, Dünya'nın, muhtemelen çoğunlukla CO_2'den oluşan birtakım etkili atmosferik sera gazları karışımını kullanarak solgun genç Güneş'e dayanabilmiş olduğunu düşünüyordu. Ama gezegenimizin, tarihinin erken dönemlerinde kontrolsüz sera-

dan kaçınmış olmasının sebebinin, fotosentetik organizmaların havadan CO_2 fazlalığını çekip, onu gömülmüş organik karbona Dünya'nın ısısının sabitlenmesi için tam ayarında bir oranda hapsetmesi olduğunu varsayıyordu. Onun görüşüne göre, dünyanın jeofiziksel sistemleriyle yakından eşleşip birlikte evrim geçirerek Dünya'nın yaşanabilirliğini etkin ve bilinçsiz biçimde sürdüren şey, yaşamın kendisiydi. Eşleşmenin, en büyük ölçeklerde, canlılarla onların cansız çevreleri arasındaki farkın ortadan kalktığı ve dünyanın gezegen ölçeğinde bir organizmaya benzer biçimde hakkıyla karmaşık bir sistem olarak görülebildiği kadar yakın olduğunu öne sürüyordu. Biyosferle Dünya'nın geri kalanının bu birleşmesine, Yunan mitolojisinde Dünya Ana isimli tanrıçadan esinlenerek "Gaia" adını verdi. Amerikalı biyolog Lynn Margulis'le işbirliği içinde çalışan Lovelock, bu kuramını geliştirerek engin bir literatüre yazarlık etti.

Kasting'in bu tartışmaya yaptığı katkı, yaşam öncesi Dünya'da oksijenin yükselişi üzerine olan doktora tezi için gerçekleştirdiği karbon döngüleri çalışmasından geliyordu. Kasting özel olarak, CO_2'nin fotolizinin, siyanobakteriler ve oksijenli fotosentezin ortaya çıkmasından uzun süre önce atmosfere önemli miktarlarda oksijen pompalamış olup olamayacağını inceliyordu. Bu sorunun üstesinden gelmek için, ilk önce ilkel Dünya'da ne kadar CO_2'nin bulunduğunu hesaplaması, sonra da bu bilgiyi özel olarak tasarlanmış sayısal modellerinden birine uygulaması gerekiyordu. Dünya'nın atmosferinde bugün bulunan CO_2'nin büyük bir kısmının çalışma düzeni biyosfer tarafından, canlıların büyürken karbona el koydukları ve ölüp çürüdüklerinde de onu çevreye geri bıraktıkları "organik" bir karbon döngüsü içerisinde ayarlanıyor. Ama yaşamın Dünya'ya egemen olmasından önce çalışan ve bugün de kabaca milyon yıllık zaman ölçeklerinde çalışmaya devam eden, karbonat-silikat döngüsü adı verilen daha eski ve inorganik bir karbon döngüsü daha mevcut. Asit akışının yaşandığı o yol ayrımından geçerken, Kasting'le ben bu inorganik döngünün küçük ve izole bir bileşenine şöyle bir bakış atmıştık.

İnorganik karbon döngüsü, volkanlar tarafından havaya püskürtülen CO_2 yağmur suyuyla karışıp karbonik asit olarak yağdığında başlıyor. Karada, karbonik asit silikat kayaları soldurup aşındırarak, yeraltı suyunda, akıntılarda ve nehirlerde biriken karbon bakımından zengin mineralleri açığa çıkarıyor. Bald Eagle Dağını geçerken bu ilk adıma tanıklık etmiştik; döngünün bunu takip eden adımlarının çoğu, insan yaşamının uzay ve zaman bakımından sahip olduğu sınırların ötesinde gerçekleşiyordu. Karbon, suyla birlikte akıp okyanusa karışıyor, nihayet deniz tabanına düşerek kireçtaşı gibi karbonat kaya katmanları oluşturuyor. Levha tektoniği hareketleri karbonatla dolu deniz tabanını Dünya'nın kabuğuna doğru ittiğinde, ısınan kayalardan yükselen karbon, patlayıp periyodik döngüyü tamamlayan volkanlar yoluyla atmosfere geri akan CO_2'yi oluşturuyor. Kasting, doktora tezi üzerinde çalışırken, erken dönem Dünya'nın yaşam dışı karbonat-silikat döngüsünü kısıtlamak için bulabileceği en iyi tahminleri topladı ve modelini tüm bu verilere uyguladı. Deneyin sonunda, fotolize uğramış CO_2'nin seyrek bir stratosferik ozon tabakası oluşturmuş olabileceği, ama bunun dışında pek az şey yaptığı ve kesinlikle atmosferi zenginleştirecek yeterlilikte oksijen üretmediği sonucuna vardı.

Kasting'in tezi büyük oranda, Michigan Üniversitesinde saygın bir atmosfer bilimci olan ve Kasting'i kanatları altına alan James Walker'ın fikirlerine dayanıyordu. Sonuç itibariyle, Kasting'in tezini gözden geçiren jüri üyeleri arasında Walker da vardı. Kasting tezini inceleme komitesinin önünde başarıyla savundu ve sonrasında çiçeği burnunda Dr. Kasting kendisini sorguya çekenlerle birlikte yemek masasına oturdu. Kasting, Walker ve bir başka jüri üyesi, atmosfer bilimci Paul Hays, Hart'ın erken dönem Dünya'daki kontrolsüz buzullanmanın rahatsız edici sonuçları ve olası çözümleri üzerine tartışmaya başladı. Lovelock'ın kuramı akla yatkın görünüyor, ama sinir bozucu biçimde şüpheli ve totolojik kalmaktan kurtulamıyordu: Gaia hipotezi, bir gezegenin yaşanabilir olması için öncelikle üzerinde yaşayanların olması gerektiğini öne sürüyordu. Belki de yaşamdan bağımsız bir şey kontrolsüz buzullanmayı

alt edip etkisizleştirmiştir, diye bir öneri sundu Walker; örneğin erken dönem Dünya'daki bir bulut yoksunluğu, buzları eriten daha fazla güneş ışığının gezegenin yüzeyine ulaşmasına olanak sağlamış veya volkanik patlamalar zaman içinde, buzullanmış gezegeni, daha fazla güneş ışığı soğuran karanlık bir kül tabakasıyla kaplayıp buzu eritmiş olabilir. Ama tüm bu açıklamalar yetersiz geliyordu; gerçekleşip gerçekleşmemeleri gereklilikten çok bir şans meselesi gibi görünüyordu.

Tez savunmasından dolayı karbonat-silikat döngüsüne dair tüm o detaylar zihninde hâlâ taze olan Kasting bir an düşünmek için durakladı ve sonra daha basit bir fikrinin olduğunu söyledi. "Eğer Dünya tamamen buzla kaplanmış olsaydı, iç kısmı sıcak kalırdı ve volkanik etkinlikler atmosfere CO_2 pompalamaya devam ederdi," diye tereddütle başladı. "Ama o durumda, ortaya çıkmış daha az miktarda silikat kaya olurdu ve düşük sıcaklıklar havadaki su buharını dondururdu... Öyleyse CO_2 nereye gidebilirdi ki? Neden sera etkisi buzu eritene kadar atmosferde birikmeye devam etmesin? Aşınma oranları sıcaklığa bağlı olmamalı mı? Belki de çıkış yolu budur." Öğle yemeğinin geri kalanı boyunca ne kadar çabalarlarsa çabalasınlar, ne Walker ne de Hays, Kasting'in gözlemine herhangi bir itiraz geliştirebildi. Sonraki gün Kasting, Boulding-Colorado'da bulunan Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezindeki bir doktora sonrası araştırma işi için Michigan'dan ayrıldı.

322 numaralı yol bizi Bald Eagle Dağından geçirdikten sonra bitişikteki bir vadiye atmıştı; biz de buradan bir başka otobana girip kuzeydoğudaki Philipsburg kasabasına doğru ilerlemeye başladık. Sekiz kilometre boyunca pencerenin dışından ağaçlarla kaplı sırt çizgileri, otlaklar ve tren rayları geçtikten sonra, Kasting sol tarafa, otobanın dışına bakmamı işaret etti. Kıvrılarak dalga dalga meşe ormanlarıyla kaplı tepelere çıkan asfalt yola girdiğimizde, yanımdaki yolcu koltuğunda kıkırdadı ve sesinde hevesli bir havayla, "Bu muhtemelen bugüne kadar aklıma gelmiş tek en iyi fikirdi, ama bunun farkına o zamanlarda varamamıştım; hâlâ oksijen artışıyla daha fazla ilgiliydim," dedi.

Doktora savunmasından on ay sonra, Boulder'da çalışırken, Kasting'e postayla büyükçe bir kutu geldi. Kutunun içinde, "Dünya'nın Sıcaklıklarının Uzun Süreli Kararlılığı İçin Olumsuz Bir Geribesleme Mekanizması" başlığını taşıyan kalın bir metin taslağı vardı. Walker ve Hays'ten sonra Kasting'in ismi, makalenin üçüncü yazarı olarak geçiyordu.

"Walker gitmiş, her şeyi çözüme kavuşturmuştu," diye anımsadı Kasting. "Sanıyorum Hays, ona matematik kısmında yardımcı olmuştu. Çoğunlukla laboratuvar verilerini tarayarak silikat aşınma oranları hakkında ulaşılabilir olan tüm bilgileri [Walker] toplamış ve evet, bunların sıcaklık ve yağmura bağlı olduğunu hayli ikna edici biçimde göstermişti. Tüm o verilerden, kısmi CO_2 basıncıyla gezegenin sıcaklığının bir işlevi olarak aşınma oranları için bir ifade türetmişti."

Kasting'den, basit bir dille, makalenin püf noktasının tam olarak ne olduğunu tekrar anlatmasını istedim.

"Oldukça basit," diye cevap verdi. "Makale, Dünya'nın sıcaklığı arttığında suyun buharlaşmasının da artacağını söylüyor. Bu olay, havayı daha fazla su buharıyla dolduruyor, havaysa haliyle daha fazla karbonik asit 'yakalıyor' ve bu karbonik asit de daha sık ve yoğun yağmurlarla yeryüzüne yağıyor. Tüm bunlar silikat aşınmasını artırıyor, bu da CO_2'yi azaltıp Dünya'yı soğutuyor. Eğer sıcaklıklar yeterince düşer de kontrolsüz bir buzullanmaya yol açarsa, azalan aşınma yoluyla birikmiş CO_2, gezegenin on milyonlarca yıl içerisinde yeniden ısınması için bir yol sağlıyor."

Kasting'in sesi yükselmiş, elleri de aklındaki karbon döngüsü senfonisini yönetmek üzere kucağından havalanmıştı. "Bizim gösterdiğimiz, daha doğrusu Walker'ın gösterdiğiyse karbonat-silikat döngüsünün, tıpkı büyük bir termostat gibi, Dünya benzeri bir gezegenin sıcaklığını tehlikeli noktalardan genellikle uzak tutan istikrar sağlayıcı bir geribesleme olduğuydu. İşte kilit nokta bu; Hart'ın sorununun yanıtı, Lovelock'ın Gaia hipotezinin yaşam dışı alternatifi, yaşanabilir bölgenin dar değil de geniş olmasının sebebi! Bu tür bir istikrar sağlayıcı geribesleme olmaksızın, yaşanabilir geze-

genler muhtemelen Hart'ın düşündüğü kadar nadir olurdu. Elde bunlar olunca, kendimi bu tür gezegenlerin hayli yaygın olduğunu düşünmekten alamıyorum."

Makalenin 1981 yılında *Journal of Geophysical Research*'te yayımlanmasının ardından, ortaya koyduğu esas çıkarımlar tüm dünyada şaşkına dönmüş gezegen bilimciler tarafından hızla benimsendi. Birbirinden ayrı üç araştırmaci –Robert Berner, Antonio Lasaga ve Robert Garrels– makalenin bulgularını, biri kısmen dünyadaki farklı nehirlerde çözünmüş halde bulunan minerallerin ölçümlerine dayalı olmak üzere, karbonat-silikat döngüsü hakkında daha karmaşık çalışmalar yaparak bağımsız biçimde doğruladı. Yeni veriler, Walker'ın sıcaklığa bağlı aşınma oranlarından yaptığı türetimlerle tutarlı oranlarda, ekvatora daha yakın olan nehirler daha fazla; daha yüksek, daha soğuk enlemlerde bulunanlarınsa daha az karbon bakımından zengin mineral barındırdığını ortaya çıkardı. 1990'larda, jeologlar Proterozoik'te gerçekleşmiş Kartopu Dünya olaylarını keşfederek karbonat-silikat kararlılığının daha da fazla kabul görmesini sağladılar. Milyarlarca yıl önce ekvator yakınlarında oluşmuş bir kabukta, buzullar tarafından toza dönüştürülüp hapsedilmiş, parçalanmış kaya tabakaları buldular. Ekvatoral iri tanecikli derin su tortu yataklarında stalaktitler, yani yerlerinden sökülüp, yayılan buzulların ufalanan yan yüzlerinde kıyıdan uzaklara taşınan büyük, ağır kayalar buldular. Dünya tarihinin bu tek hücreli çağında muazzam taşları denize fırlatacak büyüklükte hiçbir canlı yaşamadığından, Proterozoik stalaktitler için akla yatkın tek açıklama buzul taşıması. Doğrudan antik buzul tortularının üstesinden gelen jeologlar, Kasting'in öne sürdüğü karbonat-silikat termostatın apaçık kanıtlarını buldular: volkanik CO_2'ye doymuş bir atmosferin bir buzul buz kabuğunu hızla eritip uzaklaştırmasından sonraki fotosentetik üretkenliğin dalgalarında yatan, yüzlerce metre kalınlığında sıcak su karbonat kayası.

Geriye dönüp bakıldığında, Walker, Hays ve Kasting'in keşfettiği mekanizma, uygulamalarında apaçık ortada gibi

görünüyordu. Venüs, Dünya ve Mars'ın birbirinden ayrılan kaderleri birdenbire daha az gizemli bir hal aldı. Görünüşe göre üçü de ılıman sıcaklıklarla ve sıvı yüzey suyuyla başlamıştı, ama yalnızca Dünya bu koşulları sürdürebilmişti, çünkü yalnızca Dünya karbonat-silikat termostatını elinde tutabilmişti. Tektonik levhaların devinimlerini kayganlaştırma ve karbonat kaya oluşturmak için atmosferden CO_2 almada su gerektiğinden, Venüs suyunu kaybettiğinde termostatını da kaybetmişti. Mars ise termostatını, Güneş'e çok uzakta oluşmuş olduğu için değil fazla küçük olduğu için kaybetmişti. Karbonatları geri dönüştürmede gerekli volkanizmayı sürdürmek için gezegenin elinde jeotermal ısı kalmamıştı ve küçük boyutu da Mars'taki atmosferin büyük bir kısmının uzaya kaçmasına olanak sağlamıştı. Bir zamanlar nehirlerden akan ve denizlerde toplanan Mars suyu, zeminde donmuştu. Eğer Mars biraz daha büyük olsaydı, karbonunu daha kolay bir biçimde geri dönüştürebilir ve muhtemelen bugün bile yaşanabilir bir gezegen olabilirdi.

***

Büyük meşe ve vişne ağaçlarının gölgesinde hava nemlenmiş, serinlemişti ve uzun, sıska çamların zaman zaman görüldüğü yola yalnızca küçük parçalar halinde güneş ışığı düşünüyordu. İleride Black Moshannon Gölü, bataklık yosunundan, yeşil sazlıklardan, hasırotundan, çimenlerden ve yaprak dökmeyen kayışyaprağı fundalarından oluşan bataklık bir açıklığa doğru dolambaçlı bir biçimde uzanıyordu. Bitkilerin tanenleri, göl suyuna demli çay rengi veriyordu. Görünürde başka tek bir insan bile yoktu. İnsan yapımı küçük bir kumsalın kenarına park ettik ve bulutsuz mavi gökyüzünün altına çıktık. Kasting, böylesi bir havanın, kendisinin 1-D modellerinden biri için kusursuz olduğunu söyleyip espri yaptı. "Önümüzdeki hafta sonu burası ana baba günü olacak," dedi, ormanın kızıl ve altın gibi sonbahar tonlarıyla tutuşmuş olan sınırına bir bakış atarak. "Zirve renginin yalnızca birkaç gün ilerisindeyiz. Kısa bir süre sonra, belki bir hafta filan, yapraklar dökülmeye başlayacak."

Karbonat-silikat termostat keşfinin öncesinde, astronomlar genellikle dünyanın sonunun beş milyar yıl sonra Güneş şişerek Dünya'yı cürufa çevirecek bir kızıl deve dönüştüğünde geleceğini düşünüyordu. Gezegen bilimciler, gezegenin kendisi o kadar uzak bir gelecekte yerli yerinde olsa bile okyanuslar olmadan o zamana kadar çoktan ölü bir gezegen halini alacağı sonucuna varmıştı ve böylece dünyanın sonu bir ve iki milyar yıl sonrası arasındaki bir yere, daha parlak bir Güneş'in altında okyanusların buharlaşarak uzaya kaçtığı bir zamana yerleştirilebiliyordu. Karbonat-silikat termostat, biyosferin ölümüne giden daha yeni, daha hızlı bir yolu ortaya çıkardı: atmosferik CO_2'nin kademeli biçimde jeolojik olarak alçalması. Gezegenin iç kısmı yavaşça soğurken, volkanizma da azalarak atmosfere daha az CO_2 pompalayacak. Aynı anda, istikrarlı biçimde aydınlatan Güneş, sıcaklıkları kademeli olarak artırıyor, havaya daha fazla su buharı pompalayarak kayaları aşındırıp daha fazla CO_2'yi aşağı çekiyor olacak. Nihayet atmosferik CO_2 seviyeleri fotosentezin gerçekleşebileceği noktanın da altına düşecek, besin zincirinin temeli çökecek, atmosferik oksijen seviyeleri baş aşağı düşecek ve Dünya'daki yaşamın büyük bir kısmı ölecek. Walker bunu en başında, 1981'deki makalenin son cümlesinde, "karasal biyotanın kendisini uzun vadede karbondioksitin istikrarlı yok oluşu kadar ortalama yüzey sıcaklığının istikrarlı artışına göre de ayarlamak zorunda kalacağını" yazdığında fark etmişti.

1982 yılında, Lovelock ve meslektaşı Michael Whitfield, Dünya'nın atmosferinin ne kadar zamanının kaldığını belirlemek için karbonat-silikat termostatın ayrıntılı bir modelini yarattı. Çalışmanın *Nature*'da yayımlanan sonuçları, mahşer gününün yalnızca yüz milyon yıl içerisinde geleceğini gösteriyordu; bu, 4,5 milyar yıl yaşındaki bir gezegen için çok kısa bir süreydi. İnsan ölçeğinde bakıldığında, Lovelock ve Whitfield'ın öngörüsü, kırk beş yaşındaki bir kadına yalnızca bir yılının kaldığını söylemeye eşitti. Astronomlar, gezegen bilimciler ve jeologlar şaşkınlığa uğramıştı, ama bu alanlardaki azınlığın dışında, dünyanın eli kulağında ölü-

münün haberine büyük oranda kulak asılmadı; yüz milyon yıl pekâlâ sonsuz demek de olabilirdi. Derin zamanla ilgilenenlerde sıklıkla görüldüğü gibi, on yıl sonra bilim insanları dünyanın göze büyük gelen bu sonunu yeniden değerlendirecekti. 1992 yılında, Kasting ve onun doktora sonrası öğrencisi Ken Caldeira, Dünya'nın fotosentetik bozulması üzerine daha incelikli, biyosfere kısacık da olsa rahat bir nefes aldıran sonuçlar veren bir hesaplama gerçekleştirdi.

"Gezegenler fotosentez yaparlar, ama aynı zamanda nefes de alırlar; vücutlarındaki karbonu sabitlemek için oksijen 'solurlar'," diye açıkladı Kasting, göle yaklaşıp kıyıda yürümeye başladığımız sırada. "Dünya'daki bitki türlerinin yüzde doksan beşi, tüm ağaçlar ve çoğu tahıllar, 'C3' fotosentezi denen bir şeye bağlıdır. Fotosentetik yollarında attıkları ilk adım, üç karbon molekülüne sahip bir organik karbon zinciri yaratır. Karbon milyonda 150 oranının altına düşerse, C3 bitkileri fotosentez yapabileceklerinden daha hızlı biçimde nefes almak zorunda kalırlar, bu yüzden de ölürler. Lovelock ve Whitfield'ın modelinde, atmosferik CO_2 yüz milyon yılda 150 ppm'yi vuruyor. Ken, benim muhtemelen daha iyi olan iklim modelimi kullandı ve atmosferde değil ama karada CO_2 seviyelerini yirmi otuz kat artırabilen olayları, yani organik madde çürümesi ve bitki köklerinin nefes almasını da hesaba kattı. Bunu da göz önünde bulundurursak, C3 bitkileri muhtemelen 500 milyon yıl kadar yaşayabilir."

Kasting eğildi ve ıslak zeminden birkaç yeşil çimen kopardı. "Lovelock ve Whitfield aynı zamanda karbonda daha etkili olan C4 fotosentezleyicileri de dışarıda bıraktı. Çimenler C4'tür. Mısırla şeker kamışı da öyle. Yalnızca on ppm CO_2'yle bile hayatta kalabilirler. Bizim modelimiz, bugünden 900 milyon yıl sonrasına kadar CO_2'nin on ppm'den yukarıda olacağını gösterdi; dolayısıyla ağaçlar ve ormanlar kaybedilebilir, ama o noktadan sonraki 400 milyon yıl boyunca elde hâlâ çimenlikler ve mısır tarlaları kalacaktır. Bu gölün etrafında bulunan birçok bitki hâlâ hayatta olacaktır. C4 yeni bir uyumlanım –belki de azalan CO_2 yüzünden–, yani tüm o süre boyunca evrim daha da akıllanabilir. Ama bir kez on ppm'in

altına düşüldüğünde, CO_2'nin sera etkisinin büyük bir kısmı kaybolur, dolayısıyla su buharının olumlu geribeslemesi işleri devralır, ortalık ısınır, stratosfer nemlenir ve tüm su kaybedilir. Tüm o CO_2 en sonunda kayalardan tekrar ortaya çıkar, ama yalnızca artan sıcaklıklar biyosferde geri kalan ne varsa onları pişirdikten sonra. Sonuçlarımızın nihai olduğunu söyleyemem, ama bizim modelimiz daha iyi varsayımlar kullanıyor ve Dünya'daki yaşama yüz milyon yerine bir milyar daha veriyor."

"Yani Dünya'nın biyosferi şu anda sonbaharı, düşüş dönemini yaşıyor," diye kışkırttım onu.

"Şu anda Dünya için yazın yaşandığını söyleyebilirim, çünkü birçok mikrop 80 ila 100 derece Celsius'ta hayatta kalabiliyor, kaldı ki gezegen su kaybetmeye başladığında da sıcaklıklar bu civarda olacak; ayrıca anaeroblar ve kemosentez yapan canlılar yüzeyin altında daha bile uzun yaşayabilir," diye duygusuzca yanıtladı.

"Ha, tamam, ezikler Dünya'yı ele geçirir yani. Peki ya bizim gibi karizmatik megafaunalar?"

"Belki de karmaşık yaşam için sonbahar gelmiştir. Cömertçe varsayalım ki insanlar veya zekânın bir biçiminin, C3 bitkileri tükenene kadar dayanabileceğini, asıl büyük sorunların o zamandan sonra başlayacağını varsayalım. Bu, Dünya'daki tespit edilebilir yaşamın beş milyar yılı içerisinde 500 milyon yıl demek. Zekâ, Dünya'daki yaşamın tarihinin potansiyel olarak onda birlik, işleri C4'le biraz ağırdan alırsak da beşte birlik diliminde var olabilir. Kambriyen Patlaması yaklaşık 500 milyon yıl önce gerçekleşti. Yani belki de Dünya'nın, karmaşık yaşam için bir veya bir buçuk milyar yıllık bir zamanı vardır."

Kasting yürümeyi bıraktı ve otları parmakları arasında döndürerek sessizce dikildi. "Bana göre bu, Drake denklemindeki ifadelerden en az biriyle, üzerlerinde akıllı yaşamı geliştiren gezegenler kısmıyla ilgili," dedi en sonunda, bir kez daha bir ayağını diğerinin önüne atarak. "İster biyolojinin kısıtlılıklarıyla ilgili olsun, ister gezegen ortamının jeofiziksel evrimiyle, karmaşık yaşamın gelişimi Dünya'nın

ömrünün ilk yarısını aldı. Zekâysa daha yeni, Güneş'in on milyar yıllık ömrünün orta noktasında peyda oldu ve yarım milyar yıldan daha uzun süre de buralarda durması pek kolay olmayacak. Bizim gibi şeylerin nadir olduğunu düşünmek geçerli bir akıl yürütmedir. Sırf iklimlerin istikrarlı hale gelmesi için yaşam dışı bir yol bulunmasına yardımcı oldum diye insanlar beni Gaia hipotezine düşman ilan etti, ama ben daha çok bir şüpheciyim. Yaşamın, içinde bulunduğu ortamı gerçekten de değiştirebildiği ve iklimi kendi yararına göre düzenleyebildiği açık ve net. Yaşamın aynı zamanda iklimi dengeden çıkarabileceği de gayet net. Tüm bunlar bir bakış açısı meselesi. Oksijenin yükselişine yaşam sebep oldu, bu da muhtemelen kontrolsüz buzullanmaya yol açtı. Bu pek de Gaia'cı bir yaklaşım değil. Ama sonra yine, oksijenin artışı bizi ortaya çıkardı. Bunda herhangi bir tür amaç olduğunu söylemek muhtemelen hata olacaktır, ama eğer Gaia'nın bir amacı vardı denebilirse, bu amaç daha yüksek yaşam formlarının, insanların evrimi olabilir. Bunun sebebi de insanların prensipte bu gezegenin sonunu erteleyip Gaia'nın menzilini Dünya'nın ötesine doğru genişletebilecek olmasıdır. Zekâ ve teknolojinin siyanobakterilerden daha güçlü olduğu ortaya çıkabilir. Bana bir tekno-Gaialı diyebilirsin. Muhtemelen Güneş'in daha parlak hale gelmesini engelleyemeyiz, ama yine de Dünya'yı koruyabiliriz. Yüz milyonlarca yıl içinde Güneş bir sorun haline gelecek, ama ilerlememizi sürdürebilirsek, yalnızca bir veya iki asır içerisinde bir güneş kalkanı, belki de güneş ışığının bir kısmının gezegene çarpmasını engelleyebilecek küçük aynalardan oluşan yörüngesel bir bulut yaparak daha parlak bir Güneş'i etkisizleştirecek duruma gelebiliriz. Gezegeni başka biçimlerde mahvetmek için kendimizi paralamazsak Dünya'yı potansiyel olarak milyarlarca yıl boyu koruyabiliriz. Neden yapmayalım ki? Pişmek istemeyiz sonuçta."

"Şu anda kendimizi veya gezegeni mahvetmediğimizi mi düşünüyorsun?" diye sordum. Tek bir insana rastlamadan gölün uzak kıyısına ulaşmıştık. Ani ve derin bir kükremeyle, dönen tekerlekleri, çakılları birer saçma tanesi gibi ağaçlara

ve çalılıklara uçuran beyaz bir Ford F-150, kıvrıla kıvrıla göl kenarındaki tepeciklere giden bitişikteki mucur yola ulaştı. Bundan ürken pamuk kuyruklu üç tavşan saklandıkları yerden çıkıp ormanın derinliklerine koştu.

Kasting kaşlarını çattı ve kopardığı otları yere attı. "Şu anda türümüzün yaptığı şeyler yüzünden uykularım kaçıyor. Mesele sadece iklim de değil. Dünya'nın kaynaklarını saçıp savuruyoruz. Biyoçeşitliliğe korkunç şeyler yapıyoruz. Bizim kendi ellerimizle gerçekleştirdiğimiz bir başka büyük kitlesel yok oluşun ortasında yaşadığımıza şüphem yok. Muhtemelen yaşamın kendisini yok oluşa sürükleyemeyeceğimizden veya gezegeni kontrolsüz bir sera olmaya zorlayamayacağımızdan ne kadar avuntu bulunabilirse, onunla yetiniyorum. Karbonat-silikat döngüsü, fosil yakıt atımlarını bir milyon yıllık bir zaman ölçeğinde silecek ve ondan sonra da atmosferik CO_2'nin uzun düşüşü devam edecek. Daha akıllı olsaydık, tüm petrolü, kömürü ve gazı, gezegenin bunlara gerçekten ihtiyaç duyacağı zaman için istiflerdik. Gezegenin sıcaklığını on derece Celsius kadar yükseltmeye ve Dünya'yı geçtiğimiz yüz milyon yılda, belki de daha da uzun bir zamanda olduğundan daha sıcak hale getirmeye yetecek kadar fosil yakıt mevcut. Muhtemelen Dünya'yı, Arkeen'den beri sahip olduğu en yüksek sıcaklığa getireceğiz. Bu sıcaklık buz tabakalarını eritecek ve yükselen denizler yüzünden kıtasal karaların aşağı yukarı yüzde yirmisini kaybedeceğiz. Ekvatoral bölgelerdeki tarımsal ekinlerin birçoğu halihazırda ısıya dayanma sınırlarına yaklaştıklarından, bu yerler esasında yaşanmaz hale gelebilir. Dünya nüfusunun yarısı yerlerinden olabilir. Nüfuslar da küçülüp kutuplara doğru kayabilir. Milyarlarca insan yaşamını kaybedebilir... Ama teknoloji ilerlemeye devam ediyor. Belki küresel ekonomi yirmi, otuz yılda iyileşir. Belki de iklim değişikliğinin en kötü etkilerinden bazılarını tersine çevirmenin veya etkisiz hale getirmenin mantıklı yollarını buluruz. Belki sonunda bir TPF inşa edip uzaya göndeririz ve onun bulduğu her neyse, bizim kendi gezegenimizi daha fazla takdir etmemizi sağlar. Bence hâlâ vakit var."

Bölüm 8

IŞIĞIN SAPMALARI

8 Temmuz 2011 sabahı, Cape Canaveral-Florida'nın üzerindeki gökyüzü puslu ve kapalıydı. Kennedy Uzay Merkezini çevreleyen kumsalları ve sahil şoselerini dolduran yaklaşık 750.000 kişi için yapış yapış yaz sıcağına karşı tek teselli, açıklardan gelen hafif bir esintiydi. NASA'nın *Atlantis* uzay mekiği otuz yıllık uzay mekiği programındaki son uçuşuna başlarken, onun düşük Dünya yörüngesine ve aynı zamanda da tarihe uğurlanmasını bekleyen tüm bu insanlar veda etmek için oradaydı.

Nihai sayımın başladığı sırada, mekiğin son komutanı olan Denizci Yüzbaşı Chris Ferguson, programın bitişini görevin fırlatma yöneticisi Mike Leinbach'la birlikte izliyordu. "Bu mekik her zaman için, büyük bir ulusun cesur olmayı becerebildiğinde ve bir işi bitirmeye kendini adadığında neler yapabileceğinin bir yansıması olacak," dedi Ferguson telsizle, 4,5 milyon pound'luk 18 katlı mekik gövdesinde oturduğu koltuktan; uydu, pas renkli kocaman bir harici yakıt tankının yanına monte edilmişti ve iki yanında beyaz renkte ikiz besleme roketleri vardı. "Bugün bu yolculuğu bitirmiyoruz, Mike, yalnızca asla sona ermeyecek bir yolculuktaki bir bölümü tamamlıyoruz."

Kendisinden önceki birçokları gibi Ferguson da on dokuzuncu yüzyıl Rusya'sında, gözlerden ırak bir ahşap kulübede uzayın keşfi ve insanın yıldızlararasındaki kaderi hakkında tutkuyla yazan, modern roket biliminin babası ve münzevi bir filozof olan Konstantin Tsiolkovski'nin temel duygularını tekrar ediyordu. Orville ve Wilbur Wright'ın Kitty Hawk'ta güçlendirilmiş uçuşa öncülük ettiği zamanlarda, gezegenin

diğer tarafında, Tsiolkovski yörüngeye yerleştirilebilecek çok kademeli roketler, dış uzayda hayatta kalıp çalışmak ve günün birinde güneş sisteminden kaçmak üzerine fikirler geliştiriyordu. Kendisi bugün "roket denklemi" olarak bilinen, bir roketin manevralarını etkileyen kilit değişkenlerin tamamını içeren tek bir matematiksel formülü tasarlamasıyla ünlüydü. Almanya'dan Wernher von Braun ve Rusya'dan Sergei Korolev gibi ondan sonra gelen aydınlar, uzayı keşfetmek ve oraya doğru genişlemek için roket bilimine yönelmelerinde ilham kaynakları arasında Tsiolkovski'yi de saymıştı. İlk makalelerinden birinde Tsiolkovski, çalışmasının arkasındaki öngörülü itici gücü ortaya sermişti: "İnsanoğlunun varlığı muhtemelen asla sona ermeyecek, her biri söndükçe bir güneşten diğerine hareket etmeyi sürdürecektir... Yani yaşamın, evrimin ve insanlığın gelişiminin bir sonu yoktur. İnsan, sonsuza dek ilerleyecektir. Eğer öyle olacak olursa, kuşkusuz ki ölümsüzlüğe de ulaşacaktır." Sıklıkla ima edilen, ama kuşkucu alaylara hedef olma korkusuyla günümüzde nadiren açıkça itiraf edilen, Dünya'nın ötesindeki sınırsız geleceğe dair böylesi bir görüş, hâlâ insanın gerçekleştirdiği her tür uzay programının arkasındaki en saf ve en asil amaç olmayı sürdürüyor.

"Hâlâ kendi yaptığım makineyle yıldızlara gittiğim rüyalar görüyorum..." diye anılarını yad ediyordu Tsiolkovski, ölümünden on yıl kadar önce. "Bu tür aygıtlarla uzaya gitmek ve hatta belki de Dünya'nın atmosferinin ötesinde yaşam tesisleri kurmak mümkün olmalı. Bunun başarılması ve insanın yalnızca Yeryüzü'ne değil aynı zamanda tüm evrene yayılması için muhtemelen yüzlerce yılın geçmesi gerekecek." Görüşlerinin, içinde yaşadığı dünyaya uzaklığı yüzünden Tsiolkovski kendisini bir başarısızlık olarak görüyor, altmış sekiz yaşındayken, "Çok şey yapamadım ve kayda değer herhangi bir başarı kazanamadım," diye yazıyordu. 1935 yılında ölürken, Tsiolkovski hâlâ uzayın fethinin yüzlerce yıl gelecekte olduğuna inanıyordu. II. Dünya Savaşı patlak vermemiş olsaydı, haklı olabilirdi de. Ama ölümünden yalnızca yirmi yıl sonra, nükleer savaş başlıklarının ve balistik

füzelerin ürünü olan Amerikan ve Rus uyduları Dünya'nın yörüngesine yerleşmişti.

Ferguson'ın Cape Canaveral'da Tsiolkovski'yi yad etmesinden saniyeler sonra, mekiğin motorları ve besleme roketleri kaynamaya ve ölümüne çatırdayıp, *Atlantis*'i ve mürettebatını, altın alevlerden ve elektrik mavisi şok elmaslarından oluşan titreşen bir çağlayan halinde gökyüzüne doğru itmeye başladı. Bu yükselişin gökgürültüsüne benzer kükremesi, çevredeki fundalık bataklık düzlüklerin üzerinden son bir kez geçti ve böylece mesafeyi azaltarak en uzaktaki izleyicilerin de mekiğin sessizce havalanmasını görebilmesini sağladı. *Atlantis* fırlatma rampasının üzerinde yükseldi, Uluslararası Uzay İstasyonuna (ISS) doğru kıvılcımlanan bir yörüngede ilerledi ve alçak irtifadaki bulut örtüsünün ötesine geçip gözden kayboldu. Mekik, göklere doğru nihai uçuşunda yükselirken, arkasında sessizce çöken bir uzay programı bıraktı: NASA mekik filosunda hazır ikamelerden yoksundu ve tüm ajansta programlar küçültülüyordu. Ajans, gelecek yıllarda insanları uzaya gönderme yetisine doğrudan sahip olamayacaktı ve bilim görevlerinde de tasarrufa gidilecekti.

Mekikler, Ay'a yapılan başarılı Apollo görevinin teknolojik galeyanıyla ortaya çıkarılmıştı. Ay'a ileri karakollar inşa etmek ve Mars'ı keşfetmeye insanlar göndermek üzere daha büyük bir yirmi yıllık planın bir parçası olarak, NASA'nın ileri gelenleri, bir roket gibi fırlatılabilecek, yörüngede robotik uydularla ve mürettebatlı uzay istasyonlarıyla buluşabilecek ve sonra da gezegene yeniden giriş yapıp bir uçak gibi tüm dünyadaki havalimanlarına inebilecek bir uzay gemisi geliştirilebilmesi için fon peşinde koşmuştu. Bir zamanlar kullanılıp sonrasında Ay'a gönderilmek üzere bir kenara ayrılan devasa *Saturn V* roketlerinin aksine böylesi bir sistem kuramsal olarak tamamen yeniden kullanılabilir olurdu ve o zamanlarda kilogram başına 10.000 dolardan fazla olan fırlatma maliyetlerini düşürecek bir ölçek ekonomisi yaratabilirdi. Uzay mekiği, tekrar tekrar, belki de haftada bir kez olmak üzere ucuz, sık ve rutin uzay yolculuğu yapabilecek

devrimsel bir uzay aracı olarak satıldı. Güneş sisteminin engin ve harikulade genişliğinin kapıları, insan merakına ve maharetine sonuna dek açılabilirdi. Ay'daki üsler ve Mars'ın insanlar tarafından keşfi, yıldızlara yapılacak inanılmaz yolculuğun yalnızca bir başlangıcı olurdu.

Bunun yerine, Başkan Richard Nixon, NASA'nın büyük planlarının öngörülen masraflarına ayak diremeyi seçti. Ajansın, Ay'da üs veya Mars'ta ayak izi peşinde koşmaması için oraya giden fonu dramatik ölçüde kısıtladı ve Satürn roket programını ıskartaya çıkardı. Belki de odak noktası uzay yolculuğunu daha ekonomik hale getirmek olduğundan, NASA'nın hayatta kalma planının tek parçası, her ne kadar küçülmüş bir halde de olsa, mekikti. Tamamen yeniden kullanılabilirlik hedefi, geliştirilmesi daha ucuz ama çalıştırılması daha pahalı olan "yarı yeniden kullanılabilirlik" tasarımı biçiminde küçültüldü. Öyle olsa bile mekiğin gerektirdiği para, küçülmüş bir NASA'nın sağlayabileceğinden daha fazlaydı; NASA da bu parayı ordunun engelleyici casus uyduların fırlatılmasına duyduğu ihtiyaca oynayarak buldu. Verdiği desteğin karşısında, Pentagon değişiklik ısrarında bulundu –daha geniş bir kargo alanı, daha ağır bir termal koruma sistemi ve daha büyük delta şekilli kanatlar– ve bunların tümü de mekiğin karmaşıklığını, maliyetini ve riskini artırıyordu.

Sonunda ortaya çıkan yanılsamalı araçlar zarif, çok amaçlı ve telafisi olanaksız biçimde kusurluydu. En başta öngörüldüğü gibi yılda 50 uçuşa ulaşmak yerine, bütün mekik filosu programın otuz yıllık ömrü boyunca toplamda 135 uçuş gerçekleştirdi. Mekikler, aldıkları yükleri yörüngeye kilogram başına yaklaşık 18.000 ve 60.000 dolar arasında, yerine geçmek üzere inşa edildikleri fırlatıcılardan daha yüksek bir fiyat karşılığında taşıyorlardı. Mekik programının kusurları kısmen, "yeniden kullanılabilir" bileşenlerinden çoğunun her bir uçuşun ardından hazırda bekleyen küçük bir teknisyenler ordusu tarafından yoğun bir yenileme çalışması gerektirdiği gerçeğinden kaynaklanıyordu. Bu kusurların kaynaklandığı bir diğer noktaysa mekiklerin, iki uydunun ve onların mü-

rettebatlarının trajik kaybına yol açan, kaçınılmaz işlevsel riskleriydi. *Challenger* isimli uzay mekiği 1986'da fırlatıldıktan kısa bir süre sonra, besleyicilerindeki bir dolgu hatasından dolayı infilak etti; *Columbia*'ysa 2003'teki geri dönüşü sırasında bir köpük yalıtımı parçasının kanatlardan birini delmesi yüzünden parçalandı. İki felaketin ana etkeninin de mekik tasarım sürecinde verilen, siyasi kararlara bağlı tavizler olduğu ortaya çıktı.

Programın toplam maliyeti, onun öncülü olan ve Dünya'daki bilim insanlarının büyük bir çoğunluğunun kullanmak istemediği ve kullanamadığı muazzam bir yörünge laboratuvarı olan ISS'ninkine yakın bir miktar olan 150 milyar dolar olarak hesaplanmıştı. Bir süre için, mekikler ve ISS bir bütün olarak NASA'nın toplam bütçesinin neredeyse yarısını tüketirken, çok daha az pahalı bir robotik keşfe kıyasla yalnızca çok küçük miktarlarda bilimsel dönüşler sağlıyordu. Doğrudan NASA'nın mekik-dönemi insan uzay uçuş programlarından ortaya çıkmış en işe yarar araştırma, uzun uzay uçuşlarının insan üzerindeki etkisini ölçen deneylerde astronotları yalnızca denek olarak içeriyordu. Elbette, Dünya'dan ayrılındığında yeni durakları ziyaret etme ve anlamlı çalışmalar gerçekleştirme yetisi olmadığında böylesi bir araştırmanın değeri de büyük oranda azalıyor. Sırtında mekikleri çalıştırıp ISS'yi inşa etmenin mali kısıtlılıklarının yüküyle NASA, insanlığın bir zamanlar cesurca görünen uzay geleceğine dair görüşünün, astronotların alçak Dünya yörüngesinde sonsuz bir döngüye girip yerçekimsiz ortamda kemiklerinin ve kaslarının yok olup gitmesini beklediği, tam anlamıyla hiçliğe çıkan bir yola girdiğini gördü. Mekik programı neredeyse her açıdan, en önemli vaatlerini yerine getirmekte başarısız olan tahripkâr, lüzumsuz bir işti.

Tek istisna, tartışmalı bir biçimde, mekik programının, 1990 yılında *Discovery* uzay mekiği tarafından alçak Dünya yörüngesine bırakılan okul otobüsü boyutlarında robotik bir gözlemevi olan Hubble Uzay Teleskobundaki rolüydü. Başlangıçta 1940'larda Amerikalı astronom Lyman Spitzer tarafından önerilen Hubble, yaklaşık olarak mekiklerle aynı

zamanda yaratılıp fonlandı ve teleskobun yapımı ile fırlatılması onlarca yıl sürüp, 2 milyar dolardan fazlasına mal oldu. Mekiğin kargo alanına kolayca sığması tesadüf değildi, çünkü teleskobun tasarımı, mekiğin taşımak için inşa edildiği bazı casus uydulardan faydalanılarak yapılmıştı. İlk uzay teleskobu değildi, ama alüminyumla kaplanmış, hassaslığı keskinleştirilmiş ultra-düşük-genişlikte bir camdan imal edilen 2,4 metrelik bir birincil aynaya sahip olan teleskop, açık ara zamanının en büyüğüydü; gökyüzünde iki buçuk metrelik bir gözdü. Dünya'nın atmosferinin üzerinde bulunan Hubble, gökyüzünden gelen ışıkları bulanıklaştırıp bozan, parıldayan sorunlu hava katmanlarıyla uğraşmak zorunda değildi. Gözlemlerinin beklenmedik netliği ve hassaslığıyla bütün astronomide devrim yaratmayı vaat ediyordu.

Ancak yörüngeye giren Hubble, bulanık görüntüler göndermeye başladı. Aynası keskinleştirilerek aşırı bir hassaslığa, ama çok çok az miktarda hatalı bir rakama ayarlanmıştı, dolayısıyla ideal kıvrımdan, insan alyuvarının üçte birinden de az bir miktar olan 2 mikron kadar sapmıştı. Keskinleştirme, yörüngedeyken yinelenemeyecek, iki yıllık çok zahmetli bir işlemdi ve Hubble'ın aynasını çıkarıp yerine yenisini takmanın da hiçbir yolu yoktu. 550 kilometreden daha yukarıda yörüngeye oturmuş olan bütün bir teleskop, multimilyar dolarlık bir anlamsızlığa dönüşmek üzereydi. Teleskobun tarihteki en meşhur ve verimli gözlemevi haline gelmesiyse uzay mekiğinin eşsiz kabiliyetleri ve gelmiş geçmiş tüm uzay teleskopları arasında eşsiz bir talihe sahip olan Hubble'ın astronotik güncellemeler ve tamirler hesaba katılarak tasarlanmış olması sayesinde gerçekleşti.

1993'ün Aralık ayında, NASA'daki Hubble ekibi tarafından geliştirilen bir çözüm, uzay mekiği *Endeavour*'la fırlatıldı. Tıpkı miyoplu bir çift göze gözlük takmak gibi, uzay teleskobuna da kusurlu birincil aynadan seken yıldız ışığını yeniden odaklaması için daha küçük bir dizi ayna yerleştirilecekti. Türünün ilk örneği olan bu teknik bakım görevinde, hacimli uzay giysilerine bürünmüş yetenekli yedi astronottan oluşan bir ekip, on güne yayılmış biçimde toplamda otuz

beş saat harcayarak Hubble'a düzeltici aynaları kurdu ve ek güncellemeleri gerçekleştirdi. İşlem kısmı daha çok, kaynakçı başlığı ve fırın eldiveni giyip hassas bir göz ameliyatı gerçekleştirmek gibiydi; her şey, ufacık bir ekipman hatasında bile göz açıp kapayıncaya kadar yaşamlara mal olabilecek, hatayı affetmeyen bir ortamda olup bitiyordu. Haftalar içinde, uzay teleskobu, yeryüzündeki gözlemevlerinin yanından bile geçemeyeceği kalitede görüntüler sağlamaya başlamıştı. Mekikler ömrü boyunca Hubble'a dört kez daha alet ve ekipman götürdü ve teleskop, her ziyaretin ardından daha da güçlü hale geldi. NASA'nın insanlı uzay uçuş programının muhalifleri her bir mekik bakım görevinin maliyetiyle tamamen yeni bir Hubble'ın inşa edilip gözden çıkarılabilir roketlerle, hem de. insan yaşamını tehlikeye atmadan, fırlatılabileceğini belirtti, ama mekiklerin yaptığı güncellemelerle erişilebilir hale gelen, dönüştürücü güce sahip yeni bakış açılarından onlar bile şikayet edemedi.

Güneş sistemimizin içinde, Hubble'ın görüşü, Mars'taki değişen havaları, Jüpiter'de gerçekleşen patlayıcı kuyruklu yıldız çarpışmalarını ve Satürn'ün hayalete benzeyen kutup ışıklarını ayırt edecek kadar keskindi. Plüton'a odaklanan delici bakışları yeni uyduları göz önüne serdi ve uzaktaki cismin yüzeyinin kabaca haritasını çıkardı. Yakınlardaki yıldız oluşum bölgelerine bakan teleskop, gezegen oluşum sürecinin ortalarında bulunan ve dönüp duran gaz ve toz disklerinde kozalanmış genç yıldızları izledi. Bize en yakın sarmal galaksi olan Andromeda'nın devinimlerini ölçen Hubble, yaklaşık dört milyar yıl içinde bu galaksinin Samanyolu'yla çarpışıp birleşeceğini kesin olarak gösterdi. Çevredeki galaksileri inceleyerek, bu galaksilerin neredeyse hepsinin merkezinde, her biri yüzlerce Güneş'i güneş sisteminin genişliğinden daha küçük bir alana doğru sıkıştıran süper kütleli kara deliklerin bulunduğunu ortaya çıkardı. Hubble, baktığı her yerden, insanları büyüleyen ve temel keşiflere olanak sağlayan muhteşem fotoğraflar elde etti. 2012'nin Eylülünde, astronomlar, on yıllık bir çalışmanın ürünü olan, Hubble gözlemlerinin iki milyon saniyesin-

den oluşturulmuş bir "derin alan" görüntüsü yayınladılar. Hubble'ı zaman zaman, herhangi bir gök cisminden yoksun, boş bir bölge gibi görünen bir noktaya doğrultmuşlardı. Bölge küçüktü; bir gazoz pipetiyle gökyüzüne bakıldığında elde edilecek görüş alanından daha azını kapsıyordu. Hubble'ın detaylı incelemeleri, görünüşte boş olan bu bölgede mücevher parçaları gibi dağılmış binlerce uzak galaksiyi ortaya çıkardı: sarı eliptikler, mavi sarmallar ve karman çorman renk karmaşalarında birbirlerine girmiş "kuralsızlar." En eski ve en uzak galaksiler, kendilerini, hiçbir yapı belirtisi taşımayan küçük yakut noktacıklar olarak gösteriyordu; bunların ışıkları bize, bizim güneş sistemimizin doğuşundan çok önce yanıp yok olmuş olan yıldızlardan, Büyük Patlamanın yalnızca yarım milyar yıl sonrasındaki zamanlardan geliyordu. Bu antik fotonlar Hubble'ın aynasına ulaştıklarında, bunların her biri insan gözünün tespit edebileceğinden yaklaşık on milyar kat daha soluktu.

Hubble'ın fırlatılmasını ve tamirini takip eden yıllarda NASA, her biri ayrı bir dalga boyuna tahsis edilmiş ve yine her biri ortalama birer milyar dolara mal olmuş uzay temelli üç ek muazzam "Büyük Gözlemevi" inşa ederek uzay teleskobunun başarısını genişletti. Bunlardan biri, evrenin sınırındaki patlamalardan yayılan gama ışınlarını gözetleyen Compton'dı. Bir diğeri, muazzam yıldızlar patlayarak süpernovalara dönüşürken ve süper kütleli kara delikler moleküler gaz bulutlarıyla beslenirken, onları X-ışınlı gözleriyle izleyen Chandra'ydı. Üçüncüsüyse kızılaltı ışıkla, doğan yıldızları yakalayan ve geçmekte olan büyük, sıcak ötegezegenleri ölçen Spitzer'dı. Biri hariç hepsi uzay mekikleriyle fırlatılmıştı ve her biri de kısa süre içerisinde bilim insanlarının astronominin "altın çağı" olarak adlandırmaya başladığı çığır açan keşifler kümesine kendine has katkısını yaptı. NASA'nın bu dört "sancak gemisi" dışında, ajans aynı zamanda parça başına birkaç yüz milyon dolara mal olmuş daha küçük, daha özelleşmiş bir gözlemevleri donanması inşa edip fırlattı.

Sancak gemilerinin ve onlara eşlik eden daha küçük teleskoplar filosunun maliyetlerinin böylesine yüksek olması-

nın başlıca sebebi mekiklerin düşürmede başarısız olduğu bir masraf olan yörüngeye ulaşmanın afallatıcı maliyetiydi. Bir fırlatmanın bedeli olan kilogram başına on binlerce dolar katlanarak, teknolojinin elverdiği ölçüde sağlam ve hafif olması gereken her bir teleskobun tasarımında, üretiminde ve denemesinde daha büyük harcamalara dönüştü. Bir zamanlar bu harcamalar pek de endişe verici değildi; söz konusu olan, 1990'ların düşük işsizliğe, yüksek verimliliğe, trilyon dolarlık federal ihtiyaç fazlasına ve tavan yapmış bir GSYH'yle borsaya sahip, Soğuk Savaş sonrasının gürbüz hipergücü olan Amerika'sıydı. NASA'nın ileriye doğru bakan yöneticileri, ajansın bütçesinin yıldan yıla artarak daha iddalı uzay teleskoplarının inşasına, Mars'tan numunelerin alınmasına ve nihai olarak da insan keşfinin alçak Dünya yörüngesinin ötesine doğru yeniden ateşlenmesine olanak sağlayacağı parlak bir gelecek gördüklerini düşünüyorlardı. Hubble yirminci yüzyılın ilk veya ikinci on yılı içerisinde işe yarar zamanlarını tükettikten sonra yörüngeden çıkarılarak Pasifik Okyanusuna indirilecek, sonrasında da yeni ve daha devrimsel bir gözlemevi onun yerini alacaktı. Hubble'ın halefi, 1996 yılında Yeni Nesil Uzay Teleskobu adıyla duyuruldu, ancak sonradan, 2002 yılında, zaferlerle dolu Apollo zamanlarında ajansa önderlik etmiş olan NASA yöneticisinin şerefine James Webb Uzay Teleskobu (JWST)* olarak yeniden adlandırıldı. Bu teleskobun görevi, evrenin ilk galaksilerinin, yani Hubble'ın en derin görüntülerinde yalnızca küçük kırmızı lekeler halinde görünen nesnelerin üzerindeki örtüyü tamamen kaldırmaktı. JWST yalnızca başlangıçtı; ABD'deki astronomi camiası, tıpkı bir menüdeki iştah açıcı başlangıç yemeklerinden birini değil, aynı anda birçoğunu sipariş eden aç bir müşteri gibi fazladan pek çok büyük ve iddialı uzay teleskoplarını kovalamak için kolları sıvadı.

NASA'nın JWST'nin ağırlıklarını attığı sırada, ötegezegen alanı göz kamaştırıcı yükselişine başladı. Astronomlar ilk kez, halktan gelen dikkate değer miktarda ilgi ve övgüyle, Dünya'ya benzeyen başka gezegenleri bulma olasılığı üzerine

* "James Webb Space Telescope" (JWST) –çn.

akılcı bir biçimde tartışma fırsatı buldular. Gezegen avcıları, yıldızlararası uzaklıklarda Dünyamızın, bir Hubble derin alan görüntüsündeki tipik bir galaksiden biraz daha soluk görüneceğini hesapladı. Kuramsal olarak, bu, JWST'nin tespit edebileceği bir şey olurdu ve elbette teleskop da yıldızlarından uzakta bulunan sıcak ve genç gaz devi gezegenleri görüntüleme işini olağanüstü bir biçimde yapardı. Ama pratikte, yaşanabilir gezegenler çok daha parlak ev sahibi yıldızlarının fazla yakınında bulunuyordu; planlanan teleskop, gezegen avcılarını veya onlara aniden hayran olmaya başlayan halkı tatmin etmek için gereken yüksek dinamikteki aralığa sahip olamayacaktı. Örneğin bizim kendi Dünyamız, görülebilir ışıkta Güneşimizden yaklaşık on milyar kez daha solgun; gezegenimizden uzaya doğru yansıtılan her bir fotona karşılık, yıldızımız on milyar foton yayıyor. Zıtlık oranı kızılaltında daha avantajlı bir hale geliyor; Güneş bu dalga boylarında Dünya'dan yalnızca yaklaşık on milyon kat daha parlak oluyor. Astronomlar, Güneş benzeri bir yıldızın çevresindeki bir başka Dünya'yı görüntülemeyi, parlak bir spot ışığının etrafında gezinen bir ateşböceğini binlerce kilometre uzaktan fotoğraflamaya benzetmeyi severler, ama basit gerçeklik çok daha kuvvetli. Bir yıldızın çevresindeki kayalık bir gezegeni görüntülemek, pratikte bir termonükleer ateş topunun uç kısmında, yanı başında duran soluk bir toz zerreceğini yakalamak demek; tıpkı patlamakta olan bir hidrojen bombasına bitişik duran yanmamış bir kibriti fotoğraflamak gibi. Bunu yapmak için, o milyonlarca veya milyarlarca termonükleer fotonu devreden çıkarmanız gerekir, böylece gezegenden yansıyan tek bir foton bile görülebilir. Gökyüzündeki tüm yıldızlar için Dünya'nın atmosferinin bulanıklaştıran müdahalesi böylesi hassas ölçümlerin zeminden yapılması olasılığını ortadan kaldırdı; birçok başka yıldızın yörüngesinde bulunan potansiyel olarak yaşanabilir herhangi bir gezegenin ışığını yalnızca uzaya kurulmuş bir gözlemevi ulaştırabilir.

Amerikan Astronomi Derneğinin 1996'nın başlarında, San Antonio-Texas'ta yaptığı bir toplantıda, Geoff Marcy'nin

ekibiyle sıcak Jüpiterler üzerine yaptığı ilk keşifleri açıklamasından kısa bir süre sonra NASA'nın o zamanki yöneticisi Dan Goldin sahneyi aldı ve JWST'den sonra ilk iş olarak başka canlı dünyalar arayışını desteklemek için ajansın ne yapacağına dair cezbedici bir öngörü sundu. Goldin, NASA'nın bilim programının tamamını, yeni yaşam-arayıcı uzay teleskopları göz kamaştırıcı merkez parçası olmak üzere, astrobiyoloji etrafında yeniden şekillendirme niyetindeydi. "Yaklaşık on yıl içinde," diye açıkladı, ajans yeni bir "Gezegen Arayıcı"yı, potansiyel olarak yaşanabilir gezegenlerin konumunu saptayabilecek ve çeşitli yıldız ışığı engelleme teknikleriyle bunların düşük çözünürlüklü fotoğraflarını çekebilecek bir gözlemevini fırlatmaya hazır olabilecekti. Bu gözlemevi, her bir küçük gezegen pikseli kümesinin tayfında atmosferik biyo-imzalar arayabilecekti. Bu, daha sonra NASA'nın "Karasal Gezegen Arayıcı" (TPF) görevi kavramı haline gelecek şeyin halka ilk bahsedilişlerinden biriydi. Eğer bir TPF yakınlardaki yıldızların çevresinde umut vaat eden dünyalar bulursa, bu durumda "belki de yirmi beş yıl içerisinde" bu gezegenleri, "üzerlerindeki okyanusların, bulutların, kıtaların ve sıradağların görülebileceği bir çözünürlükle" görüntüleyebilecek daha da iddialı teleskopların inşa edilebileceğini söyledi Goldin mest olmuş seyircilere. Goldin, Amerika'nın varsıllığının ve yaratıcılığının bir göstergesi olarak, uzaylı Dünyaların haritalarının, tüm dünyadaki okulların sınıflarının duvarlarını süsleyebileceği, çok da uzak olmayan bir gelecekten bahsediyordu. Sonrasında, yirmi birinci yüzyılın bir anında, canlı dünyalar olduğu ortaya çıkan bu gezegenlerin, yıldızlararası insansız uzay araçları için başlıca hedef haline gelebileceğini söyledi. Goldin'in ümit verici tahminlerine göre, bir TPF 2006 yılında ilk uçuşunu gerçekleştirebilecekti ve yakınlardaki herhangi bir karasal ötegezegen üzerinde Rand McNally kartografisini uygulamak üzere 2020'lerin başlarında inşa edilecek bir başka gözlemevinin selefi olarak hizmet edecekti.

Ne yazık ki JWST'nin gelişiminin planlanandan daha zor olduğu ortaya çıktı. En eski yıldızların ve galaksilerin gö-

rüntülenebilmesi için, teleskobun Hubble'ınkinden çok daha büyük, moleküler bulutların, dev gezegenlerin ve en eski galaksilerin en parlak biçimde ışıyabileceği kızılaltı dalga boylarına göre ayarlanmış bir birincil aynaya ihtiyacı vardı. Aynı zamanda kozmik şafağın kırılgan ışığını silip götürmesin diye kriyojenik olarak [kendi iç ısısının da dondurulma yoluyla] soğutulması gerekiyordu. Son olarak, gezegenimizin kızılaltı dalga boylarında ampule benzeyen ışıltısı narin gözlemleri kirleteceğinden, bu teleskop alçak Dünya yörüngesinde de çalışamazdı. Birkaç yıl süren yinelemeler sonrasında bir tasarımda karar kılındı: JWST, Hubble'ın ışık toplama alanının yaklaşık yedi katı büyüklüğüne sahip 6,5 metrelik bir aynaya sahip olacak ve gezegenimizle Güneş arasına, Dünya'ya Ay'ın olduğundan yaklaşık dört kat daha uzakta bulunan, aşağı yukarı 1,6 milyon kilometre mesafedeki bir istikrar noktasına yerleştirilecekti. Teleskobun neredeyse her boyutu yeni ve büyük teknolojiler gerektirecekti. Bir Boeing 737 uçağı kadar geniş ve uzun çok katmanlı bir "güneşlik," teleskobu ve onun duruma özel inşa edilecek en son teknoloji aletlerle algılayıcılardan oluşan donanımını koruyacaktı. Tertibatın tamamı, var olan herhangi bir roketin taşıyamayacağı kadar büyük olacağından gözlemevi, fırlatma işlemi için bir origami gibi, krizalitin içindeki bir kelebek gibi, uzayın derinliklerinde açılmak üzere katlanacaktı. Katlama işlemi için, JWST'nin aynası, her biri tüy gibi hafif ve hayli zehirli bir madde olan berilyum metalinden yontulup altınla kaplanmış, ayarlanabilir 18 altıgene ayrılacaktı.

Çeşitli uluslararası ortaklar, aletlerin inşası veya bir fırlatma aracının sağlanması için sözleşmeler imzalamıştı, ama maliyetin ilk tahminlere göre yaklaşık 1,5 milyar dolar olan ağır kısmını NASA üstlenmişti. Fırlatma geçici olarak 2010 yılı dolayları için planlanmıştı. Projenin esas karmaşıklığı ve ölçeği ortaya çıkmaya başladıkça maliyet hesaplamaları da sürekli gözden geçirilerek yukarılara çekiliyordu, ama önemli miktarda ek paranın da geldiği yoktu. Bu durumda JWST için paranın, NASA'nın diğer uzay bilim programlarından gelmesi gerekecekti. Sonunda, yalnızca teknoloji geliş-

tirme için 2 milyar dolardan fazla para gerekecekti. Projenin toplam maliyeti şiştikçe ve gelecek için giderek daha fazla büyük harcamalar bırakıldıkça, JWST'nin programı da kaymaya başladı. 2012 yılına gelindiğinde JWST'nin yapımının, denemelerinin, fırlatılmasının ve iş başındaki ilk beş yılının yaklaşık 9 milyar dolara mal olacağı hesaplandı; hem de fırlatma 2018'den önce gerçekleşmeyecekti.

2008 yılında başlayan ve ABD hükümetinin, büyük bankaların ve diğer mali kurumların toptan çöküşünü engellemek için trilyonlarca dolar harcadığı Büyük Durgunluk sırasında zirve yapan ulusal ve küresel ekonomik felaketlerle birlikte JWST'nin doğum sancıları da iyice ağırlaştı. NASA'nın bir zamanlar istikrarlı bir büyüme göstermesi öngörülen bütçesi artık sabit kalırsa bile şanslı sayılırdı ve o halde bile para enflasyonuna ayak uyduramıyordu. Başkan Bill Clinton'ın başkanlığı altında 1990'larda birikmiş olan ihtiyaç fazlası, kendisinin halefi olan Başkan George W. Bush'un yaptığı vergi indirimleri ve kontrolsüz harcamalarla 2000'lerde multitrilyon dolarlık bir mali açığa dönüşmüştü. *Columbia* mekiği faciasından sonra Bush, NASA'ya ajansın orijinal Apollo sonrası zamanlarına öykünen yeni ve cesur bir yetki vermişti: yeni ağır kargo roketleri inşa etmek, sonra da onları Ay'a geri dönmede ve Mars'a insan taşımada kullanmak. Buna Constellation* programı adı verilecekti. Heyhat, Bush bu programa yeteri kadar fon veya Kongre desteği sağlamadı ve ilk duyurunun ardından programın adını nadiren andı. Bush yönetimi sırasında başlayan çok sayıda projede olduğu gibi Constellation'ın da fazlasıyla başarılı olduğu tek iş, kamusal ve federal trilyonlarca doları, genellikle çok çok az karşılık veren ve iyi bağlantılara sahip özel girişimcilerin kasalarına aktarmaktı.

2006 yılında NASA, Bush'un başarısız planını desteklemek için bilim bütçesinden milyarlarca doları çöpe atmayı seçerek JWST'nin gelişimini karışıklığa sürükledi ve artık resmi olarak "belirsiz bir tarihe ertelenmiş" olan bir TPF'nın hızlı gelişimi ve fırlatılmasına dair umutları tüketti. Bu ka-

* Constellation: İng. "takımyıldız" –çn.

yıp için herkes yas tutmuyordu; ötegezegenler üzerine çalışmayan ve bir TPF'nın dar odağını ve öngörülen maliyetini, kendilerinin de uzay teleskobu gerektiren daha az ışıltılı alanlarına var oluşsal bir tehdit olarak gören çok sayıda astronom ortaya çıktı. Şüphesiz, nüfuzlu çalışma gruplarında ve planlama komitelerinde projeye karşı etkin lobi çalışmaları yürüten birileri de vardı.

Yıllar süren vasat sonuçlar ve 10 milyar doları aşan harcamalar sonrasında Constellation, 2011 yılında Başkan Barack Obama tarafından iptal edildi, ama NASA'nın bilim programlarına verilen zarar verilmişti artık. Ajans, JWST'ye yeterli fon sağlayabilmek için neredeyse diğer tüm büyük yeni nesil astrofizik ve gezegen bilimi görevlerini küçültmek, ertelemek veya iptal etmek zorunda kaldı; eğer gözlemevi başarılı olacaksa bu, NASA'nın uzay bilimi portföyünün büyük bir kısmının etkili biçimde ortadan kaldırılması pahasına gerçekleşecekti. Yaşlanan önceki nesil uzay teleskopları teker teker eskiyip bozuldukça, JWST nihayet fırlatıldığında, kendisini diğer büyük ABD gözlemevlerinden aniden yoksun kalmış bir diyarda evrenin sınırına, zamanın başlangıcına bakar halde ve neredeyse yapayalnız bulması olasılığı gitgide daha da artıyordu. Para ve güçlü kurumsal destek bulunamadığından bir TPF en az yıldızların kendileri kadar uzak ve erişilmez görünüyordu. Programın ardı arkası kesilmeyen erteleme ve gecikmeleri yüzünden Kongre JWST'yi tekrar tekrar fonları kesmekle tehdit etti; Hubble'ın yerine gelenin hiç uçamama ihtimali de vardı. Uçsaydı bile teleskobun makul ömür süresi yalnızca on yıldı, bunun ardından yakıt deposu boşalmış, taşıdığı aletlerse güncelliğini yitirmiş olacaktı. Astronomlar arasında, Hubble'ın başlatmış olduğu altın çağın JWST'yle birlikte belki de bir kapanışa doğru gittiği yönünde söylentiler dolaşmaya başladı.

Şen şakrak, bıyıklı bir astrofizikçi ve üçü Hubble'a olmak üzere beş uzay mekiği görevinde uçuş gerçekleştirmiş bir NASA astronotu olan John Grunsfeld'in içine söylentiler dert olmuştu. Teleskobun başarısı büyük oranda, Grunsfeld'in üç Hubble bakım görevi süresince gerçekleş-

tirdiği elli sekiz buçuk saatlik rekor uzay yürüyüşüyle perçinlediği uzay giysisine bürünmüş maharetinden geliyordu. Basın Grunsfeld'i bir kahraman olarak kutladı ve ona "Dr. Hubble" lakabını taktı. Mekiği yörüngeye sürerek tarihteki en verimli uzay teleskobunu tamir eden, sonrasında da aynı teleskobu kullanarak ikili pulsarlar ve diğer egzotik gök fenomenleri üzerinde çalışmalar yapan Grunsfeld, NASA'nın insan ve bilimsel uzay programları arasında var olabilecek birbirinin etkisini artıran güçlü faydaları doğrudan deneyimledi. ISS ve mekiklere harcanan yüz milyarlarca dolar ve uzay teleskoplarının altın çağı için gereken görece küçük fon parçacıkları üzerine kafa yoruyordu. Tıpkı mekik ve Büyük Gözlemevlerinde olduğu gibi, NASA'nın kuvvetli insanlı keşif programının nasıl olup da karşılıklı fayda adına bir kez daha ajansın tamamen bilimsel tarafıyla güçlü bir ortaklık geliştirebileceğini düşünüyordu. 2003 ve 2004 arasında NASA'da Baş Uzman olarak görev yapmış ve Bush'un Constellation programı için bilim uygulamalarının geliştirilmesine yardımcı olmuştu. Görünüşe göre büyük roketler, en az astronotları Ay'a göndermede olduğu kadar, aşırı büyük teleskopların fırlatılmasında da faydalıydı. Örneğin böylesi bir roketle, JWST, aynanın parçalanması ve katlanması gibi pahalı bir güçlük olmadan fırlatılabilirdi. Aynı zamanda TPF tarzı daha büyük gözlemevlerini de önemli ölçüde ucuzlatabilirdi. Ama Constellation o doymak bilmez gölgesini NASA'nın bilim bütçesinin üzerine düşürdüğünde bu plan da geri tepti.

Grunsfeld, 2010'un başlarında son Hubble bakım görevini tamamladıktan sonra NASA'dan ayrıldı ve Baltimore-Maryland'de bulunan Uzay Teleskobu Bilim Enstitüsünde, yani Hubble ve eninde sonunda da JWST'un işletimlerinin nabız gibi atan bağlantı noktasında başkan yardımcılığı görevine başladı. Neredeyse iki yıl boyunca, Enstitünün yöneticisi astronom Matt Mountain'le birlikte yakın bir biçimde çalışarak Enstitünün günün birinde yapmayı başarabileceği TPF tarzı bir teleskobun altyapısını hazırladı. Tercih edilen kurum içi tasarıma, hayli yerinde bir kararla ATLAST (Ad-

vanced Technology Large-Aperture Space Telescope)* adı verildi ve teleskobun, başka şeylerin dışında, potansiyel olarak yaşanabilir ötegezegenlerin görüntülerini elde edebilecek astronomik bir koşum atı olması planlanıyordu. Dr. Hubble artık Dr. TPF veya Dr. ATLAST olmuştu.

Bu yeni rolünde meşhur bir NASA memuru olmak gibi bir sahne sanatından azat olmuş olan Grunsfeld, başka dünyalar bulmak ve yeni yaşamlar aramak için yeni gözlemevleri inşa etmenin önemi ve değeri hakkında tutkuyla, uzun uzadıya ve sıklıkla da davetsizce konuşuyordu. Sonra, 2011'in sonlarında bir gün Grunsfeld'in telefonu çaldı. Arayan, NASA'dan bir arkadaşıydı. Ajans, onun geri dönmesini ve her ne kadar sayısız yükümlülükle uğraşmasını gerektirecekse de Grunsfeld'in dünyadaki en büyük saf bilim bütçesinin başına geçmesini sağlayacak bir iş olan Bilim Görevi Kurulu Eşbaşkanlığı görevini almasını istiyordu. Teklifi kabul etti ve geri döner dönmez önceden yaşam arayan teleskoplar için yaptığı sözlü savunuculuğu yatıştırarak, NASA'nın tüm bilim programlarında dengeyi vurgulayan ve daha dikkatli bir biçimde idare edilen bir kamu karakterine dönüştürdü. Uzaylı Dünya araştırmaları için yeni ve büyük herhangi bir fon duyurusu yoktu, ama Grunsfeld'in en yakın arkadaşları ve eski sırdaşları onun eski coşkusunu unutmuş değildi. Neredeyse bir yıl boyunca NASA'nın basın ekibiyle Eşbaşkan Grunsfeld'in kitabı üzerine bir röportaj yakalamak için gerçekleştirdiğim verimsiz e-posta trafiğinin ardından Başkan Yardımcısı Grunsfeld'in bana bir zamanlar, daha önceki bir röportajda özgürce söylediklerinde teselli buldum.

"Hubble ve Webb muhtemelen bizi evrenin başka bir yerinde yaşamın var olup olmadığı sorusunda askıda bırakacak," demişti. "Yeni nesil büyük uzay teleskoplarında ihtiyacımız olan –ve aynı zamanda başarabileceğimiz– şey en yakındaki 1000 yıldızın çevresinde bulunan her bir yaşanabilir gezegenin atmosfer ve yüzey özelliklerini gözlemleme

* Yüksek Teknoloji Geniş Aralıklı Uzay Teleskobu. İngilizcede "at last" sözcük öbeği, "nihayet," "sonunda" gibi anlamlara geliyor. Teleskobun isminin kısaltmasının yerinde olması bu yüzden –çn.

yetisi. En sonunda yalnız olmadığımızı öğrenebiliriz. Sonunda, her biri de prensipte insanların ayak basabileceği başka yaşanabilir gezegenler bulabiliriz. Büyük resim bu ve ben de halkı, Kongreyi ve gelecekteki yönetimleri bu sonraki adımın yatırım yapmaya değer bir şey olduğuna ikna edebilmek istiyorum." Anlaşılan Grunsfeld, Tsiolkovski'ye iyi çalışmış.

***

2012 yılının başlarında, Grunsfeld'in NASA'nın bilim programlarının kontrolünü eline almasının üzerinden bir aydan kısa bir süre geçmişken, soğuk, sisli bir sabah Uzay Teleskobu Bilim Enstitüsünü ziyaret ettim. Enstitü, Johns Hopkins Üniversitesi kampüsünde renkli camlar ve koyu renkli tuğlalardan müteşekkil alelade bir binaydı ve bünyesinde beş yüze yakın bilim insanı, mühendis ve destek çalışanı barındırıyordu. Yıldız doğumlarını gösteren kuşe kâğıda basılmış posterlerle, ölçekli uzay teleskobu modelleriyle ve mekik tarafından yörüngeden getirilen Hubble yadigarlarıyla dolu Başkan ofisinde, Matt Mountain sıcak bir biçimde elimi sıktı ve içinde yetiştiği İngiliz kültürüne uygun şekilde çay ikram etti. Mountain, bir tutam saman sarısı kıvırcık saçın altındaki keskin gözleriyle orta yaşlı, alaycı, ağırbaşlı bir karakter. Standart üniforması –zarif bir takım elbise– bir zamanlar sağlam olan ancak "acımasız bir doktor"un iz bıraktığı vücudunda çuval gibi duruyordu. JWST'de Teleskop Bilimci olarak birkaç yıl çalıştıktan ve 8 metrelik iki Gemini kızılaltı teleskobun geliştirilmesi, yapımı ve çalıştırılmasını denetlemek gibi uzun ve başarılı bir görevden sonra, 2005 yılında Enstitünün başkanı olmuştu. Konuşmasının, karmaşık ve pahalı projeleri sabırsız siyasetçilere ve teknokratlara, yani meşgul ajandalarında uzun dikkat aralığına yer olmayan güçlü insanlara asansör konuşmalarında anlatarak tecrübe kazanmış birinin hareketli ama sakin temposu vardı. Söze nükteli bir espriyle başladı.

"Yirmi birinci yüzyılda bir başka yıldızın çevresinde yaşamın keşfedilmesi, insanlık için, muhtemelen yirminci yüzyılda Neil Armstrong'un yaptıkları kadar önemli olacaktır,"

dedi güzel bir tonla. "İlerleyişine ve zekâsına bakılmaksızın başka bir yerde bağımsız olarak oluşmuş yaşamı bulmak, Kopernik'le Darwin'i aynı şişeye koyup bir güzel çalkalamaya benzeyecek. Peki, sonra ne olacak? Şişeye bakacaksınız. Belki de dünyayı kökten değiştireceksiniz. Bence bu NASA için geçerli bir doğrultu."

Masasından bir iPad çıkardı ve sözlerini desteklemek için görüntülere başvurdu. "Biliyorsun, 2020'ye ulaştığımızda yaşanabilir bölgelerdeki Dünya kütlesindeki gezegenler sıkıcı hale gelmiş olacak. Çünkü elimizde bir *tayf* olmadan aslında neye bakıyor olduğumuzu bilemeyeceğiz." Her biri de birbirinden büyük ölçüde farklı dalgalı çizgilerle dolu altı kutunun bulunduğu bir görüntü açtı. Çizgiler Dünya'nın karbondioksit ve nitrojenden oluşan cansız bir atmosferden biyojenik metanla dolu Arkeen atmosfere ve gezegenin gittikçe artan oksijenlenmesine kadar jeolojik tarihinin altı farklı noktasının simüle edilmiş atmosferik tayflarıydı. "Dünya'nın tarihinde, olayların bu şekilde göründüğü yalnızca küçük bir dönem vardı," dedi, Dünya'nın bugünkü tayfsal çizgilerini gösteren kutunun üzerine vurarak. "Yakındaki yıldızlar hakkında haddinden fazla bilgiye sahibiz; neredeler, kaç yaşındalar... Çoğu aslında Güneş'ten daha genç, dolayısıyla belki de oradaki bir Dünya, bizim gezegenimizin o erken dönemlerine daha fazla benziyordur. Ama bunu öğrenmek için fazladan tayflara ihtiyacımız olacak. Bunu kabul ettiğin andaysa başın birdenbire belada demektir; çünkü bu, uzayda dikkate değer bir pencereye, büyük bir aynaya sahip bir teleskoba ihtiyacın olduğu anlamına geliyor."

"Herkesi üzmek pahasına söylemeliyim ki yıldız ışığını milyarda bire indirmek yalnızca bir mühendislik sorunu," diye devam etti. "Gerçekten zeki olduğumuzu ve bunu çözdüğümüzü varsayalım. Bu durumda hâlâ bir gezegeni yıldızından uzamsal olarak ayırt etmek için yeterince yüksek açılı bir çözünürlüğe ihtiyacımız olacak. Ayrıca hâlâ Dünyaların soluk, kahrolası Hubble derin alanındaki bir galaksiden bile daha soluk olması gibi bir sorunumuz var! Bahsettiğimiz şey öylesine soluk ki aynaya ulaştıklarında neredeyse her bir fo-

tonu parmaklarınla sayabilirsin. Bir tayf oluşturmak zaman alır, ama makul herhangi bir görevde bu şeylerden birine bakmak için bir milyon saniyeden daha fazlasını harcayamayız, çünkü teleskobun başka bir araştırma için daha kullanılması gerekecektir ve aradığımız şeyi bulmak için bizim de çok sayıda yıldıza bakmamız lazım gelecektir."

"Burada kaç adet yıldızdan söz ediyoruz?" diye sordum.

"Offf!" diye bağırdı Mountain, iPad'inin ekranına dokunarak. Ekran karardı, sonra parıldayan yakut, topaz ve safirden oluşan, ağır ağır dönen bir buluta benzeyen bir şey fırıl fırıl dönerek görüntüye girdi.

"Bunların hepsi, Güneş'in en fazla 200 ışık yılı uzaklığındaki yıldızlar," dedi ve tekrar ekrana dokundu. Yakutlar ve safirler, arkalarında yalnızca turuncu, sarı ve beyaz küreler bırakarak yok oldu. "Bunlar da Güneşimize benzeyen, yaşanabilirlik olasılığının en yüksek olduğunu düşündüğümüz yıldızlar. Bir bilgisayarda, bunların her birinin çevresindeki yaşanabilir bölgeye birer Dünya yerleştirip 'Belirli bir çapa sahip bir teleskopla bunların kaçını görebiliriz?' diye sorabiliriz. Bir teleskobun çözünürlüğü çapıyla, ışık toplama kuvveti yani toplama alanı da çapının karesiyle doğru orantılıdır. Hem küçük hem de soluk bir şey bulmanız gerekir ki bu etkenleri bir araya getirebilin ve gözlemleyebildiğiniz adayların sayısı teleskobun çapının kübüyle doğru orantılı olsun. 4 metrelik bir teleskopla elde edeceklerinizin sayısı..." Ekrana dokundu ve neredeyse tüm yıldızlar, arkalarında Güneş'in çevresinde kümelenmiş merkezi bir çekirdekte yirmi kadarını bırakıp ortadan kayboldu. "Çok az."

Mountain, iki dokunuş arasında, 8 metrelik bir teleskobun yüzlercesini menzilimize dahil edeceğini söyledi. Küçük çekirdeğin etrafında oraya buraya dağılmış yıldızlardan oluşan bir kabuk belirdi. "16 metrelikle, binlercesine ulaşırsınız." Ekrana son kez dokundu. Dönüp duran sürü geri geldi, en baştaki yıldızların çoğu yerli yerindeydi.

"Bu modelin, yakındaki yıldızların her birinin etrafında bir Dünya bulunduğunu varsaydığını unutmamak gerek. Kepler sayesinde, bunun fazla iyimser olduğunu ve her on

yıldızdan bir ila üçünün çevresinde potansiyel olarak yaşanabilir gezegenlerin bulunduğunu artık biliyoruz. Elbette yaşamın orada hangi sıklıkta ortaya çıktığına dair hiçbir fikrimiz yok. Yani soru şu: kendinizi şanslı hissediyor musunuz? Eğer çok şanslıysanız 4 metrelik bir teleskop yapıp bu işi halledebilirsiniz, çünkü baktığınız bir avuç yıldızdan biri size istediğiniz şeyi verecektir. Ama peki ya şanssızsanız? En yakın on yıldızdan bir şey bulamazsanız, eh, ne öğrendiğinizden pek emin olamazsınız. Elinizin kötü olduğunu düşünebilirsiniz. En yakındaki binine bakıp da eliniz boş dönerseniz, o halde ne açıdan bakılırsa bakılsın yalnızız demektir. Bir cevap elde etmede makul bir şansa sahip olabilmeniz için gerçekten de yüzlerce yıldıza bakmanız gerekir ve bunu yapmak için gereken fizik de sizi bu 8 metrelik, 16 metrelik teleskopların dünyasına iter."

Kafamda, bir oraya bir buraya dönüp derin uzaydaki hedefler arasında gidip gelen, biriktirilmiş foton damlalarından yavaş yavaş bir tayf oluşturan büyük, düz, gümüşi bir disk canlandırarak başımı salladım. Yeterince basit görünüyordu. Neden büyük oynayıp şunu 16 metre genişliğinde yapmıyorduk ki?

Daha sonra hesaplamalar yaptım ve gerçek zorluğu tamamen kavradım. 16 metrelik bir ayna, teke tek tenis oynanan bir korttan daha geniş bir yüzey alanına sahip olurdu; yani bir rokete sığdırmak için epey büyük. JWST'de olduğu gibi hafif berilyum segmentlerinden oluşsa bile aygıtlar olmadan yalnızca ayna ve onun destek yapısı 45.000 kilogramdan –yaklaşık 50 ton– ağır olacaktı; yani Ay yörüngesine girmek için resmi bir hızlandırılmış program ve dünyanın en büyük roketlerini gerektirmiş olan Apollo uzay aracından biraz daha ağır. Bu ağırlığın büyük bir kısmı, aynanın mikron ölçeğindeki biçimlenişinin, fırlatma sırasındaki yoğun titreşim ve g-kuvvetine [çekim kuvveti] olduğu kadar derin uzayın dondurucu vakum ve yerçekimsiz ortamına da dayanabilmesini sağlamaktan başka hiçbir işe yaramayacaktı. Uzaylı Dünyalar bulmak üzere yapılmış bir ayna, her biri hayli pahalı olan en az üç şey gerektirir: Apollo'nun *Saturn*

V'sinden daha büyük ve daha güçlü bir roket; ISS'nin inşasında olduğu gibi yörünge içerisinde parça parça birleştirme; veya aynanın ağırlık, maliyet ve performans hata sınırlarında dikkate değer azalmalar.

"Eğer bana bugün bu 8 ila 16 metrelik teleskobun ne kadara mal olacağını sorsaydın, hiçbir fikrimin olmadığını söylerdim," dedi Mountain, ben gerçekten de bu soruyu sorduktan sonra. "Oralara girmek istemiyorum. Ama sorman gereken soru bu değil. Asıl soru onun ne kadara mal olacağı değil, senin onu makul bir fiyata çekmek için ne tür bir teknolojiye ihtiyacının olduğu. Diğer camiaların, örneğin parçacık fizikçilerinin düştüğü hatalardan kaçınmamız gerekiyor. Onların alanının tamamı 1970'lerde ve '80'lerde birdenbire durdu, çünkü kendilerinden başka kimsenin istemediği veya ihtiyaç duymadığı teknolojiler istiyorlardı. Her şeyi sıfırdan, parça parça inşa etmeleri gerekiyordu ve bu da pahalıya patlıyordu. Bu işi halledebilmemiz için endüstriyel temelimize bakmalı ve başka insanların da istediği teknolojilere sadık kalmalıyız."

Constellation programının en parlak döneminde, NASA kocaman bir roket istemişti: *Saturn V*'yi bile gölgede bırakacak büyüklükte bir roket olan *Ares V,* Gemini Gözlemevinden ayrılıp Enstitünün başkanlığı görevine gelmesinden kısa süre sonra Mountain, NASA'nın Marshall Uzay Uçuş Merkezinde çalışan bir optik fizikçi olan Phil Stahl'dan bir telefon aldı. Stahl, *Ares V* için bilim uygulamaları arıyordu ve Gemini'nin 8 metrelik aynalarının ağırlığını öğrenmek istiyordu. Mountain, Stahl'a aynaların parça başına kabaca yirmi ton geldiğini söylediğini hatırladı.

"Hepsi bu mu?" diye sordu Stahl.

"Hepsi bu mu mu?!" diye şaşkına döndü Mountain.

"Matt, *Ares V* o kadar büyük ki onun içine bir adet Gemini bile koyabiliriz," diye açıkladı Stahl. Kısa süre sonra Enstitü, ATLAST için planlar hazırlamaya girişmişti.

"Uzay biliminde büyük bir ilerlemenin NASA'nın yeni roketler edinmesiyle gerçekleşebileceğini anladığımızda tam bir 'vay canına' anı yaşadık," diye hatırladı Mountain. "Bir

Gemini aynası büyüktür, serttir ve onu zeminde kolaylıkla test edebilirsiniz. JWST gibi hafif ve parçalı bir şeyden çok daha basit bir sistemdir. Bir Gemini aynasının maliyeti yalnızca 20 milyon dolar! Bütün bir aynayı bir rokete sığdırıp fitili ateşleyebilirsiniz ve birdenbire uzayda 8 metrelik bir teleskobunuz olur!"

Ancak Constellation'ın sürekli olarak gecikmesi ve en sonunda iptal edilmesiyle, Mountain'in "büyük roket" yaklaşımına karşı gösterdiği iyimserlik de sönmüştü. 2011'deki Kongrede, Uzaya Fırlatma Sistemi adında, neredeyse tamamen aynı bir roket için küllerden bir plan doğdu, ama Mountain bu roketin bir kez bile uçacağına ikna olmamıştı. NASA iyimser bir şekilde roketin gelişiminin yaklaşık 20 milyar dolara mal olacağını hesapladı. Roketi bir programın ömür süresi boyunca çalıştırmak muhtemelen onlarca ve onlarca milyar dolar daha gerektirecekti, ancak zaten büyük ihtimalle roket de yılda bir kez fırlatılacaktı. Muhalifler buna Senato Fırlatma Sistemi adını taktı. Tıpkı öncülü gibi bu da makul maliyetlerde bir yörünge geçişinden ziyade Kongrenin nüfuzlu üyelerinin geldiği bölgelerde istihdam sağlamak üzere tasarlanmış bir oy toplama projesi gibi görünüyordu. Yeni yeni doğmaya başlayan bu roketin kaderi bilim veya mühendislik tarafından değil, siyaset tarafından belirlenecekti.

Constellation ölüme terk edildikçe, Mountain ve Enstitüden başka insanlar, uzaya büyük aynalar yerleştirmenin daha ucuz alternatif yollarını aramaya başlamıştı. Belki de çok hassas biçimlendirmelerini korurken aynı zamanda daha hafif ve daha az pahalı olan büyük teleskoplar yapmanın hazır yolları vardı. Yeryüzündeki daha yeni gözlemevleri ince, esnek ve parçalı aynalar için kalın, sert ve tek parça olanları onlarca yıl önce terk etmişti. Yeni aynalar daha ucuzdu, ama aynı zamanda yumuşaktı ve kayan rüzgârlar, değişen sıcaklıklar ve bir teleskobun hedefleme dönüşleri tarafından kolayca deforme oluyordu. Bunlarda başarının sırrı, astronomların "dalgayüzü duyu ve kontrol" adını verdikleri bir eylemi gerçekleştiren her bir aynanın arkasına yerleştirilen ve bilgi-

sayarla kontrol edilen uyarıcılar, yani "etkin optik"ti. Aynaya yayılan ışık dalgalarını gözetleyen bir bilgisayar, uyarıcıları hareket ettirerek aynanın şeklini ve yönünü değiştirebiliyor, tespit edilen herhangi bir bozukluğu hassas bir biçimde giderebiliyordu. JWST'nin berilyum altıgenlerden oluşan parçalı aynası etkin optiği tasarımına halihazırda sınırlı bir ölçüde de olsa dahil etmiş, yörüngedeyken gerçekleştirilen periyodik ayarlamaların günler veya haftalar ölçeğinde yapılmasına olanak sağlanmıştı. Görev planlayıcılar, mevcut fırlatma araçlarının boyut ve ağırlık sınırlarına sığabilecek daha büyük aynalar yapmak için uzaydaki vakumlu ortamda bile sorunlar çıkararak karmaşık etkin optik sistemlerinden sürekli olarak düzeltme gerektirecek daha uyduruk, daha hafif maddeler kullanmak zorunda kalacaklardı.

Uzayda etkin optik tarafından istikrarlı hale getirilen hafif, esnek ve büyük aynalar yenilikçi bir fikir gibi görünüyordu, can alıcı bir ayrıntı dışında: kendilerini kanıtlamamışlardı. Mountain'in bildiği kadarıyla, daha önce hiç kimse uzaya bu tür sistemler göndermemişti. Gerekli teknolojilerin geliştirilmesi ve uçuş denemelerine tabi tutulması fazlasıyla pahalı ve zaman alıcı olabilir, muhtemelen de daha hafif aynalar kullanmanın doğrudan faydalarını ortadan kaldırırdı. Mountain ve iş arkadaşları heyecanlarına ket vurmuştu ta ki tuhaf bir şeyi fark edene dek: Northrop Grumman ve Lockheed Martin gibi büyük savunma üstlenici firmaların alışveriş çılgınlığı. Bu uzay devleri önceki yıllarda, ya hafif aynalar ya da etkin optik sistemleri üretmede uzmanlaşmış daha küçük bir dizi şirketi satın almıştı.

"Büyük uzay teleskoplarıyla ilgilenenler yalnızca astronomlar değildi," dedi Mountain, daha sonra ofisinde. "O zamana kadar hep NASA'dan bahsediyorduk, ama aşağıdan ziyade yukarı bakma eğiliminde olan ve çok daha fazla fonlanan bir başka devlet kurumu daha vardı." ABD'nin sır küpü Ulusal Keşif Ofisinden, NRO'dan* bahsediyordu. Bir kaşını kaldırdı ve Hubble'ın da NRO'nun bir zamanlar gizli olan "Ayna" [Keyhole] serisi casus uydularının bir yan

* "National Reconnaissance Office" (NRO) –çn.

ürünü olduğunu belirtti. "Elimde bir erişim yetkisi yok ve bunun böyle kalmasını da tercih ederim, ama Hubble tarzı bir görüntü kalitesi istiyorsanız ve sizden saklanan birinin uyduların geçiş zamanını saatine bakarak tespit etmesini engellemeniz gerekiyorsa ihtiyacınız olan deliğin boyutlarını hesaplamak için erişim yetkisine gereksinim duymazsınız." Ekvatorun 36.000 kilometre üzerinde, yörüngedeki sabit bir noktada duran bir uydu, Dünya'nın dönüşüyle aynı hızda hareket ederek gezegenindeki sabit bir noktanın üzerinde etkili bir biçimde bekleyebilir. Mountain, bu tür yüksekliklerden Dünya'nın işe yarar yüksek çözünürlüklü görüntülerini elde etmek için aşağı yukarı 10 veya 20 metre boyutlarında bir aynanın gerekeceğini ifade etti. Üç dört stratejik bölgenin üzerinde sabit yörüngeye yerleştirilen böylesi aynalar, Dünya'nın yüzeyinin neredeyse tamamını sürekli olarak izleyen, gözünü bile kırpmayan birer nöbetçi görevi görebilirdi.

Mountain, üstü kapalı bir biçimde, bu tür bir sistemden kaçılabileceğini, ama saklanılamayacağını çıtlattı. Ağırlıktaki, etkin optik sayesinde mümkün kılınan azalmalar, mevcut roketlerde "o lanet şeyi fırlatmanı sağlayan asıl şey" görevi görüyordu. Büyük ihtimalle, uzaydaki etkin optik ve hafif aynalar için geliştirilen teknolojiler halk tarafından bilinenden çok daha olgundu ve günün birinde gizlilikleri ortadan kaldırılırsa bilime ve topluma büyük faydalar sağlayabilirdi. Mountain, olası avantajları göklere çıkarıyordu: uzaylı Dünyaları görüntülemenin yanında, 8 metrelik veya 16 metrelik bir aynanın ışık toplama kuvveti uzay temelli astronominin geri kalanında bir devrim yaratabilir, astrofizikçilerin süper kütleli kara deliklerin oluşumuna tanık olmasını ve karanlık maddenin kozmik dağılımını derinlemesine incelemesini sağlayabilirdi. Daha genel olarak, dedi, büyük ve ucuz aynalar aynı zamanda Dünya'daki alıcı istasyonlara güneş enerjisi ışınlamada veya hava tahminlerini ve iklim değişikliği öngörülerini sınırlandırmak için gezegenin değişen atmosferini birer birer bulutların çözünürlüğünde gözlemlemede kullanışlı olabilirdi.

Mountain'le yaptığım görüşmeden birkaç ay sonra NRO, NASA'ya daha küçük ama dikkate değer bir armağan sundu: New York taşrasındaki gizli bir temiz odada duran, kullanılmamış iki adet uzay teleskobu ve onlarla alakalı donanımlar. NRO, teleskopları işlevsiz buluyordu ve süresiz olarak depoda tutmaktansa ülkenin çırpınıp duran sivil uzay ajansına devretmeyi seçmişti. İki teleskop da Hubble boyutlarında ve kalitesinde 2,4 metrelik birer öncül aynayla donatılmıştı; birçok astronomik gözlem için uygundu, ama potansiyel olarak yaşanabilir gezegenleri tanımlamadaki dişe dokunur bir uygulama için fazla küçüktü. NRO gözlemevlerinden doğru düzgün faydalanmak için NASA'nın fırlatma aletlerine ve donanımlara para harcaması gerekiyordu, ama bu hediyeler para sıkıntısı çeken ajansın, tercih ettiği takdirde, daha büyük yaşam arayıcı teleskoplar için teknolojiler geliştirmeye ayırabileceği en düşük tahminle yüz milyonlarca doların ajansın cebinde kalmasını sağlamıştı. Ancak NASA'nın gerçekten de tercihini bu yönde kullanıp kullanmayacağıysa kesin olmaktan çok uzaktı.

"Şu anki sorunlarımızdan biri, NASA'nın henüz büyüyünce ne olacağına karar verememiş olması," dedi Mountain, görüşmemiz sırasında. "Büyük roketleri meslek programları olarak düşünürsek, hâlâ oyuncağıyla oynayan küçük bir çocuk havasında. NASA'nın, bundan daha dayanıklı bir görüye ihtiyacı var, ama Kongreyle ve Amerikan halkıyla istişare etmeden de değişemez. Sonuç olarak, ister başka yıldızların çevresinde ister kendi güneş sistemimizdeki gezegenler üzerinde olsun, yaşam aramak için uzaya gitmek, ajansın insanlı uzay uçuşu ve bilimsel tarafları arasında güçlü bir ortaklık yaratabilecek bir altyapı! Hubble görevinin bu kadar başarılı olmasını sağlayan şey de bu tür bir ortaklıktı. Hubble'ın eşi benzeri yoktu, çünkü oraya gidip onu yenileyebiliyorduk."

Mountain'in konuşması, şüpheci bir Texas milletvekilinin bir bira içerken halktan biriymişçesine konuşmaya başlaması gibi, gittikçe daha da yerel şiveye kayıyordu. "Yani örneğin NASA Mars'a gitmek istiyor. Eh, Mars'a 2030'dan evvel gidemiy'cekler, di' mi? Peki astronotlar tüm bu sürede ne yap'cak?

İnsanları Mars'a gönderip daha küçük şeyler inşa edemezsin, daha büyüğünü yaptırman gerekiyo'. Ticari, bilimsel ve savunma uygulamaları için uzayda büyük altyapılar; gelecek, bu. Belki astronotların uzayda daha büyük sistemleri birleştirmede daha iyi hale gelmesi gerekiyo'dur. Belki ajans, bu büyük yapıları robotlarla tadil etmeye yatırım yapmalıdır. Belki de Uluslararası Uzay İstasyonuna yapılan yatırımları güçlendirsek daha iyi olur. Ha, bu arada, tüm bunların gerçekleşmesini sağlayacak harika bir fikrimiz de var."

Enstitünün NASA'daki üç araştırma merkeziyle işbirliği içinde oluşturduğu bu fikrin adı, OpTIIX'ti; yani Optical Testbed and Integration on ISS eXperiment'ın* karışık biçimde kısaltılmış hali. ISS'ye 2015 yılında fırlatılması planlanan OpTIIX, montajın sınanması ve hafif, esnek ve parçalı aynanın uzayda etkin biçimde düzeltilmesi için tırmanmaya elverişli ve düşük maliyetli bir platform olacaktı. 1,5 metrelik birincil aynası, her biri atom inceliğinde buharlaştırılmış metal katmanlarıyla sırlanmış silikon karbit örtülerinden imal edilecek altı adet tamamen etkin 50 santimetrelik altıgen parçadan oluşacaktı. Toplanan yıldız ışığı birincil aynadan sekerek yukarıdaki daha küçük ikincil aynaya yansıyacak, sonra da tekrar aşağıya, titreşimi telafi eden ve ışığı, görüntüleme ve aynayüzü kontrolü için kameralara yönlendiren bir dizi üçüncül "hızlı yönlendirme" ve "kaldırma" aynalarına gidecekti. Yıldız takipçileri ve jiroskoplar, birincil aynadan gönderilerek teleskobu tam olarak hedeflenen noktaya yönlendiren ve aletin en uygun biçimlenimini koruyan kafes içi lazerlerle ortaklaşa çalışacaktı. Bu teknolojiler sayesinde, OpTIIX, her ne kadar gürültücü, ağır ve delişmen astronotlardan oluşan yükünü zaman zaman itip kakan, onlara itaatsizlik eden ISS'nin dış tarafında tutturulacak olsa da, yıldızların ve galaksilerin net görüntülerini ulaştıracaktı. Gerekirse astronotlar sistemi tamir etmek veya güncellemek için uzay yürüyüşü yapabilecekti, ama OpTIIX, birimsel parçaları yörüngeye gönderildikçe tamamen robotik birleştirme ve bakıma uygun olarak tasarlanmış olacaktı.

* Tr: ISS Deneyiminde Optik Sınama Ortamı ve Entegrasyon –çn.

"Şu anda ağır fırlatma araçlarının ve kısıtlı katlama geometrisinin mevcut paradigmalarının yapabileceklerinin sınırlarındayız," dedi Mountain bir süre sonra, resmi haline geri dönerek. Ofisinin penceresinden dışarı, ailesinin çerçeve içinde beş adet fotoğrafının dizili olduğu pencere pervazının ötesine baktı. Sabah sisi, zayıf kış güneşinin altında kaybolmuş, çıplak ağaçlarla cansız çimenlerden oluşan kupkuru bir manzarayı ortaya çıkarmıştı.

"Şu anda uzay teleskoplarını yerde inşa edip deniyoruz, sonra katlayıp bir rokete koyuyoruz. Şu anda, daha büyük roketler olmadan, çok daha büyük teleskoplarımız olamaz. OpTIIX gibi şeyler, gittikçe büyüyen uzay teleskoplarının ölçek değişmezliği sürecinin başlangıcı olabilir, çünkü tüm aşırı hata paylarını etkisizleştiriyoruz. Düşündüğün zaman, yer teleskoplarını bir yerlerdeki büyük bir bodrumda birleştirip ve deneyip, sonra onu bir dağın tepesine çıkarmıyoruz, değil mi? Hayır, şüphesiz ki hayır. Bileşenlerini daha sonra bir araya getirebileceğimiz varsayımıyla o teleskobu dağ başında parça parça birleştiriyoruz. Etkin optik gibi teknik kavramlar, teleskobu ait olduğu yerde, uzayda birleştirmeye, hizalamaya ve güncellemeye olanak tanıyor. Parçaları robotlar, astronotlar veya bu ikisinin bir kombinasyonu yoluyla birleştirirsin, sonra da yoluna bakarsın. İşine devam edersin. Teleskobunu neredeyse sonsuza kadar yükseltebilirsin."

Mountain'e, bu fikrin gerçek olması ihtimali hakkında ne düşündüğünü sordum. Alnı kırıştı ve elini çenesine sürterek, rüzgârda savrulmuş kuru yapraklarınkine benzer bir ses çıkardı.

En sonunda, penceredeki hayalete benzeyen yansımasıyla konuşuyormuş gibi Amerikalıların uzay biliminden daha da uzak kalmayı seçebileceğini söyledi. "Gerçek şu ki, biz federal parayı kullanıyoruz ve cidden çok fazla harcıyoruz. Bu para elden çıktığında, geri döneceği de kesin değil. Şu anda bu para, karşı çıktığımı söyleyemeyeceğim başka yerlere, başka önceliklere akıyor. Ama kesintili değişimi hayal edebilirsin. İnşa ettiğimiz birçok imkân hızla yok olabilir. Öte yandan bu ülkenin yoluna devam etmesini sağlayan ve Çin, Hindistan,

Avrupa gibi başka ekonomiler büyürken gelecekte de devam etmesini sağlayacak olan şeyin, tam olarak, uzay bilimi de bunun bir parçası olmak üzere, bilim ve teknolojiye yatırım yapmak olduğu gibi bir argüman geliştirilebilir. Benim için asıl mesele şu ki bulunduğumuz konum doğal evrimin mi yoksa yalnızca talihli bir akıbetin mi bir parçası?"

Mountain'in görüşüne göre, Hubble ve diğer Büyük Gözlemevlerinin altın çağı talihli bir sapma, saf teknolojik gelişim ve bilimsel ilerlemenin olduğu kadar jeopolitik ve ekonominin de bir ürünüydü. Bunun doğuşu, yirminci yüzyılın ikinci yarısında ortaya çıkan biçimlendirici etkiye sahip olaylarda da –Nüfus Patlaması*, Soğuk Savaş, Uzay Yarışı– görülebilir. Astronomlar bu beklenmedik fırsatlar birleşiminden faydalanarak, kendileri için neredeyse efsanevi bir rüya zamanı, teknolojik kabiliyetin sınırlarının Dünya diyarının sıradanlığının ötesine geçtiği ve bilimsel keşfin ufuklarının bilinen evrenin sınırlarına dayandığı ışıltılı bir çağ yaratmıştı. Şimdiyse belki de tüm bunların sonuna gelinmişti.

"Lyman Spitzer, Hubble fikrini 1947 yılında ortaya attı ve biz Hubble'ı nihayet 1990'da fırlatabildik," dedi Mountain. "Ama eğer elimizde uzay mekikleri olmasaydı, casus uydular geliştiren Savunma Bakanlığı olmasaydı, Hubble'ı gerçek yapmak muhtemelen birkaç on yıl daha alırdı. Bana kalırsa şu anda dönmekte olduğumuz çağ da böyle bir çağ. Hubble'a bir servet harcadık, ama o kendi ivmesini kendisi yaratıyordu. Hubble bize Compton'ı, Chandra'yı, Spitzer'i ve bazı başka tamamen yeni teknolojileri verdi. Bize JWST'yi, bu muhteşem, devasa kriyojenik kızılaltı teleskobu verdi. İşte bu, sapmaydı; bu, Nüfus Patlatıcıların iş başında olduğunu gösteriyordu. Onlar şimdi gidiyor, bizse elimizdeki neredeyse her kuruşu harcadık ve şimdi de bu kökten kaymayla karşı karşıya olan bir neslimiz var. Zor... Astronomların farkına varması gereken şey, bir projenin bütçesi bir milyar doları aştığında, meselenin, saf bilimin dışındaki etkenlerin

* Bebek Patlaması: İng. "Baby Boom." Özellikle dünya çapındaki büyük krizler sonrasında yaşanan, özellikle 1950-1960 yılları arasında meydana gelen, doğum oranındaki büyük ve hızlı artış –çn.

de hesaba dahil olduğu tamamen yeni bir boyuta geçtiği. Bu durumda bilim, gerekli olan ama zorunlu olmayan bir hale geliyor. Seninle ikimizin şu anda bu şekilde konuşuyor olmamızın sebebi de bu." Pencereyi arkasına alıp bana döndü.

"Birilerinin Dünya'nın nasıl çalıştığını detaylı olarak anlamanın ve uzay teknolojisi üzerine uzmanlaşmanın aslında işe dahil olan herkes için hayli iyi bir şey olduğunu açıklaması gerekiyor. Birileri başka bir yerde yaşam bulmanın insanlık için de iyi sonuçlara gebe, insanı alçakgönüllü yapabilecek bir deneyim olduğunu söylemeli. Bu belki de bize kendimize çeki düzen veremiyorsak *her şeyi* bir kenara bırakabileceğimizi fark etmemiz için gerek duyduğumuz cesareti verir. Galileo o teleskobu gözüne götürdüğünde ne yaptığının pek de farkında değildi, ama bir devrimi tetikledi. Belki biz de bir başka devrimin eşiğindeyizdir. Şu anda Dünya sisteminin karmaşıklığını takdir etmeye başlıyoruz ve bu karmaşıklığı kontrol etme ihtiyacıyla karşı karşıyayız. Şu anda biyolojiyle astrofiziğin yakından bağlantılı olduğunu fark ediyoruz. Bunlar zor kavramlardır, ama bir tür olarak hayatta kalmak için bunlar üzerinde uzmanlaşmak zorundayız. Aksi halde, bilirsin ya, belki dışarıda bir yerlerde bağımsız biçimde ortaya çıkmış yaşamı keşfederiz, ama bu bizim için pek de iyi bir haber olmaz. Bir düşün: eğer dünya dışı yaşam her yerdeyse ama bilinç ve teknoloji görülebilecek bir yerlerde değilse, bu muhtemelen bizim gibi toplumların çok da uzun süre hayatta kalmadığı anlamına geliyordur. Bunun yerine kendilerini imha ediyorlardır. Tüm bu karmaşıklık üzerinde uzmanlaşırsak böylesi bir durumla karşılaşmak zorunda kalmayız. Bu küçülmeye doğru gerçekleşen baskıyla, bu içe dönüşle savaşmak zorundayız."

Enstitünün OpTIIX girişiminin parası 2012'nin sonlarında, ön tasarım incelemeleri başarılı bir biçimde tamamlandıktan sonra suyunu çekti. Fazladan yaklaşık 125 milyon dolar olmadan da ISS'ye asla ulaşamayacaktı.

Bölüm 9

HİÇLİK NOKTASI

1996 yılında, NASA yöneticisi Dan Goldin ajansın gelecekte Dünya benzeri gezegenleri görüntülemek için oluşturacağı uzay teleskopları filosu için planlarını açıklarken, ortaya serdiği görüş büyük oranda, sonuçları *A Road Map for the Exploration of Neighboring Planetary Systems*[*] adıyla yayımlanan tek bir çalışmayı temel alıyordu. Goldin bu çalışmanın emrini Güneş benzeri yıldızların çevresinde ilk ötegezegenlerin keşfedilmesinden yalnızca aylar önce vermişti ve bu duyuruların ardından o çalışmanın bulguları yeni bir önem kazanmıştı. Üç ayrı ekip ve dışarıdan gelip danışmanlık öneren yüzlerce uzman tarafından yürütülen çalışma çok katmanlıydı, ama çalışmanın genel sorumlusu, Pasadena-California'daki Caltech/NASA Jet İtki Laboratuvarında (JPL)[†] çalışan bir gezegen bilimci ve elektrik mühendisi olan Charles Elachi'ydi. O zamanlarda Elachi, Laboratuvarın uzay ve Dünya bilim programlarını yönetiyordu ve daha sonra JPL'in başkanlığına yükselecekti. JPL, ajansın en önemli robotik keşifçilerindeki en büyük paya sahip olan NASA merkezi olarak, uzay-bilim çevrelerinde efsanevi bir yere sahipti; Pioneer ve Voyager insansız uzay araçları, Mars araçları, gezginleri ve uyduları, Jüpiter'e yapılan Galileo görevi, Satürn'e yapılan Cassini görevi, Kepler görevi ve daha birçokları JPL tarafından tasarlanmış, inşa edilmiş veya yönetilmişti. Ufukta ötegezegen patlamasının görünmesiyle birlikte, JPL ve Elachi de daha fazla prestij ve büyüme için bir fırsat yakalamış oldu: Uzay Teleskobu Bilim Enstitüsü,

---

[*] "Komşu Gezegen Sistemlerinin Keşfi İçin Bir Yol Haritası" –çn.

[†] "Jet Propulsion Laboratory" (JPL) –çn.

NASA'nın uzay teleskoplarını çalıştırırken, JPL ve onun yan kuruluşları o teleskopları geliştirip inşa edecekti. Eğer yeni teleskoplar yakınlardaki yıldızların çevresinde umut vaat eden herhangi bir gezegen bulursa JPL, güneş sisteminin dışındaki diğer dünyalara seyahat edecek ilk robotik insansız uzay araçlarını bile inşa edebilirdi.

Elachi ve makalenin diğer eşyazarları, *Yol Haritası* sunumlarının birçoğunda, Dünya'nın, 1972'de Ay'a giden *Apollo 17* astronotlarından biri tarafından 45.000 kilometre uzaklıktan çekilmiş meşhur "Mavi Bilye" fotoğrafı gibi görüntülere atıfta bulunuyordu. Bu bütün-yarımküre görüntüsü, balta girmemiş ormanlarla, savanla ve çölle kaplı Afrika'nın tamamını, Arap Yarımadasını ve buzla kaplı Antarktika'nın büyük bir kısmını gözler önüne seriyordu. Derin denizin üstünde beyaz bulut helezonları ve demetleri göze çarpıyor, Hint Okyanusunda dönüp duran bir de kasırga görülebiliyordu. Dünya'yı uzayda yalnız ve kırılgan bir vaha gibi gösteren Mavi Bilye, 1970'lerin çevreci hareketinin fitilini ateşlemiş ve tarihte en fazla yayılan görüntülerden biri haline gelmişti. *Yol Haritası* ekibi, bir başka yıldızın yörüngesinde bulunan bir dünya hakkında böylesi ayrıntıları ortaya çıkarmak için ne tür bir uzay teleskobunun gerektiğini düşünüyordu. Yaptıkları hesaplamalar iç karartıcıydı: Dünya'nın, Güneş'e en yakın komşu yıldızlardan birinin yörüngesinde bulunan bir ikizinin Mavi Bilye tarzı bir optik dalga boyu görüntüsünün elde edilmesi için en azından 5000 kilometre çapında tekil bir ayna –bir "dolgulu delik"– gerekiyordu. Bu da kıtasal Birleşik Devletler'le aynı boyutlarda bir ayna demekti. İnsanların aniden gerekli teknolojik kabiliyeti geliştirip büyük asteroitleri bir şekilde ultra pürüzsüz, hassas ayarlı aynalara dönüştürmesi dışında, böylesi devasa dolgulu delikler sonsuza dek erişilmez gibi görünüyordu. Ayrıca bu tür büyük bir ayna yapılsa bile yıldız ışığının on milyarda birlik parıltısını etkisiz hale getirme meselesi bir başka muazzam teknik zorluk olarak ortaya çıkıyordu.

Neyse ki fizik yasaları bu iki sorun için tek bir çözüm sunuyordu. Işık, bir yıldızın yüzeyinden yayıldığında, bir

gezegenin atmosferinden yansıdığında veya algılayıcı bir malzeme tarafından soğurulduğunda bir parçacık gibi davranır. Ama yıldızlararası uzayda veya bir teleskobun aynalarında seyahat ederken daha çok bir dalga gibi hareket eder. Bir aynaya yağmur damlaları gibi çarpan fotonlar yerine, bir aynanın yüzeyine eş zamanlı olarak çarpıp onun her bir santimetre karesine yayılan sürekli bir ışık dalgayüzü hayal edin. Işığın bu dalgalı doğası, astronomların "girişimölçer" [interferometre] adını verdiği ilginç bir hileye imkân veriyor: fizikten anlayan bir astronom, örneğin 10 metrelik bir ayna inşa etmek yerine, yalnızca iki adet 1 metrelik aynayı birbirlerinden 10 metre uzaklıktaki bir "taban çizgisi" üzerine yerleştirerek ve böylece iki aynadan gelen ışığı birleştirerek, 10 metrelik bir delikten elde edilen çözünürlükte tek bir görüntü üretebilir. Bir kuantum tuhaflığı yoluyla, ışığın bir dalgayüzü birbiriyle bağlantılı daha küçük aynaları, ölçeğe bakılmaksızın tek bir büyük delik olarak algılıyor ve onlara karşılık veriyor. 1 metrelik iki aynadan birini Los Angeles'a diğerini de New York'a yerleştirip, sonra da onları bilgisayar kontrollü bir ışın birleştiricisiyle birbirlerine bağlayıp senkronize ederseniz, 5000 kilometrelik bir taban çizgisine ve kıta boyutu çözünürlükte bir aynaya sahip girişimölçer bir dizilim yapmış olursunuz. Ancak sahip olduğu ışık toplama kuvveti hâlâ o iki metrelik aynalarınkine denk olurdu ve dizilimin senkronizasyonu da Dünya'nın kıvrımları ve dönüşüyle yukarıda yatan atmosfer tarafından engellenirdi; bir ötegezegenin yüksek çözünürlüklü tek bir görüntüsünü oluşturmaya yetecek kadar foton toplamak tamamen imkânsız olurdu. Ancak derin uzayda, bir girişimölçer atmosferin üzerinde konumlanırdı ve günün veya gecenin geçişini hiçbir aksaklık olmadan izleyebilirdi. Kütleçekimden ve gezegen kıvrımlarından azade olan böylesi bir alet, istenen büyüklükte inşa edilebilir ve hassaslığını artırmak için herhangi bir sayıda tekil aynaya, çözünürlüğünü artırmak için de herhangi bir uzunluktaki taban çizgisine sahip olabilirdi.

Dahası, astronomlar her bir ayna tarafından toplanan birbirinden tamamen farklı ışık dalgaları yeniden birleştir-

diğinde ışık dalgalarını hizalayabilirler, böylece bir ışının dalga kanalları başka bir ışınla tamı tamına çarpışarak, bir göletin yüzeyindeki faz dışı dalgalarda olduğu gibi, birbirlerini yok edebilirdi. Bu yıkıcı müdahale, sonuçta elde edilecek görüntüde karanlık gölge şeritleri oluştururdu. Aslına bakılırsa gölgeler, bir yıldızın parlak ışığını sıfırlayıp, yıldıza eşlik eden gezegenlerin soluk bir pırıltısının görülmesine olanak sağlayacak kadar karanlık olurdu. Güneş'in kendisini bir kütleçekim lensi olarak kullanmayı saymazsak, herhangi bir ötegezegenin Mavi Bilye görüntüsünü elde etmenin en büyük umudunu bir girişimölçer dizilimi sunuyordu.

Elachi ve meslektaşları, bir TPF için girişimölçer kavramını benimsemişlerdi ve optikteki 10 milyarla karşılaştırıldığında yıldız-gezegen karşıtlığının yalnızca 10 milyon olduğu kızılaltında gözlem yapmak için ayarlanmış bir görev tasarladılar. 75 metrelik bir taban çizgisi oluşturan doğrusal bir kolun üzerine yerleştirilmiş 1,5 metrelik kriyojenik dört ayna, Jüpiter'in yörüngesinin ötesinde, güneş sistemimizin oluşumundan, yakınlardaki yıldızlardan gelen soluk ışığı parçalayıp bozacak daha az artık tozun kaldığı yerde çalışacaktı. Eğer görev Dünya'ya daha yakın bir mesafede gerçekleşseydi, Güneş'e daha yakın yerlerde daha büyük yoğunlukta bulunan ilkel tozu telafi etmek için her bir aynanın boyut bakımından ikiye katlanarak 3'er metreye çıkması gerekirdi. Genel görev kavramına verilen isimle TPF-I, uzaylı dünyaların Mavi Bilye görüntülerini göndermeyecek, ama her bir gezegen TPF-I'in algılayıcılarında tek bir piksel olarak görülecek biçimde, en yakındaki 1000 yıldızın etrafında bulunan gezegen sistemlerinin "aile portrelerini" çekebilecekti. Pikselin renginin ölçülmesi de bir dünyanın kayalık, okyanusla kaplı veya kalın bir gaz örtüsüne bürünmüş olup olmadığının ipuçlarını verecekti. Işığını bir tayfta kırmaksa atmosferik karbondioksitin, su buharının ve metanla oksijenin olası biyo-imzalarının tespit edilmesine olanak sağlayacaktı. Pikselin dalgalanan parlaklığının aylarca ve yıllarca takip edilmesi, gezegenin toptan coğrafyası –kıtaların, okyanusların ve buz örtülerinin konumları– kadar mevsimlerini de ortaya

çıkarabilecekti. *Yol Haritası*'nın girişimölçüm görevindeki başarısı, gelecekte birkaç bin kilometrelik taban çizgilerine ulaşmak için kol uçuşu ve lazer iletişim sistemlerini kullanabilecek daha büyük girişimölçer dizilimlerinin, belki de Apollo'nun Mavi Bilye'sinin başka yıldızların yörüngesinde bulunan yaşanabilir dünyalar için olanını ortaya çıkarabilecek görevlerin yolunu açacaktı. TPF-I'in kendisinin yolunu açmak içinse Uzay Girişimölçüm Görevi (SIM)* adı verilen öncü bir görev başlatılacaktı. Ortaya ilk çıktığı haliyle SIM büyükçe bir kol boyunca yedi küçük ayna dizerek, yaşanabilir bölgelerinde bulunan Dünya kütlesindeki herhangi bir gezegenin astrometrik yalpalarını tespit etmek için yakınlardaki yüzden fazla yıldızı incelemeye yetecek yaklaşık 10 metrelik bir girişimölçümsel taban çizgisi sağlayacaktı.

Goldin'in coşkusu ve Clinton yönetiminin üstü kapalı desteğiyle teşvik edilen NASA, SIM için derhal yeşil ışık yaktı ve çalışma grupları oluşturarak TPF-I planlarını somutlaştırdı. Sonunda iki proje de büyük zorluklarla karşılaştı. Başlangıçta güçlü bir fonun rüzgârını arkasına alan SIM, kilit gelişimsel köşetaşlarının tamamını ya karşıladı ya da aştı, ama 2000'lerin ortalarında JWST ve Bush yönetiminin yeni Constellation programının gittikçe şişen maliyetleri, projenin fonunu kuruttu. Astronomların çoğu bu duruma kayıtsızdı; görünüşe göre SIM'nin hiper-özelleşmesi, toplumun daha geniş bir kesimine çok az şey vaat ediyordu. Gezegen avcılarının bile çoğu bunu lüzumsuz buluyordu ve çok daha kabiliyetli bir TPF inşa edilmesi için bunun atlanmasını umut ediyordu. Görevin ehemmiyet seviyesi tekrar tekrar düşürüldü ve fırlatılması sürekli ertelenerek yarım milyar dolardan fazla para tükettikten ve tüm bunların boş birer masraf olarak birikmesinden sonra, 2010 yılında SIM sessizce iptal edildi, neredeyse tüm uçuş donanımı da ya çöpe atıldı ya da başka bir amaca uygun hale getirildi.

TPF-I, farklı bir sorunla yüzleşti: Çalışma grupları, ilgili teknolojik güçlükleri daha da derinlemesine araştırırken görevin maliyeti ve fırlatma tarihi üzerine yapılan hesapla-

* "Space Interfermetry Mission" (SIM) –çn.

maların umutsuz biçimde iyimser olduğunu fark ettiler. Tüm aynaların ayrı ayrı kriyojenik olarak soğutulması pahalı ve zor olacaktı. Aynaları o uzun kol üzerinde döndürüp hedefe sabitlemek için gereken tepkime çarkları bütün birleşimin titreşmesine ve muhtemelen gözlemlerin mahvolmasına sebep olurdu. Avrupa Uzay Ajansının, "Darwin" kod adlı kendi TPF-I projesi de dahil yeni tasarımlar ortaya çıktı. Darwin ve onunla ilintili kavramlar, o uzun kolu iptal edip, ışığı toplayacak ve ışın birleştirici bir göbeğe yönlendirecek birkaç aynadan oluşan ve serbestçe uçan bir dizilim kullanarak titreşimleri ortadan kaldıracaktı. Projenin, kriyojenik olarak soğutulan bir uzay aracı yerine şimdi beş ya da altısına ihtiyacı vardı ve bunların her birinin derin uzayda santimetre ölçeğinde bir hassaslıkta biçimlenerek uçması gerekiyor, bu da görevin karmaşıklığını ve gereken itici gaz miktarını ciddi biçimde artırıyordu. Karmaşık, kriyojenik JWST'nin maliyetinin kontrolsüz büyümesi, TPF-I'in 1,5 milyar dolarlık ilk maliyet tahminlerinin şişerek öncülünden daha da yıkıcı biçimde pahalı hale geleceğine işaret ediyordu. 2001 yılında JPL'in TPF-I için tahmini fırlatma tarihi en erken 2014'e kaymıştı ve görev plancıları daha ucuz alternatifler, ideal olarak da kriyojenik olmayan tek bir teleskop arıyorlardı.

Aklıselim, ışığın girişimölçeri mümkün kılan aynı kayağan dalgalı davranışının, dolgu-delikli tek bir teleskobun da Dünya benzeri ötegezegenleri görüntülemesini engelleyeceğini gösteriyordu. Uzaylı bir Dünya'dan optik dalga boylarında yayılan on milyarda bir fotonun yakalanabilmesi için, ışığı sıkı bir biçimde kontrol edilmesi, yıldızın baskın parıltısının ortadan kaldırılması gerekiyordu. Ancak tek bir aynaya düşen yıldız ışığı sıvılaşan dalgalar halinde akarak, en küçük kusurların çevresinde bile donmuş dalgacıklar ve ışıldayan lekecikler biçiminde birikip çamurlaşır. Yalnızca bilgisayar simulasyonlarında ve kuramcıların tatlı rüyalarında var olan türden, matematiksel olarak kusursuz aynalar bile buna bağışık değildir: nokta halindeki uzak bir yıldızdan gelen ve ideal dairesellikteki bir aynaya çarpan ışık bile aynanın kenarlarına yayılacak, eşmerkezli bir dizi halka

tarafından çevrelenmiş parlak bir merkezi disk oluşturacaktır. Ciddi miktarda disk, dalgacık, halka ve leke kendilerini yıldızın görüntüsünün tam da yaşanabilir gezegenlerin bulunmasının beklendiği bölgesinde gösterme eğilimine sahipti. Her bir sapma tipik olarak, hedefteki bir yıldızın yüzde biri oranında parlaklığa sahip olmakla birlikte, o yıldıza eşlik eden küçük, kayalık gezegenlerin soluk ışığından sekiz büyüklük sırası daha parlaktı ve bu yüzden gezegen tespitlerini tamamen imkânsız kılmıyorsa bile beklenmedik kılıyordu. Yirmi birinci yüzyılın başlarında optik üzerine yazılmış güncel herhangi bir kitapta sunulan bilimsel fikir birliği bu yöndeydi ve tepeden tırnağa yanlıştı.

Tek teleskoplu bir TPF çözümünün anahtarı, kuramsal olarak bir yıldızın kırılım disklerini ve halkalarını yok eden, koronograf adı verilen bir aygıttı. Güneş'i çevreleyen sıcak, bulutsu tacın gözlemlenebilmesi için Fransız astronom Bernard Lyot tarafından 1930'da icat edilen koronograf, hedefteki bir yıldızın istenmeyen ışığını dışarıda bırakmak için bir teleskobun aynasının önüne yerleştirilen esrarengiz bir nesnedir. Bir koronografın nasıl çalıştığını görmek için kendi koronografınızı yapabilirsiniz. Sağ elinizin başparmağını, gökyüzündeki Güneş'in üzerine getirerek yıldızın parıltısının büyük kısmının gözlerinize ulaşmasını engelleyin; ilke, aynı ilke. Ancak Güneş tamamen engellenmiş olsa bile başparmağınızın kenarlarını küçük miktarda güneş ışığının sardığını göreceksiniz. Sağ elinizin başparmağını sol elinizinkinin tam arkasına, arada çok kısa bir mesafe bırakarak görüş hattınıza giren Güneş'i engelleyecek fazladan bir bariyer olarak yerleştirirseniz bu ek parıltının bir kısmını da köreltebilirsiniz. Bir dizi "gözbebeği" lens, kısmen şeffaf "maskeler" ve ilk panjurun kenarlarından yayılan kalıntı ışığı aşamalı olarak ortadan kaldıran, disk biçimli opak "perdeler" yapan Lyot'un, kendi koronograflarında yaptığı şey de buna benzer bir şeydir. Lyot'un aletleri, Güneş'in kendisinden bir milyon kat daha soluk olan tacını görüntülemek için uygundu. Ama teleskobun optiğine, görülebilir ışıkta bir öte-Dünya görüntüsünün elde edilebilmesi için gereken 10 mil-

yarda birlik hayati yıldız ışığı baskısına olanak vermeyecek kadar fazla parazit ışık sızdırıyorlardı.

2001 yılında, Harvard-Smithsonian astronomlarından Wesley Traub ve Marc Kuchner'in aklına, TPF-I'in çoğalmakta olan zorlukları üzerine kafa patlatırken, yıldız ışığını baskılamak için girişimölçüm ilkelerine özellikle daha fazla dayalı olan yeni bir koronografl ar sınıfı kavramı geldi. Traub ve Kuchner, koronografik bir maskedeki sarmalların veya çizgilerin girişimölçümsel sıfırlama şablonlarını üst üste getirerek ve koronografın perdesinin biçimini dikkatlice bükerek, eş zamanlı olarak yıldız ışığı baskısının miktarını artırıp yıldızın ışığının yüzde 99,999999999'unu engellerken, kalıntı yıldız ışığını daha ince olan bir dış bölgeye, koronografın merkezi karanlık gölgesinden uzaklara yönlendirebildiklerini keşfetti. Bir yıldızın ışığı engellenip, sıfırlanıp, son olarak da algılayıcının kenarlarına süpürülürken yakınlardaki bir gezegenin soluk ışığı da gölgenin içerisinde bir görüntü oluşturmak üzere engel olmadan geçip gidecekti. Bu şema, sıkı kontrollü laboratuvar deneylerinde neredeyse kusursuz çalıştı. Traub ve Kuchner'in koronografları dolambaçsız biçimde üretilebiliyordu, ama her bir maske tipik olarak bir yıldızın bütün bir tayfından ziyade ışığın yalnızca birkaç dalga boyu için işe yarıyordu. Traub ve Kuchner'in kendi koronografları üzerinde çalıştığı dönemlerde, Princeton Üniversitesinden bir başka astronom, David Sperger, bağımsız olarak, tamamen farklı düzenlemelerde şekillenmiş ve aynı zamanda aşırı yıldız ışığı baskısına ulaşan koronografik maskeler ve gözbebekleri geliştirmişti.

JPL ve NASA bunları dikkate aldı ve bir koronografik TPF olan TPF-C, yani kızılaltı ışıktan ziyade optik halde çalışmak üzere tasarlanmış bir gezegen arayıcı teleskop için araştırmaları fonlamaya başladı. Kısa süre içinde kabaca bir mimari ortaya çıkmıştı: TPF-C, teleskobun içindeki bir veya daha fazla sayıda özelleşmiş yıldız ışığı baskılayıcı koronografl arla eşleşen, 8 metrelik, büyük, yekpare bir ayna kullanacaktı. Yekpare birincil ayna dairesel değil de oval olacak, böylece roket karenajına sığabilecekti; JWST'ninki gibi katlanabilir

parçalı aynalar, ultrahassas koronografl arla telafi edilemeyecek kadar fazla sayıda dalgayüzü sapması yaratıyordu. Traub, Kuchner ve Spergel'in çığır açan buluşlarının sonrasında daha da fazla sayıda koronograf tasarımı ortaya çıktı. Yıldız ışığı birçok yolla bastırılabiliyor, oluk labirentlerinde zayıflatılabiliyor, hızla dönen sarmal ağlarında çarpıtılabiliyor veya maskeler ve lenslerden oluşan labirentlerde kademeli olarak bitirilip dağıtılabiliyordu. Ama bu yöntemlerin hepsi, istenmeyen ışığın bir kısmını yine de sızdırıyordu. Her bir tasarımın teleskoptaki başka noktalara foton damlacıkları sıçratma derecesine, "hiçlik noktası" adı veriliyordu.

Hiçlik noktasının güçlendirilmesi için borulama etkisi, koronografl ara çarpan ve onların içlerinden geçen pürüzsüz biçimde simetrik dalgayüzleri gerekiyordu. Teleskobun hedeflenmesinde gerçekleşecek en küçük yönlendirme hatası, hizalanmış yıldız ışığı ışınlarının neredeyse sezilemez biçimde yeni yollarda "yürümesine," aynalarda farklı kusur şablonlarına sapmasına, hiçlik noktasını zayıflatmasına sebep olurdu. TPF-C'nin, Hubble'ınkinin beş katından daha büyük bir kesinlikle hedef alması gerekiyordu. Teleskobun yansıtıcı yüzeyindeki tek bir silikon atomunun çapından daha küçük orandaki bir yüzey sapması, optik silsileyi kademe kademe başlatan kusurlu dalgayüzleri göndererek hiçlik noktasını zayıflatırdı. Hubble'ınkiyle kıyaslandığında, TPF-C'nin aynalarının yaklaşık yüz kat daha pürüzsüz olması gerekiyordu. Böylesine hassas bir hedef almayı ve biçimlemeyi ortaya çıkarmak ve sürdürmek titreşim kontrolü, etkin optik ve ayna üretiminde ciddi ve pahalı ilerlemeler gerektiriyordu, ama bu tür işler yine de makul bir TPF-I görevinden daha ucuz görünüyordu. TPF-C, bir TPF-I'den daha az yetenekli ve hassas olacaktı ve yaşanabilir gezegenler için daha az yıldızı araştıracaktı, ama olası biçimde daha ucuz bir maliyete sahip olması onu NASA ve JPL'deki bütçe planlamacıların gözünde bir şampiyon yaptı. Yıllar geçtikçe TPF-C'nin yıldızı yükselirken TPF-I'in kaderi düşüşteydi.

Rüzgârın ters yönden esmeye başladığını sezen JPL, 2005 yılında Traub'a, hem TPF-C'de proje uzmanlığı hem de

NASA'nın ötegezegen bilim programlarını denetleyeceği bir mevki olan baş uzmanlık için iş teklifinde bulundu. Yılda 50 milyon dolar harcayarak ne yapıp edip TPF'yı zamanında fırlatmak için çalışan yaklaşık elli kişilik bir ekibe liderlik edecekti. Bu işi kabul etmek, Massachusetts'le tüm bağlarını koparıp ülkenin diğer ucuna taşınmak anlamına geliyordu. Kendisi de yetmiş yaşına yaklaşıyordu ve oradan ayrılırsa eski arkadaşlarını da arkasında bırakmak zorunda kalacağını biliyordu. Yine de Traub kararını çabucak verdi ve JPL'in teklifini kabul etti. Bu yeni fırsatın yapılacak fedakârlığa değeceğini düşündü; eğer her şey planlandığı gibi giderse belki de on yıl içerisinde, başka, uzak yaşanabilir gezegenlerden toplanan ışığın incelendiği gözlemler geldikçe TPF ekibini yönetiyor olabilirdi. Gelmiş geçmiş tüm insanlar içerisinde –geçmişte, bugün ve gelecekte– Traub, belki de Dünya'nın ve güneş sisteminin ötesinde yaşamı bulan ilk kişi olarak şanslı bir azınlığın arasına girecekti. Ateşin keşfinden beri insanlığın en kökten gelişiminde hayati bir rol oynayabilirdi. Traub kısa süre içinde güneşli Pasadena'ya ulaştı ve kiraladığı küçük bir daireye yerleşti.

TPF-C ve TPF-I'in kaderleri birbirinden ayrılırken yıldız ışığını baskılamak için büyük oranda Spergel'in, onun Princeton'dan meslektaşı Jeremy Kasdin'in ve Colorado Üniversitesinden Webster Cash'in çalışmasına dayalı üçüncü bir yöntem ortaya çıktı. Bu araştırmacıların üçü de TPF-C'nin aynalarının ihtiyaç duyduğu uç noktadaki hata paylarıyla ilgileniyordu. Teleskobun içine bir koronograf koyup tüm o bozucu, kirletici yıldız ışığına davetiye çıkarmak yerine, herhangi bir parazit yıldız ışığının optik silsileye ulaşmasını engelleyecek serbestçe uçan ayrı bir uzay aracı olarak koronografı teleskobun dışına yerleştirmeyi önerdiler. Serbestçe uçan bu koronografa "yıldızsiperi" adını verdiler ve performansı üzerine yaptıkları ilk simulasyonlar, aygıtın yıldız ışığını kırmak ve sıfırlamak için ideal şeklinin çok yapraklı bir ayçiçeğine benzediğini ortaya çıkardı. TPF-I veya TPF-C'nin, özel olarak yapılmış bir sürü teçhizat gerektiren ve yalnızca sınırlı sayıda dalga boyunda işlev gören yıldız ışığı baskıla-

ma tekniklerinin aksine bir yıldızsiperi, bir teleskobun herhangi bir teleskobun üzerine derin bir gölge düşürüp daha genişbantlı tayfölçümüne olanak tanıyarak biyo-imza arayışını genişletiyordu. Bir yıldızsiperinin teleskobu TPF-I gibi kriyojenik soğutma veya TPF-C gibi ultra-pürüzsüz yekpare aynalar gerektirmiyordu; NASA'nın planlanmış JWST'si de dahil, yeterince büyük genel amaçlı bir aynaya sahip herhangi bir uzay gözlemevi iş görürdü.

Ama bir yıldızsiperini üretmek ve çalıştırmak kolay iş değildi; onun yerine TPF-C teleskobuyla ilintili birçok aşırı hata payı ayrı bir uzay aracına aktarılabilirdi. Birçok tasarım 50 ile 100 metre arasında bir çap ile jilet kadar ince ve keskin kenarlara sahip, koyu yansıma önleyicilerle kaplanmış, bir yıldızın 50.000 ila 150.000 kilometre önünde salınan bir yıldızsiperi öngörüyordu. Karşılaştırma olması açısından, Dünya ve Ay arasındaki ortalama uzaklık yaklaşık 380.000 kilometredir; bir yıldızsiperinin gölgesiyle teleskobu düzgün biçimde hizalamak hassas bir yörünge kontrolü gerektirecekti. Yıldızsiperi, uzayda otonom bir biçimde açılmak ve muazzam gövdesini milimetre altı ölçekteki bir hassaslıkta korumak zorundaydı ve tüm bunları da yüksek güçlü küçük iticileri kullanarak hedeflerin üzerinde kalmaya veya aralarında mekik dokumaya çalışırken yapacaktı. Çevik bir TPF-C hedefler arasında saniyeler veya dakikalar içinde geçiş yapabilirken, bir yıldızsiperinin bunu yapması günler veya haftalar alacaktı. Bir yıldızsiperi TPF-C'den daha az yıldızı araştıracaktı, ama bunu potansiyel olarak daha düşük maliyetle yapacaktı. Yıldızsiperi kavramına TPF-O adı verilmeye başlandı ("P," "panjur"un kısaltmasıydı),* ama ciddi değerlendirmeler için geç kalmış olduğundan, NASA'nın görev planlamacıları arasında yıllar boyunca "önemli olan yarışmaktı" diyen bir yarışmacı konumunda görülecekti.

TPF-I, TPF-C ve TPF-O. Yaklaşık on yıllık ağır bir çalışmanın sonucunda NASA, JPL ve ilgili diğer kurumlar, her biri başka yıldızların çevresindeki yaşanabilir gezegenlerin

* Orijinali "TPF-O." "O" İngilizce panjur anlamına gelen "occulter" sözcüğünün baş harfi –ed.n.

görüntülerini oluşturabilecek üç geniş teknoloji tanımlamıştı. Yoksun oldukları şey yalnızca, bir mimari seçip ilerlemek için NASA'nın siyasi amirlerinden gelecek yetki ve fondu. Başkan George W. Bush'un NASA için 2004 yılında yaptığı öngörüyü, hani şu Constellation programını yaratarak astronotların yüzünü Ay'a ve Mars'a döndüren öngörüyü destekleyen literatüre gömülü tek bir ifadeyle birlikte yetki geldi.

2012 yılında, TPF'nın ilk dönemlerde yarattığı umutların yıkık dökük birer hayale dönüşmesinden uzun süre sonra kendisiyle konuştuğumda, Traub o zamanın ruhunu özlemle andı. Traub, ilerleyen yaşıyla birlikte gittikçe beyazlayan sarı saçları ve keçi sakalıyla uyumsuz küçük mavi gözleri olan, uzun boylu ve sakin bir adam. Hâlâ NASA'nın Ötegezegen Keşif Programı başkanı olarak görev yaptığı JPL'de yeni bir ofise taşınıyordu o sırada. Çalışma masası, Traub'un yarım asırlık bilimsel kariyeri boyunca biriktirdiği, yan yana konduğunda yaklaşık 90 metrelik bir düz çizgi oluşturabilen kitapların, makalelerin ve bildirilerin bulunduğu mavi dosya dolaplarıyla çevriliydi. Bunların çoğunluğu geçen yedi yılda Traub'un JPL'de çalıştığı sürede birikmişti ve birçoğu da TPF'larla ilgiliydi. Stoğunu 40 metreye düşürüyor, çöp kutularını Dünya dışı yaşam üzerine yakın dönemde yapılan araştırmaların külliyatıyla dolduruyordu. Kutuların birinden katlanmış bir kâğıt çıkardı ve burnunun üstüne yerleştirdiği altın tel çerçeveli gözlükleriyle kâğıdı inceledi. Bu, Elachi'nin *Yol Haritası*'na katkı koyan kilit insanlardan ve geçmiş yıllarda TPF girişimlerinde proje uzmanı olarak çalışmış olan Caltech astronomu Charles Beichman'dan gelen bir nottu.

"Bu not 2004'ün Nisanından, buraya gelişimden bir yıl iki ay öncesinden kalma," dedi Traub. "Chas mevzubahis olduğunda, sıradışı biçimde neşeli bir not bu. Bunu benim de üyesi bulunduğum TPF bilim çalışma grubunun üyelerine göndermişti." Boğazını temizledi ve okumaya başladı. "TPF için heyecan verici yeni gelişmeler konusunda seni bilgilendirmek istiyorum. Başkanın NASA'ya biçtiği yeni rol kapsamında, ajansa, 'başka yıldızların çevresindeki Dünya benzeri

gezegenler ve yaşanabilir ortamlar için gelişmiş teleskop araştırmaları yapmak üzere' Başkan tarafından yetki verildi." Traub yumuşak bir biçimde iç geçirdi ve kâğıdı masasının üzerine bıraktı. "Sekiz yıldan daha uzun süredir, geçimimizi, Başkanın NASA için yaptığı öngörüdeki bu ifadeyle sağlıyoruz."

Bush'un bu bariz desteğinden cesaret alan NASA ve JPL gözü pek bir karara varmıştı: Ajans, kızılaltı TPF-I ve optik TPF-C arasında bir seçim yapmaktansa ikisini de uçuracaktı ve bunu yakın zamanda yapacaktı. NASA ve JPL, TPF-C'yi 2014 yılına dek inşa edip fırlatacak, sonra da Avrupa Uzay Ajansıyla birlikte çalışarak 2020'ye kadar TPF-I'i inşa edip fırlatacaktı. Bilimsel açıdan, eş etkinlik meselesinde sorun yoktu: hem optik hem de kızılaltıyla yapılan tayfölçümsel gözlemler, bir gezegenin yaşanabilirliğinin ve olası biyosferinin çok daha güvenilir biçimde belirlenmesine olanak sağlayacaktı. Beichman'ın 2004 yılında verdiği bu not, bunun "NASA'nın yeni rolünün bir parçası olarak TPF'yı ileri taşımak için bir fırsat" olduğunu ve "NASA HQ ve projeye göre, bilim, teknoloji, siyasi irade ve bütçesel kaynakların bu planı desteklemek için elverişli" olduğunu açıklayan gayri resmi bir ilandı.

Gezegen avcıları ve halk mest olmuştu, ama diğer astronomlar bu duruma içerlemişti. NASA neredeyse tamamen ötegezegenlere adanmış bir değil, iki pahalı uzay teleskobu inşa etmeyi seçmiş ve bunu da ulusal uzay bilimi planları organize etmeye çalışan çeşitli yüksek seviye komitelere ve çalışma gruplarına resmi olarak danışmadan yapmıştı. Muhalifler, iki TPF'yı da inşa etmenin, karanlık enerjinin doğasını açıklığa kavuşturmak, kütleçekim dalgalarını tespit etmek ve yüksek enerjili X ışınlarındaki etkin galaktik çekirdeği gözlemlemek gibi daha önemli öncelikler için hiç para bırakmayacağını öne sürüyordu. Bu karşı çıkış halk tarafından susturuldu, ama içten içe kaynamaya devam etti. Traub'un 2005'te JPL'e geldiği sıralarda, bu hoşnutsuzluk rüzgârları Laboratuvarın tavan yapmış coşkusunu dibe çekmeye başlamıştı bile.

"Konu gezegenler olduğunda, astronomlar arasında pek de büyük bir mutluluk olduğu söylenemez," dedi Traub, yetersiz bile kalan bir ifadeyle. "Ötegezegenlerde durum daha da kötü. Görünüşe göre, yalnızca yıldızlara ve galaksilere bakan astronomlar genellikle gezegenleri onaylamıyor. Astrofizik, Büyük Patlama, galaksilerin evrimi ve yıldızların çevresindeki toz disklerinin evrimi üzerine çalışmanın sorun olmadığını düşünen çok sayıda insan var. Ama bu disklerin gezegen oluşturup oluşturmadığını sormayacaksın. Gezegenlerin hoplayıp orada burada gezinen şeyler yaratıp yaratmadığını merak bile etmeyeceksin. Çünkü biyoloji ve yaşam kadar karmaşık konularla bir ilgisi olabilecek şeyler hakkında düşünmek bir şekilde saygınlığımızı azaltır."

Traub, JPL'e geldiğinde, ikisi şöyle dursun, bir TPF görevini bile yakın gelecekte uçurmaya yetecek kadar halk desteği toplamanın kolay olmayacağına dair sabırlı bir teslimiyetle karşılaştı. "Aynı anda kesinlikle iki görevi birden yapamayacağımız ve birini bile bu notta söylenen kadar kısa sürede gerçekleşmeyeceği şeklinde bir algı vardı," diye açıkladı. "Ama sorun yoktu. Yalnızca çok çalışıp bilimsel açıklama raporlarını yazacak, teknoloji çalışmalarını halledecek ve herkesi gemiye toplayacaktık. Belki fazladan birkaç yıl alırdı, ama o kadardı. Geriye dönüp baktığımda, korkuyla, bilimin her şey olmadığını görüyorum. Aslına bakılırsa bilim muhtemelen en son sırada geliyor. İnsanlar bilim için en iyisi neyse onu desteklemezler, onlara doğrudan fayda sağlayacak şeyleri desteklerler. Bugünlerde astronomi camiasının peşinden koştuğu şeyse astronomların tam istihdamının sağlanması."

İki TPF'nın da inşa edilmesinin kolayca multimilyar dolarlık birer çaba haline geleceği konusu iyice netleştikçe, ABD'deki astronomi camiasının daha geniş kesimlerindeki sesli destek iyice sessizleşti. NASA astronomların ve astrofizikçilerin uyuşmaz taleplerine karşın insanlı uzay uçuşu çabalarının bütçe yükünü dengelemeye çalıştığından, bu ajans için kolay bir seçimdi. 2006'nın Şubat ayında, Bush'un Constellation programı ve bir avuç uzay mekiği uçuşunu desteklemek için kendi bilim bütçesinden 3 milyar dolar kadar

koparmıştı. Yaşam arayan uzay teleskopları için gelen hızlı destek etkili biçimde iptal edilmiş, ajansın sayısız ve sonsuz teknoloji gelişim projelerinden biri olmak üzere, büyük öngörülerin ölmek için gittiği damla damla fonlanan bir arafa resmi olarak düşürülmüştü. NASA politika ve fonlarında büyük bir değişim olmaksızın, ajans, en erken 2030'ların ortalarına kadar TPF adı verilmeye değecek herhangi bir gezegen görüntüleme teleskobunu ertelemek zorunda kalacağı bir rotaya girmiş gibi görünüyordu. Bu sırada Dünya'ya benzeme potansiyeli olan gezegenlere dair daha da fazla keşif birikmeye devam ediyordu. Traub'u köklerinden ayırmaya iten, dönüştürücü bir güce sahip olan proje, kendisinin JPL'e gelişinin üzerinden bir yıl bile geçmeden paramparça olmuştu. Yaşamı süresince TPF'ya dair beklentilerini sorduğumda, hafifçe gizleyebildiği bir hüzünle, geriye kalan iyimserliğin kendisinin iş tanımının bir parçası olduğunu söyledi.

"Mesleki olarak umutsuzluğa düşemem, çünkü o durumda bu çok ama çok bunaltıcı bir iş haline gelir," dedi. "Ama bir katedral yapmaya başladıysan, onu ölmeden önce bitirmek gibi bir zorunluluğun yoktur. Bunların inşası genellikle birkaç yüz yıl alır. Ancak biz de burada ortaçağ katedralleri inşa etmiyoruz. Bence bizim işimiz daha kolay ve inanıyorum ki işler 2004'te gelen şu notta planlandığı kadar ileri gitse, ilerlemek için bize gerekli fonlar sağlansa bu teleskopları aşağı yukarı planlanan programdaki zamanlarında uçurabiliriz. TPF-I yaklaşık olarak on yılını doldurmuş olduğunda, TPF-C'nin fırlatılma zamanı yaklaşmış olur. 2004'ten beri bakış açısını değiştirmeme yetecek kadar kökten bir biçimde yeni bir şey öğrenmedim. Şimdi, teknik açıdan konuşacak olursak, bunların hiçbiri kolay şeyler değil. Hayatım boyunca yaptığım diğer şeylerle kıyaslandığında tüm bunlar çok daha zordur ve burada kime sorsan aynı şeyi söyleyecektir. Ama şu anda, bugün, potansiyel olarak yaşanabilir ötegezegenlerin ışığını elde etmek için halihazırda yarım düzine yola sahibiz. Bunları laboratuvarda kanıtladık. Mühendisliği düzeltmemiz gerekecek, ama yeni şeyler icat etmemize gerek yok. Bu gerçekten de yalnızca odak düzleminde birkaç

parça cama sahip büyükçe bir ayna inşa etme, onu büyük bir roketin içine koyma ve arkasına da birkaç bozunabilir ayna yerleştirme meselesi!"

Mesele bu kadar basitse, belki de tek yanıtın NASA olmayabileceğini öne sürdüm. Belki de çözüm devlet sponsorluğundan çok özel fonlardan gelirdi.

Başını iki yana salladı. "Özel sektörde bu denli büyük bir şeye para harcamaya niyetli hiç kimse yok," dedi. "Gerekli paraya sahip insanların böylesine uzun soluklu bir proje için kenara para ayırması neredeyse imkânsız. Bunu devletin yapmasının sebebi de bu. Ay'a insan gönderme kararını NASA vermedi; Başkan Kennedy verdi. NASA'ya ne yapması gerektiğini söyleyen, parlamenterler ve yönetim; dolayısıyla bunun gerçekleşmesi için olması gereken, Kongreden veya Başkanlıktan birilerinin bu konuda güçlü hislere sahip olması ve güneş sisteminin ötesindeki yaşamın ilk kez keşfedilmesinin, insanlık tarihinde yalnızca bir kez gerçekleşecek bir şey olduğunun farkına varması. Başarısız olan, çuvallayan ve bu işi ileri taşımayanlar olmak istiyor muyuz? İhtiyacımız olan tek şey, siyasi liderlerimizin bunun NASA ve ulusumuz için önemli bir şey olduğuna karar vermesi. İzin verildiği takdirde nasıl ilerleyeceğimizi bildiğimize temin ederim. Bu konudaki nihai düşüncem de budur."

***

Traub'la ilk kez önceki yıl, 2011'in Mayıs ayında, Massachusetts Teknoloji Enstitüsünün (MIT)* Cambridge'deki kampüsünde bulunan camla kaplı o ünlü Medya Laboratuvarının bulunduğu üst katında gerçekleştirilen küçük bir konferansta tanışmıştım. "Ötegezegenlerin Önümüzdeki 40 Yılı" başlığını taşıyan konferans, alanın sorunlu yakın geçmişi ve TPF veya henüz düşünülmemiş başka yollarla gelecekteki kurtuluşu üzerine düşünüp taşınılması için, MIT'li astrofizikçi ve gezegen bilimci Sara Seager tarafından düzenlenmişti. Seager, Traub'u Kepler sonuçları üzerine tartışmak ve TPF'nın yükselişi ve düşüşünde JPL'in rolünü savunmak için davet

* Orijinal adı: Massachussetts Institute of Technology.

etmişti. Başka birçok aydın da davetliydi. Matt Mountain, bir yıldızsiperinin, JWST'nin gözlem süresini onda birinden daha kısa bir süreyi kullanarak bir avuç komşu yıldızın çevresindeki herhangi bir küçük, kayalık gezegenin tayflarını nasıl elde edebileceğini açıklayarak TPF-O'yi savunmaya gelmişti. Mountain'in hesaplarına göre, bir JWST yıldızsiperi yaklaşık 700 milyon dolarlık bir maliyete sahipti; ama NASA, sallantıdaki uzay bilimi sancak gemisini yörüngeye sokmak için verdiği paradan tek kuruş fazla harcamaya hayatta yanaşmazdı. John Grunsfeld de oradaydı ve görünüşe göre, Amerika'nın astronotlarının, Dünya'dan uzakta derin uzayda gezegen arayıcı teleskopları birleştirmek ve bakımlarını yapmak gibi zorlu görevlere istekli olduğunu ima edercesine, NASA'ya dönüşü için hazırlanıyordu. İçindeki Tsiolkovski ortaya çıkarak, tek gezegene hapsolan herhangi bir türü yok oluşun beklediğini duyurdu ve iyimser bir biçimde, yaşanabilir ilk ötegezegenin somut kanıtlarının 21 Temmuz 2025'te, yani insanlığın Ay'a bastığı ilk adımın elli altıncı yıldönümünde, bir NASA uzay teleskobundan geleceğini öngördü.

Konferansın fikirsel katalizörü Seager'dı. Kırkıncı doğum gününe yaklaşmış ve kendisini sonraki kırk yıl boyunca ötegezegen araştırmalarının ön cephesinde tutabilecek yeterlilikte tutkuya ve ömür süresine sahip olan Seager, hâlâ görece genç bir kadındı. Genç olsa bile şimdiden bu alanda çalışan insanlar arasında en çok saygı duyulan ve en başarılı olanlardan biriydi. Kozmoloji üzerine araştırmalar yapma, evrenin yaşamının oluşumsal ilk dönemlerini gün yüzüne çıkarma umuduyla astrofizik alanında bir kariyere girişmişti. Ötegezegen patlaması yaşandığındaysa rotasını aniden değiştirdi. Seager 1990'ların ortalarında yalnızca Harvard'lı astronom Dimitar Sasselov'un altında çalışan bir lisans öğrencisiyken işe girişen Seager, sıcak Jüpiter'lerin atmosferlerinin yapısına ve evrimine dair ilk detaylı modellemeyi gerçekleştirmişti. O günlerde birçok astronom hâlâ sıcak Jüpiter'lerin, yıldızların değişkenliği ve hüsnükuruntunun yanıltıcı birer sonucu olduğunu düşünüyordu ve bazıları Se-

ager ve Sasselov'un çalışmasını budalaca riskli buluyordu. Ancak 1999'da Harvard'dan doktorasını almıştı ve geniş astronomi çevreleri koyun gibi onun peşine takılmıştı: neredeyse herkes nihayet sıcak Jüpiter'lerin gerçek olduğuna kanaat getirmişti ve Seager'ın modelleri gözlemsel çalışmalar için altın standartlar belirlemişti. Bunun üzerine Seager, geçiş yapmakta olan bir sıcak Jüpiter'in atmosferinin, TPF türünde bir şey inşa etmeksizin nasıl incelenebileceğini açıklayarak çıtayı daha da yükseğe koydu. Sasselov'un da eşyazarlık yaptığı makalede Seager, gezegenin üst atmosferinde patlayan yıldız ışığının, Dünya'ya astronomların yeryüzüne ve uzaya yerleştirilmiş mevcut teleskopları kullanarak tespit edebileceği tayfölçüm bilgileri ışınlayacağını öne sürüyordu; özellikle de yaptığı hesaplamalara göre optik dalga boylarında net bir tayfölçüm imzası yansıtması gereken sodyumun izlerinin aranmasını öneriyordu. O zamanlarda henüz geçiş yapan bir gezegen bulunmamıştı. Birkaç yıl sonra bir ekip, Seager'ın önerisini denedi ve Hubble Uzay Teleskobunu kullanarak, geçmekte olan yeni keşfedilmiş bir sıcak Jüpiter'i gözlemledi. Öngörüldüğü gibi, tayfsal sodyum çizgilerine rastladılar; bir ötegezegenin atmosferi ilk kez tespit edilmişti. Yıllar içinde Seager'ın odağı ötegezegen yaşamı arayışına kaydı ve bu alanda da potansiyel olarak yaşanabilir dünyaların ortamlarının nasıl niteleneceği üzerine çığır açıcı çalışmalar gerçekleştirdi. Yaşadığı müddetçe eninde sonunda bir uçuş gerçekleştirebilecek herhangi bir TPF görevine liderlik etmeyi umduğunu gizlemiyordu.

Seager bu konferansı gelecek nesilleri de gözeterek düzenlemişti ve titizlikle her şeyin video kaydına alınmasını ve çevrimiçi olarak arşivlenmesini sağladı. Koltuklarına kurulmuş bilim insanlarının, mühendislerin ve gazetecilerin karşısında yaptığı açılış konuşmasında narin ve çarpıcı bir biçimde boy gösterdi. Cenaze karası A kesim bir elbise ve dizlerine dek yükselen botları ve yüzünü çerçeveleyen küt kara saçlarıyla uyumlu bir blazer ceket giymişti. Kan kırmızısı bir şal boynunu çevreliyordu. Her zaman olduğu gibi, bazı meslektaşlarının itici bulduğu o canlı, sert sesiyle ko-

nuşuyordu, ancak bunun sebebi ne sosyal bir kopuş ne de tutku eksikliğiydi. Görünüşe göre, Seager'ın, bilgiyi çoğu insanın idrak edebileceğinden daha hızlı ve şiddetle işleyen zihni sürekli olarak hızlı çalışıyordu; etkileşime karşı algoritmik yaklaşımı, beklenmedik biçimde ağırbaşlı beyanları, ölçülüp biçilmiş cazibesi... Her şey yalnızca buna işaret ediyordu. Konuşurken gözlerini salondaki kalabalığın üzerinde gezdiriyor, ama sıklıkla, konuşmasının en hararetli anlarında duraklayıp delici ela bakışlarını doğruca kameralara yöneltiyor, gelecek nesillerden oluşan belirsiz dinleyicilere hitap ediyordu.

Bu konferansı, ABD hükümetinin bütçe krizi ve görünüşe göre sallantıda olan ötegezegen patlaması karşısında bu alanın keşif dalgasının nasıl devam ettirilebileceğini tasarlamak için topladığını söyledi. "Burada, ötegezegenler üzerine çalışan çoğumuz, bugünden yüzlerce veya binlerce yıl sonra, insanlar geriye dönüp bizim neslimize baktığında, onların bizi Dünya benzeri gezegenleri bulan ilk insanlar olarak hatırlayacaklarını düşünüyor; Dünya boyutunda veya Dünya kütlesinde demiyorum. Dünya *benzeri* diyorum." Kırkıncı doğum gününe, yani yaşamının yarısına yaklaşırken, o keşiflerin boşa gitmiş birer sonuç olduğuna artık inanmadığını söyledi. "Yani sizi buraya topladım ve tüm olan biteni kaydediyor olmamızın sebebi de budur; çünkü bir etki yaratmak istiyoruz ve bunun gerçek olmasını istiyoruz. Tek tek değil, kolektif bir biçimde, başka Dünya benzeri gezegenlerin bütün bir geleceğini başlatmasıyla hatırlanacak insanlar olmanın eşiğindeyiz. Burada olmamızın sebebi budur."

Kısa süre içinde anlaşıldı ki alanın sürdürülebilirliğinin yakın yıldızların çevresinde potansiyel olarak yaşanabilir, potansiyel olarak canlı gezegenlerin aranmasına bağlı olduğunda herkes hemfikir olsa bile böylesi bir arayışın nasıl gerçekleşmesi gerektiğine dair fikirler birbirlerinden güçlü bir biçimde ayrışıyordu. Gelecek yıllarda birleşik bir yol çizmek hayli zorlu olacaktı. Seager'ın eski bir arkadaşı ve şu anda gezegen avcısı bir Harvard profesörü olan David Charbonneau kalabalığın arasından ayağa kalktı ve TPF

gibi bir görevin peşinden koşulmasını eleştirdi. Charbonneau, Seager'ın tekniğini kullanarak ilk ötegezegen atmosferini tespit eden ekibe liderlik etmişti. Üzerinde, 2007 yılında geçiş yaparken keşfedilmesine katkıda bulunduğu ve sal ağacı gibi su üzerinde yüzebilecek kadar hafif ve şişkin olan gezegene atıfta bulunan, "TrES-4'ten DAHA BÜYÜK" sloganının basılı olduğu cart sarı bir tişört giyiyordu.

Geçiş yapan acayip gezegenler Charbonneau'nun uzmanlık alanlarından biriydi; 2000 yılında bunlardan ilkini, Güneş benzeri HD 209458 isimli yıldızın yörüngesindeki bir sıcak Jüpiter'i bulduğunda kendisinin de şöhreti artmıştı. 2009'dan beri vaktinin büyük bir kısmını, aynı zamanda M-cüceler olarak da bilinen kızıl cüce yıldızların çevresinde geçiş yapan süper dünyaları arayan, yeryüzüne yerleşik bir 0,4 metrelik küçük teleskoplar dizisi olan mEarth* Projesiyle geçiriyordu. Bizim gezegenimize kıyasla süper dünyaların görece büyük olan boyutu, bizim Güneşimize kıyasla M-cücelerin görece daha küçük olan boyutuyla birleştiğinde, toplu bir halde zıtlık açısından bakıldığında, tüm potansiyel olarak yaşanabilir gezegen sistemleri arasında görülmesi en kolay ve muhtemelen tanımlanması da en ucuz olanın süper Dünya/M-cüce eşleşmesi olduğu anlamına geliyordu. Charbonneau; Seager ve diğerleri tarafından hiç de öyle multimilyar dolarlık bir TPF inşa etmeye gerek duymadan ilk kez ortaya serdiği gibi, geçiş yapmakta olanların aktarım tayfölçümü için özellikle iyi hedefler olduğunu söyledi.

Bu tür muazzam dünyalar, daha kuvvetli kütleçekim alanlarından ötürü sıkışmış karaları ve korkunç biçimde kalın atmosferleriyle muhtemelen hayli yabancı yerlerdi. Süper dünyaların da bizim daha ufak tefek olan gezegenimizde olduğu gibi iklimlere istikrar veren bir tür levha tektoniğine sahip olup olmadığı gibi güncel verilerle kontrol edilmemiş bir konu üzerine tartışmalar alevlendi. M-cüce süper dünyaların yüzeylerinde su bulundurabilmeleri için küçük, soluk yıldızlarına öylesine tehlikeli biçimde yakın olmaları gere-

* mEarth: Bu ismin telaffuzu, İngilizcedeki "mirth" (neşe, sevinç) sözcüğünün telaffuzuyla aynıdır. Dolayısıyla isimde bir kelime oyunu vardır –çn.

kirdi ki, bu komşu yıldızdan yükselen gelgit güçleri gezegenin dönüş enerjilerini tüketerek, tıpkı Dünya'yla Ay arasında olduğu gibi çoğu gezegenin yalnızca tek bir yüzünün yıldıza sabitlenmesine sebep olurdu. Böylesi dünyalarda, ışığa boğulan bir yarımküre yıldız patlamalarından gelen iyonize edici ışımayla sonsuza dek kavrulurken diğeri ebedi bir geceyle örtülürdü ve bu ikisinin arasında sürekli ortada duran ince bir alacakaranlık şeridi bulunurdu. Gelgit kuvvetleriyle sabitlenmiş bir gezegenin atmosferi, içeriğine bağlı olarak ya gece tarafında tamamen donardı ya da ısrarlı olursa birbirinden tamamen farklı sıcak ve soğuk yarımküreler arasında çok şiddetli rüzgârların esmesine sebep olurdu. Yaşama elverişli olsalardı bile hiçbir M-cüce süper Dünya, Dünya benzeri ötegezegen emlak piyasasında hiçbir zaman liste başı olamayacak gibi görünüyordu.

Charbonneau'ya göre, geçişler üzerine yapılan çalışmaların yalnızca yakınlardaki ötegezegen popülasyonlarının yok olmakta olan kısmını ortaya çıkarabileceği gerçeği gibi çevresel güçlükler ve belirsizlikler de çok az öneme sahipti. Önemli olan, geçiş yapmakta olan M-cüce süper dünyaların, bir nesil veya daha fazlasını beklemeye gerek kalmadan, düşük maliyetle ve görece yakın bir zamanda bulunup incelenebileceğiydi. Sunduğu argüman aynı zamanda, ötegezegen camiasındaki kimileri arasında, Güneş benzeri yıldızların yaşanabilir bölgesinde bulunan Dünya boyutlarındaki gezegenleri görüntülemenin daha en baştan kaybedecek zor bir iş olduğu şeklindeki gittikçe büyüyen inancın bir özetiydi. Bütçe sıkıntısında çektikleri sancılar sırasında astronomlara destek olması için TPF yerine bir sürü daha küçük, daha az iddialı, daha az yeterlikte, yeryüzüne ve uzaya konuşlanmış uzay teleskobu görevi önerileri de ortaya çıkmıştı. Charbonneau'nun mEarth'ü gibi bunların birçoğu da ilhamlarını çılgınca başarılı geçmiş Kepler görevinden alıyor ve yakın yıldızların çevresinde gerçekleşen geçişleri araştırma konusu etrafında dönüp duruyordu. İki yıl sonra NASA, bu mütevazı önerilerden birinin, Transit Ötegezegen Araştırma

Uydusunun (TESS)* 2017 yılında fırlatılması için 200 milyon dolar tahsis edecekti. Dünya'ya birkaç yüz ışık yılı uzaklıktaki yıldızların yörüngesinde bulunan geçiş yapan gezegenler için bütüncül bir gökyüzü taraması gerçekleştirecek olan TESS, NASA'nın Kepler görevinin de halefi olacaktı.

Sunumunu keskinleştiren Charbonneau, güneş sistemimize 30 ışık yılı uzaklıkta Güneş benzeri yalnızca 20 yıldız varken, yine aynı uzaklıkta yaklaşık 250 M-cüce olduğunu belirtti. Daha küçük, daha soğuk yıldızların daha fazla sayıda yakın ve düşük kütleli gezegene ev sahipliği yaptığına işaret eden Kepler sonuçlarının anlamını değerlendiren Charbonneau, Güneş'e en fazla 20 ışık yılı uzaklıkta, Dünya'dan bakıldığında geçişi gözlemlenebilecek, "bu M yıldızların çevresindeki doğru yerlerde [potansiyel olarak yaşanabilir] cisimlerin bulunduğunun kesin" olduğunu ifade etti. Yalnızca fonlar yetersiz olduğu için değil, aynı zamanda "keşif oranı göz önünde bulundurulduğunda böylesine sığ bir görüşe sahip bir şeye hayatının yirmi yılını vermek budalaca bir davranış" olduğu için de TPF'ların bir hata olduğunu söyledi. Charbonneau'ya göre genç astronomlar belirsiz bir sonuca böylesine uzun vadeli bir yatırım yapmaya istekli olmayacaktı ve olmamalıydı; TPF ve ATLAST gibi görevler gelecek on yıllar içerisinde dallarında solup ölmeye mahkumdu ve herhangi bir gerçek Dünya türevine dair bilgiler de ele geçmez biçimde erişim dışında kalacaktı. Bunun bir çaresi yoktu.

Kısa bir aranın ardından, Amerikalı gezegen avcılarının duayeni olan Geoff Marcy uzun adımlarla kürsüye çıktı ve Charbonneau'nun büyük, iddialı uzay teleskoplarına karşı ortaya koyduğu ve kendisinin de yanlış ve zarar verici bulduğunu ifade ettiği reddi üstü kapalı olarak eleştirdi. Elleri cebine gömülü halde, kendisinden beklenmedik bir biçimde ağırlığını bir ayağından diğerine verirken zemine bakarak konuşmaya başladı. Kepler'in sonuçları konusunda sevinç dolu olduğunu, ama geçtiğimiz on yıldaki ilerleme eksikliği ve sonraki on yıl için tükenmiş olan umutlar yüzünden

* "Transiting Exoplanet Survey Satellite" (TESS) –çn.

de kızgın olduğunu söyledi. Kepler'in sonuçları, yakındaki yıldızların çevresinde, aksi halde yakın incelemelerden kurtulacak geçiş yapmayan potansiyel olarak yaşanabilir gezegenlerin bolca bulunduğuna işaret ettiği için bu durumun TPF'yı "olağanüstü bir biçimde zorlu" bir hale getirdiğini belirtti. Özellikle de yalnızca dolgusuz delikler yoluyla yüksek çözünürlük umudu taşıyan TPF-I "astrofiziğin akla yatkın tek geleceği"ydi, ama "NASA buna bir şekilde göz yummuştu." Öfkesini tüm salona yayarak yalnızca NASA'yı değil, aynı zamanda liderlik konusunda feci başarısızlıklar gösterdiği için, tebaa gibi yaşayan uzay bilimi camiasını da suçladı. Sunduğu resimde, ajans ve JPL, ötegezegen araştırmacılarını birbirleriyle rekabet edip çarpışan, kendi kendini yok eden sıfırlayıcı tutarsızlık nabızlarıyla birbirlerini devre dışı bırakan cephelere ayırmış birer girişimölçer gibi davranıyordu. Sonuç olarak da kolektif bir TPF hayali uzay astronomisinin karanlık hudutlarına sürgün edilmiş, alanın öngörülebilir geleceğinin üzerinde de derin bir gölge peyda olmuştu.

"Acı verici bir şekilde bildiğim kadarıyla tarih, bu," diye anlattı, 1999'da ilk TPF bilim tanımlama ekibinde görev yapmış olduğunu hatırlayarak. "2000 yılında NASA genel merkezi parmağını sallayarak, TPF-I'i inşa etmemiz ve bu arada da tüm astrobiyoloji ve moleküler biyoloji derslerini almamız gerektiğine dair bir ihtar çekti bize... Sonra 2002 civarında NASA, bir girişimölçer değil koronograf inşa etmemiz gerektiğini, ikisi için de para olmadığını, bu yüzden bir koronografın inşa edilmek *zorunda* olduğunu söyledi. Ardından, sıradışı bir biçimde, 2004'te NASA genel merkezi ikisini birden inşa etmemiz gerektiğini duyurdu! Optikte bir koronograf ve kızılaltında de bir girişimölçer." Başını iki yana salladı; çileden çıkmıştı. "İki tür TPF'yı da yapmak için gereken para birdenbire nereden çıktı, bilmiyorum. Kafa buluyorlardı bizimle. Birkaç yıl boyunca bu iki tasarım, koronograf ve girişimölçer, birbirlerine karşı mücadele ettiler... Bana kalırsa o birkaç yılda işler hayli pisleşti... Sonra da panjur geldi ve tam anlamıyla tüm alanın üzerine gölge düşürdü!" Bu ba-

sit şakadan ziyade, rahatsız edici bunca hakikatin dillendirilmesinin ardından gerilimi düşürmek amacıyla seyirciler kahkahaya boğuldu.

Sunumunu yavaşlatan Marcy, NASA'ya duyduğu güvenin fazlasıyla sarsıldığını, o kadar ki artık ajansın devasa portföyünün belirli kesimlerine tamamen daha faal olan özel sektör tarafından dış kaynak yardımının yapılıp yapılmaması gerektiğini merak ettiğini açıkladı. TPF'nın yanı sıra, Başkan Obama'ya doğrudan yaptığı Tsiolkovskici bir çağrıda dile getirdiği, önümüzdeki yarım asırlık zaman diliminde ajans için büyük ve değerli bir başka işin de hayalini kurmuştu. "Ayağa kalkın ve şu duyuruyu yapın," diye rica etti Marcy. "Üçlü yıldız sistemi Alpha Centauri'ye ulaşmak birkaç yüz veya bin yıl alsa bile bu yüzyıl bitmeden oraya bir insansız uzay aracı fırlatacağımızı ve mümkün olan en kısa sürede oranın gezegenleri, kuyruklu yıldızları ve asteroitlerinin fotoğraflarıyla geri döneceğimizi söyleyin... Alpha Centauri'ye gitmek büyük bir görev olurdu. K-12 çocuklarını,* Kongreyi ve toplumumuzun her bir kesimini kendine çekerdi. Eğer gerçekten şanslıysak NASA'yı da tekrar hayata döndürürdü... Ayrıca şüphesiz böylesi bir proje Japonya, Çin, Hindistan ve Avrupa'yı da içeren uluslararası bir proje olurdu... Alpha Centauri'ye yapılacak bir görev, bilimsel ilerleme kadar, dünyada ihtiyaç duyduğumuz diplomatik tutarlılığı da beraberinde getirirdi."

Birkaç dinleyici tekrar güldü, bu sefer acı bir alaycılıkla. Ülke siyasi açıdan aşırı kutuplaşmış, finansal açıdansa dizlerine kadar borca batmıştı. Yıllar önce TPF projesini kargaşaya sürükleyen hüsnükuruntunun altında yatan şey de, Başkan şöyle dursun, ABD'li herhangi bir siyasetçinin böylesine ağır dalgalanmalara karşın elindeki siyasi sermayenin

* K-12: ABD, Kanada, Türkiye, Filipinler ve (zorunlu olmasa da) Avustralya'da kullanılan ve ilköğretim ve ortaöğretim öğrencisi olacak yaştaki çocukları kapsayan bir kısaltmadır. İfade, bu ülkelerin eğitim sistemlerinde anaokulu (kindergarden) ve 12. sınıf arasındaki yaşlarda bulunan çocukları kapsamaktadır. Bilindiği gibi ülkemizde de bu seviyeler arasında bulunan okulların internet sitelerinin sonunda ".k12" uzantısı bulunmaktadır –çn.

ufacık bir parçasını dahi yıldızlara seyahat peşinde koşarak harcayacağını düşünmekti.

Bir dakika bile geçmeden, Seager tekrar izleyicilerin karşısına çıkmıştı. Programa göre, hazırlanmış bir konuşma yapması gerekiyordu, ama Charbonneau ve Marcy'nin konuşmalarının ateşlediği tartışmaların ışığında, sunumunun büyük bir kısmını atmıştı.

"Uzaya gidip en yakındaki yıldızların haritasını çıkarmak istiyoruz," diye yineledi Seager, herkesin hemfikir olduğu ortak paydayı pekiştirerek. "Bugünden binlerce yıl sonra, yıldızlararası seyahatlerine başlamakta olan insanlar geriye bakacak ve bizi, en yakındaki yıldızların etrafında bulunan ve Dünya'ya benzeyen gezegenleri bulan insanlar olarak hatırlayacaklar... NASA'yı sevdiğimi söylemek istiyorum; NASA, kariyerime olağanüstü katkılar yapmıştır. Ama aynı zamanda önümüzdeki kırk yıl içinde NASA'nın Karasal Gezegen Arayıcı vs yapamayacağını da görebiliyorum. Bu benim için gitgide daha da bariz hale geldi ve bu salondaki herkes, benim karasal gezegen tipi herhangi bir görevin en büyük, en coşkulu destekçilerinden birisi olduğumu biliyor. Benim yapmak istediğim şu. Ölmeden önce bir TPF'nın yapıldığını görmek istiyorum. Şu ana kadarsa bu konuda hiç endişelenmemiştim." Bir saniyeden kısa bir süre için, sesi ani bir üzüntü belirtisi gösterdi.

Seager, kadrolu bir MIT profesörü olarak bulunduğu konumun, kendisine muazzam bir güvenlik sağladığını, yüksek riskli, yüksek ödüllü araştırmalar için bir fırsat –hatta neredeyse bir zorunluluk– verdiğini ifade etti. NASA'nın onun ömrü süresince bir TPF yaratacağına dair sallantıda olan güveni, Seager'ı başka yollar, başka gelişmeler üzerine düşünmeye itmişti. Bunlardan özellikle biri umut vaat ediyordu: yeni nesil bir ticari uzay uçuşu sağlayıcısının, nihayet yüksek fırlatma maliyetlerinin felce uğratan paradigmasının üstesinden gelmeyi gözeterek roketler ve uzay üsleri inşa eden yüksek teknolojici bir grup genç şirketin kısa süre önce ortaya çıkması. Bu şirketlerin SpaceX, Blue Origin, XCOR gibi isimleri ve PayPal, Amazon ve Intel gibi şirket-

lerle servet kazanmış multimilyoner CEO'ları vardı. Seager, NASA'nın sağlamakta başarısız olduğu bir genişlemeyi, insanların uzaya doğru kârlı ve sürdürülebilir biçimde açılmasını bu yeni şirketlerin sağlayabileceğini düşünüyordu. Bu şirketler, astronomların maliyetleri düşürmek ve TPF tarzı uzay teleskoplarının fırlatılmalarını hızlandırmak için ihtiyaç duyduğu yeni bir eş etkinlik dalgasını tetikleyip, diğer canlı dünyaların ışıklarını o salonda, karşısında toplanmış olan herkesin yaşamlarına ve kariyerlerine getirerek, erişilmez bir hedefe giden kuvvetli birer yol inşa edebilirdi. Arkadaşlarını ve meslektaşlarını bu toplantıya yalnızca alanın geleceğini tartışmak için değil, aynı zamanda biraz da alana geçici bir veda dilemek için de çağırmıştı. Ötegezegenler üzerine çalışmaya devam edecekti, ama bu alan, kendi kendini sürdürebilir ticari uzay uçuşu sanayisinin ortaya çıkışına yardım etmek üzerine yapılacak yeni, kapsayıcı bir vurguya eşlik edecekti. Bu sürpriz duyuru, kalabalık arasında bir fısıltı rüzgârı başlattı.

"Artık bunu yapıyor olacağım," diye açıkladı Seager, katı bir kararlılıkla. "Son zamanlarda çoğunuz beni toplantılarda görmedi; gelecekte de çok fazla göremeyeceksiniz, çünkü ben buna yatırım yapıyorum. Ancak olur da beni asteroitler ve Mars üzerine çalışırken görürseniz bilin ki o konularla gerçekten o kadar ilgilenmiyorumdur. Artık ticari uzay uçuşu dünyasına yardım edebileceğim her konuda yardım etmekle ilgileniyorum." Fırlatma maliyetlerine dair tahminleri alıntıladı: NASA'nın uzay mekiklerinden biriyle yörüngeye ulaşmak 100 milyon dolara mal olurken, bunu daha basit Rus Soyuz roketleriyle yapmak yalnızca 10 milyon dolara patlıyordu. Belki de ticari sağlayıcılar fırlatma maliyetlerini bir büyüklük seviyesi kadar daha düşürebilirdi. "Bir Karasal Gezegen Arayıcı yapmak istiyorsak bu şirketlerin başarılı olmasına ihtiyacımız var, çünkü bu aygıtların üzerinde on milyar dolarlık bir fiyat etiketi olduğu müddetçe biz bunu kendi başımıza asla yapamayacağız. O etiketi onlara yardım ederek sökebilirsek, bu mesele de gerçek olur."

Seager'ın konuşmasından sonra dinleyiciler, kafein boca edilmiş kümeler halinde sohbet etmek üzere salondan çıkıp giriş salonuna girdi. Bir biyokimyacının bir astrofizikçiye, yaşam arayan teleskop arayışının nasıl da 1990'lardaki insan genomu dizileme yarışına benzediğini açıklamasını dinledim. "Bunu yapmak için ellerinde gerekli teknolojiyi barındıran ve birbirlerini yiyip kemiren farklı farklı bir sürü grup vardı," dedi biyokimyacı. "Ayrıca bir de hepsi de kendi amaçları uğruna genomu dizilemeye çalışmaya karar vermiş devlet kurumları, akademik enstitüler ve ilaç şirketleri vardı. Bu devlet ve ticaret rekabeti karışımı herkesi hedefe doğru itti... Sizin asıl Çin'i gidip ilk yaşanabilir gezegenleri bulmaya ve hepsine Çince isimler vermeye nasıl ikna edeceğinizi düşünmeniz gerekiyor."

Kahve ve çay masaları arasında, bir mühendis bir bilim insanına, bir robotik uzay aracını ışık hızının yüzde 10'uyla Alpha Centauri'ye göndermenin çok kolay olacağını söylüyordu: kendisine gereken tek şey, Virginia ayarında bir denizaltından alınmış ve yüksek darbe elektrikli itki sistemine bağlanmış bir nükleer reaktördü. "Bunu bugünün teknolojisiyle yapabiliriz!" diye haykırdı mühendis. "Geri gönderdiği fotoğrafları görecek kadar da yaşarız muhtemelen!" Bilim insanı buna yanıt olarak, sanki mühendis kendisinin zihninde yaptığı hesaplamalara önemli birkaç değişkeni katmayı unutmuş gibi yalnızca nazik bir biçimde başını yukarı aşağı sallıyordu.

Konferansın resmi olarak bitişinden sonra o akşam, bir avuç katılımcı, Medya Laboratuvarından ayrılıp, Seager'ın Cambridge'deki en uzun çok katlı bina olan Bina 54'ün, yani Yeşil Binanın on yedinci katındaki ofisine gitti. Seager'ın daveti üzerine bazılarımız antenlerle ve radar kubbeleriyle beneklenmiş çatıya çıkarak, Boston'ın siluetinde kıpırdaşan ışıkları ve Charles Nehrinin durgun sularını dalgalandıran yelkenlileri izledi. Mountain, Seager ve Grunsfeld, manzarayı hayranlıkla izleyerek sessizce sohbet etti. Traub bir süre sessizce dikilerek güneşin batışını seyretti. Marcy yukarı tırmanıp muazzam radar kubbesinin altında birkaç fotoğraf

çekildi, sonra tekrar aşağı indi. Çoğunlukla havadan sudan konuşuyordu, ama konu açıldığında yine NASA'nın içinde bulunduğu kötü durumu tartışmaya dalacaktı.

"NASA'nın başı büyük belada," dedi bana daha sonrasında. "Görünüşe göre tüm o altyapısına ve uzmanlığına rağmen özel sektörü alt edemeyecek. Kendi bürokrasini aşmaktan bile aciz. NASA nasıl oldu da TPF'lara sırtını dönebildi? Tek başına NASA'yı suçlamak da istemiyorum; belki de bunların hiçbiri aslında onun suçu değildir. Belki de büyük şeyler gerçekleştirmek için örgütlenmeye çalıştığımızda güçlüklerle karşılaştığımızdandır. Roma bile yıkıldı. İnsanlar kusursuz değil. İnanılmaz biçimde acıklı hatalar yapıyoruz... Görünen o ki bu doğamızda var." Bir elini kaldırdı ve başparmağıyla işaret parmağını, bir çift çubukla bir pirinç tanesini tutmaya çalışıyormuş gibi bir açıya getirdi. "Karıncalardan üstünlüğümüz ancak bu kadar. Ben meseleyi böyle görüyorum. Kimi yönlerden bir arı kolonisinden farksız çalışıyoruz. Bu doğal. Ama biliyorsun, koloni çöküş sendromu diye bir şey de var."

Yeşil Binaya geri döndüğümüzde tartışmalar devam etti ve bir grup insan, bu geçici arı kovanının kraliçe arısı olan Seager'ın etrafında vızıldayıp durdu. Odadan çıkmak üzereyken, kendisinin yıldızlararası seyahat üzerine fikirlerini duydum yine. "Güneş sisteminden ayrılacağımız bir gün gelecek mi, bilmiyorum," diyordu. "Yalnızca bu seçeneğe sahip olmanın güzel olacağını biliyorum."

Bölüm 10

ÇORAK TOPRAKLARA DOĞRU

Güneş sistemimizi genişlemekte olan bir ışık kabuğu çevreler, bu ışığın kaynağı da Güneşimizdir. Bu kabuk kusursuz bir küre şeklinde değildir; onun yerine orta noktasında bir kum saati gibi incelir ve bu noktada, Samanyolu'nun spiral galaktik düzeyi içerisindeki ışık boğucu kalın gaz ve toz şeritleri bir miktar ışığı söndürür. Galaktik düzeyin önleyici enkazlardan görece azade olduğu alt ve üst kısımlarında, Güneş'in foton bombardımanı ikiz loblardan dışarı doğru ışık hızında sonsuza dek yayılarak dalgalanır. Her ne kadar kabuğun sınırları bizden saniyede üç yüz kilometre uzaklaşsa da devasa galaksiler arası boşluktaki genişlemesi o kadar yavaştır ki, şu anda 4,6 milyar yıl uzakta oldukları saptanabilir. Kabuğun kenarları, yıldızımızın doğuşunu müjdeleyen termonükleer ateşlenmenin çakışıyla püsküren ilk fotonlardan oluşur. Güneş sistemimizin tarihinin çözülen her bir saniyesi, yıldız ışığının gezegenlerden yansımalarına, kırılmalarına ve perdelenmelerine kodlanmış halde onu takip eder. Büyük olasılıkla, bu foton yayını için sonun başlangıcı bugünden yaklaşık altı milyar yıl sonra, uzun süre boyunca şişip nabız gibi atan Güneşimiz kızıl bir deve dönüşerek nihayet barındırdığı son helyum ve hidrojen kırıntılarını da yakıp tükettiğinde gerçekleşecek. Arkasında yanmış gezegenler, gözden kaybolan bir iyonize gaz bulutsusu ve bir yıldız kalıntısı, akkor ısısında bir karbon ve oksijen közü bırakacak. Çağlar boyunca yavaşça soğuyan kalıntının soluk ışığı nihayet karanlığa karışacak, güneş aktarımını bir bıçak gibi kesin bir biçimde kapatacak ve arkasında yalnızca sonsuza dek yankılanmak üzere antik zamanların ışığını bırakacak.

İlkel ve Prekambriyen zamanın fotonlarla taşınan yankılarının tamamı –gezegenlerin oluşumu, Dünya'da yaşamın ortaya çıkışı, dünyamızın atmosferinin oksijenlenmesi, karanın işgal edilişi– uzun süre önce çevredeki galaksilere, galaktik kümelere ve süperkümelere yayılmak üzere Samanyolu'nu terk etti. Bize en yakın komşu sarmal olan Andromeda'nın trilyon yıldızı arasında bir yerde bulunan bir gözlemci bugün baktığında Dünya'nın 2,5 milyon yıl önceki halini, *Homo sapiens*'in öncüllerinin Sahra altı Afrika'da ham taş aletlerin üretimini geliştirdikleri zamanları görürdü. Samanyolu'nun bitişiğindeki bir cüce galaksi olan Büyük Macellan Bulutundan görüldüğü haliyle dünyamız muhtemelen MÖ 160.000'deki buzul ilerlemesinde kısılı kalmış, atalarımızsa buz örtüleri geriledikçe Afrika'dan göçe zorlanmış haldedir. Yankılanmalar kendi galaksimiz içinde daha da yakından geliyor. 6500 ile 10.000 ışık yılı arasında bir yerde bulunan Carina Bulutsusunun açık kümeleri ve mavi hiperdev yıldızları arasından Dünya, tarımın ve Mezopotamya, Mısır ve İndus Vadisi gibi Bronz Çağı uygarlıklarının yükselişi sırasındaki haliyle görünüyor. Thales'in, Demokritos'un ve diğer Antik Yunanların Dünya'dan giden ışıkları şu anda 2500 ışık yılından biraz uzakta bulunan Yılbaşı Ağacı Yıldız Kümesinin yeni doğmuş alevli yıldızlarına ve parıldayan moleküler bulutlarına yayılıyor. Güneş benzeri bir yıldız olan HR 8799'un çevresinde dönen dev gezegenlerin göklerindeki Dünya, telsiz yayını yapmaya ve içten yanmalı motoru geliştirmeye henüz başladı. 1930'ların ilk televizyon yayınları şu anda Regulus'un buz mavisi yıldızlarına varmış olmalı ve 1969'da Apollo 11'in Ay'a iniş yaptığını bildiren haberler Capella'nın yaşlı sarı güneşlerine henüz ulaştı. Tüm bunlardan herhangi birinin oralarda bir yerlerde bir dinleyici bulup bulamadığını söyleyemeyiz. Tüm bildiğimiz, Dünya'dan yükselen canlı yayın gözlemlenebilir evrende türünün tek örneği olabilir.

Güneş sistemimizin doğumu ve evrimi en yakın yıldızların civarından görüntülenip hızlandırılmış bir kısa filme sıkıştırılsa hayli ürkütücü bir görüntü ortaya çıkardı. Büyük,

kara bir moleküler hidrojen bulutundan ilk önce bir yıldız oluşuyor, sonra onu dönüp duran gezegenler takip ediyor. Yörüngelerine bir kez oturan dev dış gezegenler helezonlarının ve dönüp duran gaz şeritlerinin altında milyarlarca yıl görece durağan ve sakin kalıyor. Magma okyanusları soğuyup kabuk bağladıktan sonra en içteki Merkür'de bundan da azı gerçekleşiyor. Diğer üç iç dünyanın her biri bulut, deniz ve karadan oluşan mavi-yeşil birer mücevher, ama bir an sonra Venüs bir buhar örtüsü altında pişiyor, Mars da kuruyup donuyor. Filmin geri kalan zamanının büyük bir kısmında, gezinip duran kıtalar, nabız gibi atan buzullar, patlayan dağlar, kabaran gelgitler ve akın eden yeşilliklerden oluşan bir kaleydoskop olan Dünya, bu sistemin en ilginç biçimde değişken gezegeni oluyor. Zaman geçişi günümüzü yakalamadan önceki son saniyede Dünya gece ışıklarının elektrikli örgülerini ve yapay uyduların ışıldayan halelerini ediniyor. Dönüşmüş olan gezegen, sistem boyunca spora benzer bir avuç metalik noktacık boşaltıyor. Bunlardan beşi Jüpiter'e yaklaşıyor ve sistemden kaçmalarına yetecek hızda fırlatılarak daha geniş galaksi ve kozmostaki bilinmeyen kısımlara doğru yola çıkıyor. Her biri NASA tarafından fırlatılan bu araçlar, insanlığın yıldızlararasında gezinen toy uzay araçları: *Pioneer 10* ve *11*, *Voyager 1* ve *2* ve Plüton'a bağlı *New Horizons*.

Bu araçların en uzakta bulunan ve en hızlısı olan *Voyager 1*, 14 Şubat 1990'da, altı milyar kilometreden de daha uzak bir mesafede, Plüton'un yörüngesinin ötesinde ve güneş sisteminin tutulma düzeyinin çok üzerindeyken kameralarını son bir kez Dünya'ya çevirdi. Carl Sagan ve Voyager görevinde çalışan başka insanların ısrarı üzerine uzay mekiği ikonik Apollo "Mavi Bilye" görüntüsünü tekrarladı, ama bu kez yüz bin kez daha uzak bir mesafeden. Bu kadar uzaklıktan Dünya neredeyse Güneş'in kırınımlayıcı ışınımının içinde kaybolmuştu, ama daha ayrıntılı bir inceleme sonucunda, gezegenimizin, *Voyager 1*'den iletilen görüntüde tek bir pikselden daha az bir alan kaplayan gök mavisi renkte yalnız bir ışık noktası olduğu ortaya çıktı.

Sagan, Dünya'nın bu görüntüsüne "soluk mavi nokta" adını verdi ve sonrasında bu sözcük öbeğini en çok satan kitaplarından birinin ismi olarak kullandı. Green Bank toplantısından sonraki on yıllarda gezegen atmosferleri üzerine hayati önemde çalışmalar gerçekleştiren ve hayli başarılı bir televizyon mini dizisi olan *Cosmos*'u sunan Sagan, uzay bilimini uygulamada ve popülerleştirmede zirveye yükselmişti. Sagan, Frank Drake ve diğer iş arkadaşlarıyla birlikte, Voyager'larla yıldızlara gönderilmek üzere uzun devirli bir taş plak tasarlayıp kaydetti. Bakır, alüminyum ve altından üretilen, manyetik bir pikap, iğne ve resimli yönergelerle tamamlanan kaydın oynatılmaya bir kopyası her bir uzay aracının yan tarafına monte edildi. Her bir kayıt, yıldızlararası uzay boşluğunda sayısız çağlar boyunca dayanacak, Güneş ve Dünya'dan daha uzun var olacaktı. Başka herhangi bir gezegen sistemiyle eninde sonunda bir karşılaşmanın olması olasılığıysa yok; olur da bir gün bulunurlarsa, kayıtlar büyük ihtimalle yıldızlararası seyahatler gerçekleştiren çılgıncasına gelişmiş uygarlıklar tarafından kurtarılacak. Eğer yeterince şanslıysak belki de bizim kendi torunlarımız bulacak. Voyager kayıtları övünürcesine ütopikti ve suç, savaş, açlık, hastalık ve ölüm gibi entropik insan hatalarına herhangi bir gönderme içermiyordu. Her bir kutu Başkan Jimmy Carter'ın ve Birleşmiş Milletler diplomatlarının mesajlarının bulunduğu bir ses kaydını, kırk dört dilde selamlamaları ve Dünya'daki yaşam üzerine neşe dolu 118 fotoğraf barındırıyordu. Her biri rüzgâr ve yağmur, kalp atışı ve kahkaha, öpücük ve roket fırlatma, elektro-ensefalogram ve balina şarkılarının ses kayıtlarını paylaşacaktı. Her biri Bach ve Beethoven'ın, Mozart ve Stravinski'nin bestelerini, Peru pan kavalıyla, Cava gamelanıyla yapılmış müzikleri ve Chuck Berry'nin "Johnny B. Goode" şarkısını çalacaktı. Her biri de yok olmuş bir Dünya'dan, ya bilinemez bir gelecek formuna yükselmiş ya da taşıdıkları antik kusurlar yüzünden uzun süredir çökmüş olan varlıkların altın hatıralarından geriye kalan birer mırıltı olacaktı.

Voyager'ın Dünya'ya uzaklardan attığı bakış ve yıldızlara taşıdığı mesajlar, her geçen yıl gittikçe daha da soğuk ve

umursamaz olduğu ortaya çıkan bir evrende yaşayan mütevazı ve dünyaya bağlı birçok ruh için umudun, sabrın ve bilgeliğin işareti, doğamızın iyi meleklerinin saf ve asil ifadeleri haline geldi. Bir makalesinde soluk mavi nokta üzerine düşüncelere dalan Sagan, şairane bir biçimde onu "güneş ışınında asılı kalmış bir toz zerreceği"ne benzetti. Bu zerrecik, üzerinde, "sevdiğiniz, tanıdığınız, ömrünüz boyunca adını duyduğunuz herkesin, var olmuş her insanın hayatlarını geçirdikleri, acılarımızın ve neşelerimizin bir toplamı"ydı. Sagan'a göre bu görüntü, insanlar arasındaki bölünmelerin ve jeopolitik çatışmaların kozmik ahmaklığının bir sembolüydü. "Bilinmezliğimizin, tüm bu enginliğin içinde, bizi kendimizden kurtarmak için başka yerden gelecek bir yardıma dair hiçbir belirti yok," diye yazıyordu. "Dünya, bugüne kadar yaşam barındırdığı tespit edilmiş tek gezegen. En azından yakın gelecekte türümüzün göç edebileceği başka hiçbir yer yok... Direnişimizi gerçekleştireceğimiz yer, Dünya."

Sagan, aynı makalenin daha önceki yerlerinde, insanlık için makul bir gelecekte bir yuva gezegen bulmanın zorluklarına değiniyordu. Soluk mavi noktanın, Dünya'nın, uzun bir yıldızlararası yolculuğun ardından buraya ulaşan bir uzay gemisinden çekilmiş bir görüntüsüne benzediğini düşünüyordu. Bu fotoğrafın, TPF tarzı ilk nesil bir uzay teleskobundan bakıldığında gezegenimizin nasıl görüneceğini de gösterdiğinden bahsetmiyor, ama belki de aklından bu düşünce de geçmiştir. Deneyimlediğimiz kadarıyla, yuva gezegenimizin soluk mavi renginin yaşam verici su dolu denizlerden ve su buharı bulutlarından geldiğini biz biliyoruz, diye yazıyordu Sagan, ama Voyager'ın tayftan yoksun tek bir görüntüsüne bakan uzaylı bir gözlemcinin bu kadar çok çıkarım yapabileceğinden şüpheliydi. Daha detaylı bir inceleme gerekecekti.

Bu inceleme *Voyager 1*'in tarihi görüntüsünden on ay sonra, 8 Aralık 1990'da, Sagan, Jüpiter'e doğru dolambaçlı bir yolculuğa çıkmak üzere gezegenimizin etrafında uçan Galileo uzay aracı kullanılarak Dünya üzerine yapılan bir dizi gözlemi yönettiğinde geldi. Dünya'yı sanki yeni keşfe-

dilmiş uzaylı bir dünyaymış gibi inceleyen Sagan ve Galileo ekibi, Dünya'nın yaşanabilirliğini başarılı biçimde doğruladı, sonrasında da biyosferini ve teknolojisini tespit etti ve bunların tümünü uzayın derinliklerinden ve tamamen ilk ilkeleri kullanarak gerçekleştirdi. Kızılaltı ışıkla gezegenin sıcaklığını aldılar ve buz örtülerinin, denizlerin ve bulutların sudan oluştuğunu doğruladılar. Termodinamik dengeden yoksun, oksijenle dolup taşan, eser miktarda metan barındıran atmosferde olduğu kadar uzaya ışık soğuran klorofil ve fotosentezin tayfsal işaretlerini yansıtan, bitki örtüsüyle dolu kıtalarda da yaşamın kanıtlarını buldular. Gezegenin yüzeyinde kuvvetle atan, darşerit ayarlı radyo dalgaları teknolojik bir uygarlığa işaret ediyordu. Ortak yargı şüpheye yer bırakmıyordu: gezegenin büyük bir kısmı tam anlamıyla yaşamla kaplıydı ve aşağıdaki bir şeyler küresel bir iletişim ağı inşa edecek kadar akıllıydı. Bunun ardından Sagan ve ekibi, Gelileo'nun aletlerini Dünya'dan Ay'a çevirdiler ve hiç de şaşırtıcı olmayan bir biçimde, bizim gezegenimizin aksine onun ıssız, ölü bir kayadan ibaret olduğunu gördüler. Sagan'ın Galileo gözlemleri ilk bakışta ne kadar basmakalıp ve alelade görünürse görünsün, güçlü bir kontrol deneyi, ister yakın uçuş yapan bir uzay aracıyla ister yıldızlararası uzaklıklardan ışık toplayan teleskoplarla incelenmiş olsun herhangi bir gezegene uygulanabilecek bir kanıt standardı teşkil ediyordu.

Sagan'ın daha sonraki çalışmalarının enginliği incelendiğinde, potansiyel olarak yaşanabilir ötegezegenler üzerine kendisi yaşadığı müddetçe gerçekleşebilecek herhangi bir gözlemsel çalışma için metotlu biçimde hazırlandığı kaçınılmaz biçimde görülecektir. Asla kesin olarak bilemeyeceğiz. Kendisinin yaşamı, kemik iliği rahatsızlığına karşı verdiği iki yıllık mücadelenin ardından, NASA yöneticisi Dan Goldin'in TPF inşa edileceği duyurusundan yalnızca aylar sonra, 1996'nın Aralık ayında kendisi altmış iki yaşındayken yarıda kesildi. Son zamanlarında bile Sagan, bilimsel kariyerinin ilk yıllarında olduğu kadar her açıdan diri ve kıvrak zekâlıydı. Eğer Goldin'in 2006 yılında TPF'ların fırlatılaca-

ğına dair ilk öngörüleri tutsaydı, teleskop yakınlardaki yıldızların çevresinde herhangi bir soluk mavi noktayı açıklığa kavuşturmaya başladığında Sagan yetmiş iki yaşında olacaktı. Daha uzun yaşasaydı insanlığın evreni kavrayışında sonraki dev adımı yönlendirecek ve teşvik edecek sözü geçen bir devlet adamı olarak görev yapabilirdi. Bunun yerine, Sagan'ın ölümüyle ve TPF'nın nihayet NASA'nın teknoloji geliştirme çöplüğüne atılmasıyla birlikte, kendisinin Dünya üzerinde yaptığı Voyager ve Galileo gözlemleri, gelecek nesiller boyunca muhtemelen astronomların canlı, uzaylı bir dünyayı araştırmak adına gelebileceği olası en yakın nokta olarak kalacak.

***

1990 yılında, Sagan uzaklardan Dünya'yı dikkatle incelerken, Toronto Üniversitesinde ilk yılına başlayan Sara Seager da matematik ve fen dersleri için kendini paralıyordu. Küçük bir saç ekme işi kurmak için eczacılığı bırakmış bir doktor olan babasını, tıp hazırlık dersleri alacağına ikna etmişti. Babasıysa onu dermatoloji gibi kazançlı, güvenilir ve görece stresten uzak bir şeyde uzmanlaşmaya teşvik etmişti. Seager bunun yerine, babasını hayal kırıklığına uğratarak kısa süre içinde hedefini fizik ve astronomiye kaydırdı. Henüz küçük bir kız olduğu zamanlardan, geceleri aile arabalarıyla bir yere giderlerken Ay'ın neden nereye giderlerse gitsinler onları takip ediyor gibi göründüğünü merak ettiği günlerden beri gece göğüne meraklıydı. Kısa bir süre sonra babası Seager'ı bir "yıldız partisi"ne götürdü; burada amatör bir astronom Ay'ın yörüngesini açıklamış ve onun teleskobundan Ay'a bakmasına izin vermişti. On yaşındayken Kanada'daki ormanlık bir alanda yaptığı kampta çadırından çıkıp, şehir ışıklarından tamamen azade temiz bir gökyüzünün altında geceye baktığı sırada, Seager'n dünyaya bakışı kökünden değişti. Onca yıldıza baktığında, ayaklarının altındaki Dünya'yla başlayıp yukarıdaki sonsuz derinliklere uzanan sürekliliği ilk kez algıladı. On altı yaşındayken üniversitenin herkese açık verdiği bir davette, ayrıcalıklı bazı insanların

bir canlı bulabilmek için gerçekten de yıldızlar, gezegenler ve Dünya'nın ötesindeki her şey üzerine çalışmalar yaptığını öğrendi.

"Tüm hayatımın en heyecan verici günlerinden biriydi," diye o günleri yâd etti Seager, daha sonra görüştüğümüzde. "Bunu meslek edinebiliyorduk yani? Hemen eve gidip bunu babama söyledim. Canıma okudu ve şimdiye kadar verdiği en ağır dersi vererek cesaretimi kırdı. 'Sende doğal bir yetenek var, ama kendi ayakların üzerinde durman ve hiçbir adama bel bağlamaman gerekiyor!' dedi. Benim bağımsız olmamı istiyordu ve bunun da iyi bir kariyer seçimi olabileceğini düşünemiyordu." Seager'ın babası pratikliğe değer verirdi, ama büyük düşünmesi, kendine hedefler koyması ve o kafasında hedeflere ulaştığını canlandırması gerektiğini tekrar tekrar söylerdi. Aksi halde, başarı beklememeliydi.

Bu tavsiyeye rağmen Seager, astronomiye doğru ilerlediği yolun başlarını, tıpkı bir yıldızın cayır cayır yanan kalbinde kaotik bir biçimde oraya buraya seken bir foton gibi, üzerine düşünülmemiş rastgele bir yürüyüş olarak tanımlıyordu. Fiziğe yoğunlaşmanın hem akademide hem de dışarıda iş bulma oranını artıracağını düşünen Seager, babasını ilk önce bu yolla sakinleştirdi, ama ne kadar fazla öğrenirse o kadar ilgisiz hale geliyordu. "Her şeyin denklemlerle kusursuz biçimde açıklanabileceğine inanırdım," dedi. "Sonrasında kestirimlerin her yanı sarmış olduğunu öğrendim. Üç dört yıl boyunca inanılmaz yoğun bir biçimde çalıştım, ama eğlenceli olmayan bir şey üzerinde bu yoğunlukta çalışarak neden tüm hayatımı acıya dönüştürmeliydim ki?"

Mezuniyetine yakın, bir risk aldı ve lisansüstü astronomi programlarına başvurarak şansını denedi. Büyük düşünmeye karar vermişti ve 1994'ün sonbaharında Harvard'a başvuruda bulundu. Yirmi iki yaşındaydı. Harvard, onu hayretler içinde bırakarak, 1995'in Şubatında yanıt verdi ve kendisine yüksek lisans ve cüzi bir miktar da burs teklifinde bulundu. Seager bu haberi Ontario'da, arkadaşlarıyla kır kayağı yaparken aldı. Teklifi kabul etti ve sonbaharda Toronto'dan taşınıp Harvard'a kaydını yaptırmayı planlamaya başladı.

O yaz, beklemekten başka yapacağı çok az şey vardı. Kuzeye seyahat edip kamp yapmaya karar vermişti, ama tek başına yolculuk yapmak istemiyordu. Arabaları ve açık havayı seven, ara sıra birlikte kano kullandıkları otuz yaşında gürbüz bir adam olan Mike Wevrick'e ulaştı. Uzun ve güçlü bacaklara, Seager'ın uylukları kadar büyük pazılara sahip, mavi gözlü ve geniş omuzlu Wevrick, kırçıl saçlı bir bahriyeliye benziyordu. Alabros kesilmiş saçları, yüzünde birkaç günlük kirli sakalı ve zekâyla nezaketi üzerine yayılmış bir ünü vardı. Ontario'da kayak yaparken, tam da Seager'ın Harvard'a kabul edildiğini öğrendiği gün tanışmışlardı. İki sebepten ötürü de Seager o günü hayatının en şanslı günü olarak anacaktı.

***

Wavrick ve Seager Kanada'nın kuzeybatı bölgelerine, yani "Çorak Topraklar"a, ağaçların hâlâ büyüyebildiği kuzey sınırını geçtikten sonra başlayan tehlikeli tundraya, İkinci Dünya Savaşından sonrasına dek haritası çıkarılamamış olan ıssız ve uzak, yolsuz izsiz yabanlara dalmak üzere iddialı bir kano gezisi planladı. Toronto'dan arabayla yola çıkıp dört buçuk gün uzaklıkta bulunan ve daha kuzeye giden yolun bir göl kenarında sona erdiği kuzey Saskatchewan ormanına giderek başlayacaklardı. Oradan sonra, malzemelerini tazeleyebilecekleri küçük bir uçak pistinin de bulunduğu bir ileri karakol olan Kasba Gölü Oteline varmadan önce bir dizi nehirde yirmi gün boyunca kanoyla ilerleyeceklerdi. Kasba Gölünden sonra, kırk gün daha sürecek 'gittim ve döndüm' tarzı bir yolculukla ağaç çizgisini geçip Çorak Topraklara girene kadar kürek çekmeye devam edeceklerdi. Bu kırk günün sonunda Kasba'ya dönüp, kuzeye giden bir uçağı yakalamayı planlıyorlardı. Wevrik, usta bir kano kürekçisi olarak nehirleri ve gölleri geçmelerini sağlayacaktı. Seager'sa nakliyeyle, malzemelerin karadan taşınmasıyla ve geçilebilir su yollarında Wevrick'in kırmızı Old Town Tripper buz kanosuyla ilgilenecekti. Ağustosun sonunda kuzey sonbaharı çökerken dönme planıyla, 24 Haziranda, yaz çözünmesinin sonlarında Toronto'dan ayrıldılar.

Yolculuğun ilk birkaç haftası kuru geçmiş, neredeyse hiç yağmur yağmamıştı. Toronto'dan ayrılırken havanın bozmayacağına, böylelikle çamur olması ve malzemelerin ıslanması ihtimalinin az olacağına dair iyimser hisler taşıyorlardı. Ama yağmurun olmaması, yıldırım yüzünden çıkan yağmur ve kır yangınları riskini de artırıyordu. Yolun sonuna vardıklarında gölü ve onu çevreleyen ormanı yoğun bir duman bulutuyla kaplanmış buldular. İçin için yanan kıyı şeritlerini geçerken ıslak tişörtlerini yüzlerine bağlamak için durarak, kasvet içinde nehrin ağzından öteye kürek çektiler. Bir rutin geliştirmişlerdi: yemeklerini kanoda yiyorlar ve Arktik altı yaz güneşinin sağladığı yirmi saatlik güneş ışığının büyük kısmını kürek çekerek geçiriyorlardı. Rüzgâr arkalarından eserse dinleniyorlar ve bir muşambayı geçici bir yelken olarak kullanıyorlardı. Nehrin kayalarla dolu coşkun yerlerini ve düşüş yapan şelaleleri atlatmak için günde ortalama on beş kere eşyalarını sırtlarında taşıyorlardı. Karaya çıktıklarında, ısıran kara sinek ve sivrisinek sürüleri çalılıklardan çıkıp onlara saldırıyordu. Gün ışığı kaybolduğundaysa çadırlarının içinde bitkin ve rüyasız bir uykuya dalıyorlardı.

Seager ve Wevrick, sessiz konuşmalarında ve onları çevreleyen yabanın sert, kısıtlanmamış güzelliğinde huzur buluyordu. Dünya üzerinde açığa çıkmış en eski kaya olan Kanada Kalkanının Prekambriyen, Arkeen, Proterozoik taşları üzerinde yürüyorlardı. Son buzul ilerlemesi sırasında hareket eden buz örtülerinin ağırlığıyla baskılanıp kazınarak temizlenmiş bir ülkede, dört milyar yıllık aşınma tarafından nazik yumrulara dönüştürülmüş uzun dağların kökleri üzerinde eşyalarını taşıyorlardı. Eritme suyundan oluşan, tortularla dolu akıntılar ve nehirler buz örtülerinin altında birer damar gibi akmış, böylelikle buz da geri çekildiğinde arkasında morenler, yani kurumuş buzulaltı akıntıların büklüm büklüm yollarını takip eden pembe granitik çakıllardan oluşan kum çizgileri bırakmıştı. Morenler, her biri, uzun zaman önce çekilen buzullardan kopmuş devasa buz parçalarının hayaletimsi birer birikintisi olan büyük göllerin arasında ve etrafında yatıyordu. Kara hâlâ yavaşça yük-

selip yönünü buluyor, on binlerce yıl önce yükselmiş olan o ağır buz yükü yüzünden yılda ortalama bir santimetre kadar sekiyordu. Aralıksız devam eden yangınlardan yükselen duman sütunları, her yönde ufuğu kaplıyordu. Kasba'ya yaptıkları yirmi günlük seyahat sırasında bol miktarda yaban hayatı görmüşler, ama kendileri dışında tek bir insana bile rastlamamışlardı.

Temmuz ortalarında Seager ve Wevrick, adacıklarla beneklenmiş, göz alabildiğine uzanan bir su kolunun batı ucunda yer alan Kasba Gölü Oteline ulaştı. Malzeme aldılar, otelin yöneticisiyle takıldılar ve kuzeye, gölün içinden Çorak Topraklara doğru devam ettiler. Günden güne, kat ettikleri her kilometreyle ağaçlar önce seyrekleşti, sonra bodurlaştı, en son da yok olup yerlerini yosun örtülerine, dirençli çimenlere ve parlak renkli likenlere bıraktı. Ağaç çizgisinin hemen kuzeyinde ilk ren geyiğini gördüler; hayvan onlara sanki başka bir gezegenden gelmişler gibi bakıyordu. Ağaçlar olmadan kıvrımlı tepelerden ve çukurlardaki nehirlerle göllerin üzerinden biteviye bir rüzgâr kontrolsüz biçimde esiyordu. Rüzgâr kanoyu da yavaşlatıyor, genellikle gün ortasında onları kıyıya sürüklüyordu. Kimi zaman rüzgârlı kıyıya çıktıklarında Seager sırt çantasından bir astrofizik kitabı çıkarıyordu. Ağaç çizgisinin çok daha aşağısında, başka bir dünyada Harvard bekliyordu. Diğer zamanlarda o ve Wevrick, ikisi için yaratılmış bir evrende görünüşe göre var olan tek insanlarmışçasına uzun uzun sohbet ediyordu.

Yolculuklarının en kuzeydeki noktasına vardıklarında gökyüzü pusluydu. Ağaç çizgisinin 200 kilometre kuzeyinde olsalar da yangınların kasıp kavurduğu ormanlardan gelen dumanlar hâlâ tuhaf, mevsim dışı rüzgârlarla onlara ulaşıyordu. Ağaçsız bir tepeciğin zirvesinde beş adet taş höyüğe rastladılar. Eski İnuit mezarları; Seager ve Wevrick için, insana dair Kasba'dan sonra gördükleri ilk işaret. Leşçiller veya yağmacılar kayaların bir kısmını parçalayıp dağıtmış, paslanmış metal ve ahşap eşyalar ile güneşten ağarmış bir kafatasını ortaya çıkarmıştı. Seager bir fotoğraf çekti. Bu kafatasının sahibinin neye benzediğini, nasıl öldüklerini ve

onun bildiği dünyadan bu kadar uzakta yaşamayı neden seçtiklerini merak etti. Başını kafatasından kaldırıp çevredeki tepelere baktı ve göz alabildiğine yayılmış soluk renkli çimenlerle yabani yaz çiçeklerini gördü. Sessizliği bozan tek şey, bir ufuktan diğerine dalga dalga esen rüzgârın fısıltısıydı. Gümüşi ve mavi gökyüzü halkaları, sayısız gölün temiz ve soğuk suyuyla birleşiyordu. İşte o anda, insanın neden böylesi sonsuz bir yalnızlıkta yaşayabileceğini anladı.

Ağaç çizgisinin güneyine geçtikten sonra Seager'ın "Moren Bölgesi" adını verdiği, küçük göllere ve arada ki vadilerde yatan ormanlara sahip, karmaşık ikili ve üçlü çizgi sistemleriyle sarmalanmış bitmek bilmez bir kumlu pembe tepeler diyarına girdiler. Manzara harikaydı, ama geçilmesi çok yorucuydu. Günler bulanıklaştı ve coğrafya ıssız bir otobandaki eşit aralıklı hız kesme şeritleri gibi geçti. Her taraf morendi. Sonra göl. Orman. Moren. Göl. Taşla dolu nehir yatağı, moren ve göl. Uzun süre önce çekilen ve akan antik buzun altında yatmış olan toprağın ritmine artık alışmışlardı ve saatler boyu rahat rahat, sessizce kürek çekip nakil yaptılar. Kelimelere ihtiyaç yoktu. Ahenkle hareket ediyor, neredeyse birbirlerinin zihnini okuyorlardı. Uzak kuzeydeki son akşamlarından birinde, güneş gökyüzünde alçalırken Seager ladinlerle kaplı sırtın zirvesinde tek başına durarak mavi gölleri ve pembe morenleri seyretti. Parlak, uğursuz şehirlerinden ve telaş içindeki kalabalıklardan uzakta olmanın daha da gerçek kıldığı, bambaşka bir dünyadalardı. Belki de günün birinde, sulara gömülmüş kıyı şeritleri yüzünden kutuplara doğru ilerlemek zorunda kalmış şehirler ve kalabalıklar buraya da tecavüz ederdi, ama şimdilik toprak bomboştu. Bir aydan beri hiç kimseyi görmemişlerdi, yine de yalnız da değillerdi. Acıktıklarında yiyorlar, uykuları geldiğinde uyuyorlar ve basit yaşıyorlardı; yine de fazlasını istemiyorlardı. "Birbirimizin refakatinden öylesine memnunduk ki, 'dışarıdan' herhangi birinden veya bir şeyden psikolojik veya duygusal hiçbir beklentimiz yoktu," diye yazdı Seager daha sonra. "Bu yolculuk, bizim mükemmel hayatımız haline gelmişti."

Uçakları 28 Ağustosta Kasba'daki pistten kalkarken, Seager efkârlı düşüncelerle aşağı, rüzgârın yaladığı göle ve çayırlarla kozalaklı ağaçların arasından körlemesine kıvrılan nehirlere baktı. "Altmış gün içinde, 'gerçek' yaşam kısmen imkânsız ve büyük oranda çekilmez görünecek kadar soluklaşmıştı," diye anacaktı o günleri. "Issızlık, engin yaban hayatı, özgür ve zorlayıcı yaşam tarzı, sürekli değişen arazi ve yanımdaki kusursuz arkadaş gerçekten de rakipsiz bir kombinasyondu." Yalnızca ücra ıssızlığa değil, Wevrick'e de âşık olduğunu fark etti. Geri dönmelerinden kısa süre sonra, Seager adamdan onunla birlikte yaşamak üzere Cambridge'e taşınmasını istedi. Wevrick tereddüt etmeden kabul etti.

***

Seager Harvard'da başlangıçta kozmolojiye, özellikle de Büyük Patlamanın üzerinden bir milyon yıl bile geçmeden meydana gelmiş bir olay olan "yeniden birleşme"nin ardındaki temel fiziğe odaklandı. O zamanlarda evrenimiz hâlâ hiçbir atoma, moleküle, yıldıza ve galaksiye sahip olmayan, genişleyen sıcak bir plazma kütlesi, elektronlardan ve protonlardan oluşan opak bir sisti. Plazma yüz binlerce yıl boyunca genişleyip soğudu; ta ki kritik bir geçişe ulaşıp elektronların çekirdeklerle "yeniden birleşerek" birlikte atomları oluşturabileceği kadar soğuyana dek. Tam anlamıyla bir flaşla birlikte ilkel plazmanın donmasıyla oluşan atomlar genişlemekte olan plazma sisini dönüştürerek şeffaf bir hidrojen ve helyum bulutu haline getirdi ve bugün hâlâ evrende yankılanan bir ışık akışını serbest bıraktı. Biz bunu, mutlak sıfırın üç derece üstünden daha az bir sıcaklığa sahip mikrodalga ışımasıyla tüm gökyüzünün tümyönlü bir biçimde parlaması olarak algılıyoruz. Seager yeniden birleşme üzerine çalışırken, ilk sıcak Jüpiter keşifleri de yavaş yavaş geliyordu. Danışman hocası olan Dimitar Sasselov'a başvurarak, daha ilginç bulduğu bir konu olan ötegezegen alanına geçiş yapmanın yollarını sordu. Tıpkı yeniden birleşme çağı gibi bununla alakalı hesaplamalar da yüksek sıcaklıktaki hidrojen ve helyum mekaniğiyle ilgili olduğundan, Sasselov onu sıcak

Jüpiter'lerin atmosferini modellemeye yöneltti. Bu tohumdan Seager'ın doktora tezi ve bir ötegezegenin atmosferinin ilk kez tespit edilmesinin yolunu açan, kariyer belirleyici nitelikte erken dönem çalışmaları yeşerdi.

Bu sırada, lise düzeyinde fen ve matematik kitapları yazan ve düzenleyen Wevrick de kendine başarılı bir kariyer kurmuştu. Seager'ın Harvard'da kadrolu olarak çalıştığı süre boyunca gidebildikleri kadar şehirden kaçıp kırsal kesimlere gittiler ve nihayet 1998'de, Seager'ın doktora tezini tamamladığı yıl evlendiler. Ertesi sene Seager, Princeton Gelişmiş Çalışmalar Enstitüsünde, yani Einstein'ın da ömrünün son yıllarını geçirdiği kurumda beş yıllık burs kazandığından, ikili New Jersey'e taşındı. Orada bir başka akıl hocasının, rahmetli astrofizikçi John Bahcall'ın teşvikiyle, Seager yakınlardaki Princeton Üniversitesinden ötegezegen yönelimli bazı araştırmacılarla buluşmaya, NASA'nın yakında gelecek olan TPF teleskoplarından biriyle ötegezegen atmosferini ve yüzeyini tanımlamada kullanılabilecek kavramlar ve teknikler geliştirmeye başladı.

Bu tür bir toplantının ardından, Princeton'dan David Spergel'e, TPF-C'nin teknolojik dayanağı haline gelen koronografik maskeler üzerine ilham geldi. Bir başka toplantıdan sonra Seager ve iki Princeton astronomu, Eric Ford ve Edwin Turner, yalnızca yıldızlararası uzaklıklardan görüldüğü haliyle soluk mavi noktasının dalgalanan parlaklığına bakılarak Dünya benzeri bir ötegezegen hakkında bilgi toplamanın zarif bir yöntemini geliştirdi. Belirli herhangi bir gezegenin uzaktaki bir gözlemciye yansıtabileceği dağılmış yıldız ışığı miktarını hesaplayacak bir model geliştirerek işe başladılar ve deneme için de bu modeli Dünya'yı gözlemleyen uydu verileri üzerinde çalıştırdılar. Sanal soluk mavi noktamız ekibin ince eleyip sık dokuyan modelinin bakışları altında çeşitli görüntüleme geometrilerinde döndükçe, ekip zaman içinde, yalnızca parlaklığına bakarak gezegenin hangi bölgesini görmekte olduklarını ayırt edebileceklerini fark etti; hem de gezegen, yıldıza benzer belli belirsiz bir nokta olana dek küçültülmüşken.

Örneğin ekvatorun üzerinden baktıklarında görece parlak olan ve iki taraftan da Atlantik ve Pasifik Okyanusunun uzun karanlık uzantıları tarafından sıkıştırılan Güney ve Kuzey Amerika kıtaları her gün bir saat gibi tıkır tıkır dönerek görüntüye giriyordu. Yaptıkları tekrarlarda bu tür kalıp davranışlar Dünya'nın günlerinin uzunluğunu ortaya çıkarıyordu. Rotasyon oranının belirlenmesiyle Seager, Ford ve Turner daha pürüzlü haritalandırmalara girişebilecek, okyanus ve kara parçaları kadar ormanlar, çayırlar, çöller ve buz örtüleri gibi daha ince ayrıntıları da ayırt etmeye çalışacaklardı. Yansıtıcı parlak bulutların, gözlemlerinde karışıklık çıkarmasından korkuyorlardı, ama bulutların karasu arayüzlerinde daha sık, açık okyanus ve kuru kıtasal iç bölgelerde daha nadir olmak üzere, öngörülebilir biçimlerde yükselip dağıldığını fark ettiler. Güvenilir biçimde bulut tan yoksun olan Sahra Çölünü kumunun yoğun yakın kızılaltı parlaklığından, yemyeşil, ıpıslak Amazon Havzasınıysa sürekli üzerinde gezinen bulut örtüsünden ayırt etmeyi öğrendiler. Yumuşak ve düz yansıtıcı yüzeyleri güneş ışığını bir ayna gibi uzaya geri yansıttığında, parlaklıkta ara sıra ortaya çıkan birer diken halinde buz örtülerine, göllere ve denizlere işaret eden ipuçlarını görüyorlardı. Yeteri kadar zaman verildiğinde havadaki, mevsimlerdeki ve iklimdeki değişimlerin üstesinden gelen ve değişen bitki örtüsünün, bulutların ve buz örtülerinin çeşitli yansımalarını bile ayırt edebileceklerini düşünüyorlardı. Tüm bunlar, önce uzayda bulunan 8 ila 16 metrelik bir ayna kullanarak gezegenin tayfını elde etmeye gerek kalmaksızın, yalnızca titreşen tek bir ışık noktasıyla yapılıyordu. Elbette, ellerinde nereye bakıyor olduklarını bilmenin bir avantajı vardı; elde bulunan şey uzaklardaki gerçek bir karasal ötegezegenin bilinmeyen ortamı olsaydı, onun böylesi özelliklerini öğrenmek çok daha zor olurdu. Ama bu teknik, görece küçük 2 ila 4 metrelik bir uzay teleskobunun bile en yakındaki bir avuç yıldızın çevresinde bulunan Dünya benzeri gezegenlerin haritasını çıkarabileceğine dair umut vaat ediyordu. Seager çalışmaya devam etti ve geçiş yapan gezegenlerin aşırı hassas ölçümlerinin

nasıl bir ötegezegenin rotasyonu ve atmosferik yapısı gibi özellikleri ortaya çıkarabileceğini temel hatlarıyla ele aldığı bir dizi makale yayımladı.

Artık bursunun yarı noktasına gelmiş olan Seager, sırada neyin geleceğini aramaya koyuldu. Hızla büyümekte olan ötegezegenler alanındaki liderliğine rağmen, Segar'ın Dünya benzeri başka gezegenler bulma konusundaki iyimser yaklaşımının asla gerçek olmayacağına inanıyor gibi görünen birçok potansiyel işverenden kibar ret cevapları aldı. Bu konuda istisna, kendisine 2002 yılında bir iş teklifi sunan Carnegie Enstitüsü oldu. Bahcall'ın da rızasıyla İleri Çalışmalar Enstitüsünden ayrıldı ve Wevrick'le birlikte başkent Washington'a taşındı. Carnegie'de, NASA'nın TPF'larını planlama işine daha da fazla eğildi ve jeofiziğin zorlu koşullarına ilk kez maruz kaldı. Seager, bir ötegezegenin yalnızca yüzeyini ve atmosferini değil, aynı zamanda derin iç kısmını, yani toplam bileşimini veya volkanik etkinlik ya da levha tektoniğine sahip olma olasılığını da kuramsal ve gözlemsel olarak nasıl sınırlayacağını keşfetmeye başladı. Geçişler, astronomların bir gezegenin yarıçapını, dolayısıyla boyutunu, ölçmelerine olanak sağladığından anahtar niteliği taşıyordu. Radyal hız ölçümlerinden gelen kütle hesaplarıyla birleştiğinde, bir gezegenin özkütlesini veriyordu. Seager ve diğerleri, gezegen avcılarının, örneğin saf sudan oluşan Dünya boyutlarındaki bir gezegenle çoğunlukla karbondan veya demirden oluşan bir başka gezegen arasındaki farklılıkları nasıl ayırt edebileceğini hesaplayarak çeşitli bileşimlerdeki dünyalar arasında kütle-yarıçap ilişkileri geliştirdi. Daha sonra, orta boyutlarda daha fazla dünya tespit edildikçe bu çalışmanın da hayati öneme sahip olduğu görüldü. Bu gezegenler geçiş yaparken özkütleleri ölçüldüğünde, astronomlar sözde "süper Dünya"ların birçoğunun, ince yarı saydam havaya sahip kayalık gezegenlerden ziyade, aslında birer "mini Neptün," hidrojen ve buhardan oluşan opak, kalın atmosferlere sahip gazlı dünyalar olduğunu keşfediyordu.

Yeni yeni filizlenen egzoplanetoloji alanında kendini göstermeye başlayan bir lider olarak Seager, üst düzey konfe-

ranslarda, toplantılarda ve kolokyumlarda konuşmak üzere sık sık davetler alıyor, Wevrick'le birlikte yaban yaşama yaptıkları inziva ziyaretleri de gittikçe azalıp seyrekleşiyordu. 2003 yılında hem iş hem de tatil amaçlı geziler bıçak gibi kesildi; Seager hamile kalmış, bir oğlan olan ilk çocuklarını doğurmuştu. Ona Max ismini verdiler. Onu da iki yıl sonra bir başka oğlan, Alex takip etti.

2006 yılının sonbaharında, her ne kadar alanın kaderi NASA TPF'ların fişini çektiğinde düğümlenmişse de Seager'ın yıldızı parlamaya devam ediyordu. MIT, derhal tam kadrolu bir profesörlük teklifiyle ayartarak onu Carnegie'den uzaklaştırmıştı; bu herhangi bir akademisyen için ömür boyu altın bir bilet demekti, ama bu kadar genç olan ve yeni yeni bir aile kuran bir araştırmacı için özellikle değerliydi. Seager ve Wevrick, Walden Gölünden çok da uzakta olmayan Concord-Massachusetts'te büyük, eski ve tadilat gerektiren bir evin ipoteğini aldı. Seager profesörlüğe yeni yılın Ocak ayında başlayacaktı. Gerçekleştirdiği ilerlemeden keyiflenen Seager babasını ziyarete giderek bu haberi onunla da paylaştı. Babasına kısa süre önce ileri evre kanser teşhisi konmuştu ve adam hastalıkla ne kadar savaşırsa savaşsın, ikisi de sonun yakın olduğunu biliyordu. Astronomi üzerine oynadığı kumarı kazandığını söyledi. Otuz beş yaşındaydı ve halihazırda dünyanın en önde gelen kurumlarından birinin kadrolu çalışanıydı; babasına, bunun umabileceği en iyisi olduğunu söyledi. Seager, babasının gururlanacağını ummuştu. Bunun yerine adam buz gibi bir bakışla onu şaşkına çevirdi ve ağır, çelik kadar soğuk bir sesle karşılık vererek, "Ne olursa olsun, herhangi bir şeyin senin yapabileceğinin 'en iyisi' olduğunu söylediğini duymak istemiyorum," dedi. "Senin, kendi olumsuz düşüncelerin yüzünden sınırlanmanı istemiyorum. Bundan da iyi bir işin var olduğunu biliyorum ve bir gün senin o işi alacağını da biliyorum." Konuşmalarının üzerinden çok zaman geçmeden babası öldü. Seager'ı, büyük düşünmekten asla vazgeçmemesi için son anlarına dek zorladı.

MIT'ye geldiğinde, çeşitli araştırma grupları kurarak ve uzmanlığını kuramdan gözleme, mühendisliğe ve proje yö-

netimine doğru genişletmek üzere tasarlanmış çok sayıda farklı girişimi kovalayarak eskisinden de büyük düşünmeye başladı. Gelecekteki bir TPF'nın yönetimine geçmek için bir umudu olacaksa, bu alanların dördünde de deneyime ihtiyaç duyacaktı. Kişisel ve mesleki olarak geleceğe odaklanmıştı; çocuklar her geçen gün büyüyor, gözlerine gittikçe daha da fazla babaları gibi görünüyorlardı. Wevrick, Max ve Alex'e kürek çekmeyi, oltaya yem takmayı ve ateş yakmayı öğretiyordu. Seager'ın da öğrettiği şeyler vardı. Gözleri şaşkınlıktan faltaşı gibi açılmış çocuklarına Güneş ve Ay'ın kökenlerini, Dünya'nın ve ona eşlik eden gezegenlerin tarihini ve kum tanelerine benzeyen çokça yıldızın çevresinde dönen yeni keşfedilmiş dünyaları anlatıyordu. Max, mantık ve sayıları seviyordu; belki bir matematikçi olurdu. Alex de bulmacalardan ve oyunlardan keyif alıyordu ve ebeveynleri gibi açık havadan hoşlanıyordu. O da ressam, mucit veya korucu olabilirdi. Seager, onlar yetişkin birer adam olduklarında NASA'nın yine TPF'lar için hazırlığa girişiyor olabileceğini düşünüyordu. Bu sırada bir aile kurmuş ve yeni yetiler edinmiş olacak olan kendisiyse buna hazır olacaktı. Wevrick'inkiyle bir olmuş yaşamı, umabileceğinden veya planlayabileceğinden daha da verimli bir bahara gebeydi.

Wevrick, 2009'un Eylül ayının sonlarında alt karın kısmında bir ağrı ve zaman zaman gelen keskin kramplar hissetmeye başladı. Bu acı rastgele ortaya çıkıyor gibiydi; yaptığı şeylerle acı arasında hiçbir bağlantı bulamıyordu. Başlangıçta pek endişelenmedi –ne de olsa düzenli olarak egzersiz yapıyor, sağlıklı besleniyor ve sigara içmiyordu– ama haftalar süren rahatsızlıktan sonra, belirsiz sonuçlar veren, tıp üzerine internet sitelerinde gezinmeye başladı. Kasım ortalarında ağrılar daha da kötüleşmiş, kendisi de arkadaşlarının tavsiyelerine danışacak kadar kaygılanmıştı. Arkadaşları farklı farklı hastalıklarla geliyordu: apandisit, safra kesesi iltihabı, huzursuz bağırsak sendromu, ülser, divertikül iltihabı, fıtık, Crohn hastalığı. Bunların hiçbiri, kendisinin gösterdiği ve inatçı bir biçimde hayli genel olan belirtilerle tam tamına eşleşmiyordu. Seager onu doktora

gitmeye ikna etti, ama doktor da yüzeysel bir muayenenin ardından hiçbir ciddi hastalık belirtisine rastlamadı. Sonraki iki ay içerisinde birkaç acı ve kusma krizi yaşadı, bunları da besin zehirlenmesine bağladı. 2010'un Ocak ayının ortalarında öncekilerden daha ciddi bir atak geçirdi ve soluğu acil serviste aldı. Bir CAT taraması –kolonoskopi– ve biyopsi, korkunç haberi vermeye yetti: kanser hücreleri gibi görünen bir şeyden oluşan büyük bir kütle, ince bağırsağını tıkamıştı. En başta, yıllarca sessiz seyreden ve teşhis edilemeyen bir hastalık olan Crohn hastalığına yakalanmış, ama kronik iltihaplanma en sonunda kanseri tetiklemişti.

Şubatın başlarında gerçekleşen ameliyatla kütle ve onu çevreleyen doku alındı ve Wevrick art arda yoğun kemoterapi seanslarına başladı. Tüm bunları hiç mesele yapmadı, geçmişte, evden uzakta yaban hayatında karşılaştığı yaşamını tehdit eden koşullarda gösterdiği aynı tutucu ağırbaşlılığı sergiledi. Hatta temmuzda akarsuda kano yapmak için Idaho'ya gidebilecek kadar iyi hissediyordu kendini. Ama Ekim ayında kanser geri dönmüş ve yenilenmiş bir şiddetle metastaz yapıp hızlı büyümeyi devam ettirmeye başlamıştı. Seager'sa tıp literatürünü didik didik etmekle ve ince bağırsak kanseri üzerine ülkenin en önde gelen uzmanlarına danışmakla uğraşıyordu. Belki ABD dışında yapılan yeni deneysel tedaviler vardı; belki de riskli bir klinik deneyde yer almak üzere Avrupa'ya taşınabilirlerdi. Uzmanlar, bu tür bir düşünüşü nazikçe önemsiz kıldılar; çok az umut vardı. Seager, Wevrick'e, hâlâ şansları varken her şeyi bırakıp dünyayı gezegebileceklerini, ne istiyorsa onu yapabileceklerini söyledi. Tek kelime yeterliydi, öylece gidebilirlerdi. Şimdilik işleri aksatmak istemediğini, evde rahat olduğunu söyledi. Hâlâ vaktinin olduğunu düşünüyordu.

Bu sırada Seager'ın da hâlâ çalışması gerekiyordu; kederden paramparça olmak gibi bir lüksü yoktu. Bebek bakıcıları ayarladı ve hafifletici tedavi uygulayabilen hemşireler buldu. Babasının kansere yenik düşüşünü izlemiş olduğundan, bunun fırtına öncesindeki sessizlik olduğunu biliyordu. Bazı akşamlar, yakınlardaki Walden Gölüne, bir asırdan da önce

aşkınsalcı Ralph Waldo Emerson ve Henry Thoreau'nun keyfine doyamadığı aynı durgun sulara ve tatlı çam ve ceviz kokularına doğru yürüyüşler yapıyordu. Kendi kendine, günün birinde, yanında iki oğluyla veya torunlarıyla Walden Gölünün karanlık gökyüzünün altında durup parlak bir ışık noktasına işaret ederek, onlara tam şuradaki yıldızın Dünya'ya çok benzeyen bir gezegene sahip olduğunu söyleyeceğine söz verdi. "Yukarıya her baktığınızda," diyecekti, "oradaki biri de size bakıyor olabilir." Bu düşünce, ona teselli ve aynı anda hem çok büyük hem de çok çok küçük olduğu hissini veriyordu. Boyun eğmeyecekti; dayanacak ve daha da güçlenecekti. Yakındaki yıldızların haritalarının çıkarılmasına yardım edecek, şu diğer dünyaları aramaya girişecekti. Bu anlarda, onu çevreleyen ölüm ve kayıp küçülüyor, böylesi bir büyüklüğe sahip hayaller silsilesi içinde bunların varlıkları gözden kaybolacak kadar silikleşiyordu.

"İnsanlar bana sıklıkla 'Orada çok yalnız hissetmiş, insanlara daha yakın olmak istemiş olmalısınız, özellikle de yağmurlu ve karlı günle gecelerde,' diyorlar," diye yazıyordu Thoreau, gölün kıyılarında tek başına geçirdiği iki yıl boyunca tuttuğu, 1854'te yayımlanan günlüklerini içeren klasiği *Walden*'da. "Onlara şöyle cevap vermek istiyorum: Üzerinde yaşadığımız bu Dünya, uzayda bir noktadan fazlası değil. Yuvarlaklığının enginliği bizim edevatımızla takdir edilemeyecek şu yıldızın birbirinden en uzak sakinlerinin arasında ne kadar mesafe olduğunu düşünüyorsunuz? Neden yalnız hissetmeliymişim? Bizim gezegenimiz Samanyolu'nda değil mi? Bu sorduğunuz, sorulacak en önemli soruymuş gibi gelmiyor bana. Ne tür bir uzay bir insanı diğerlerinden ayırır ve onu yalnız kılar ki?"

2011 Martında Wevrick zamanının dolmakta olduğunu hissetti. İşe yarayabilecek şeylerden ve insanlardan oluşan üç sayfalık düzenli bir liste hazırladı: ev ve arabanın bakımı için tüyolar ve akrabaların ve yaşam sigortası temsilcilerinin iletişim bilgileri. Vakit zalimce geçiyor, yaşamla arasındaki bağlar bir arabanın dikiz aynasında uzaklaşıyor gibiydi: yürümek, oturmak, konuşmak, hareket etmek için

son günler. Her adımda kendine has bir biçimde mücadele ediyordu, ama ölüm beklemezdi. Eve gelen hemşireler, uzun tüpler, bipleyen monitörler ve bir hastane yatağı gibi daha fazla tıbbi araç gereç getiriyordu. Son bir gece nöbeti, Seager'ın TPF arayışında yapacağı stratejik kariyer kaymasını duyurduğu "Ötegezegenlerin Önümüzdeki 40 Yılı" başlıklı tarihi kesinleşmiş konferansından yalnızca günler öncesinde başladı. Gece Wevrick'in yanına kıvrılıp, adam sislerin içinde kaybolurken onunla konuştuğunu hatırlıyordu. Seager, onu sevdiğini fısıldamıştı, hayatını sonsuza dek daha iyi bir yönde değiştirdiğini, her şeyin düzeleceğini, artık kendini bırakabileceğini söylemişti. Adama, hayallerini gerçekleştirip dünyayı değiştirmesi için ihtiyaç duyduğu riskleri almasında kendisine ilham kaynağı olduğunu söylemişti. Wevrick solgunca sırıtmıştı. "Hayır," demişti, başını sallayarak. "Bunları her hâlükârda başarırdın zaten." Bu, son konuşmalarından biri olacaktı.

Seager'ın kırkıncı doğum gününden iki gün sonra evlerinde, Mike Wevrick, Seager yanındayken bu dünyadan huzur içinde göçtü. Birlikte yaptıkları uzun yolculuk sona ermişti.

***

Yedi ay sonra, Seager'ın Charles Nehrine on yedi kat yukarıdan bakan ofisindeydim. Karşımda, aşırı doldurulmuş kırmızı bir koltukta oturuyor, büyük pencerelerden giren sabah güneşinin parlak ışık demetleri içinde ışıl ışıl parlıyordu. Arkasında, tabandan tavana ve duvardan duvara yerleştirilmiş, sır dolu formüllerle ve grafiklerle dolu bir karatahta vardı. Seager, yeni ve iddialı bir projenin ortasındaydı: kendini, Dünya dışında yaşama elverişli olabilecek büyük bir çeşitliliğe sahip gezegenlerde gösterebilecek alternatif biyoimzaların miktarını belirlemeye çalışmak. Yüzünde huzurlu bir gülümsemeyle zinde, rahat görünüyordu. Bunu kendisine de söyledim.

"Teşekkürler," dedi, gülümsemesi solarken. "Felaket hissediyorum. Biraz keyifsizim."

Wevrick'in ölümünden sonraki bir ayın tamamen belirsizlik içinde olduğunu söyledi Seager. Concord'da zaman zaman buluşup birbirlerine hikâyelerini anlatan dullardan oluşan küçük bir destek grubu bulmuştu. Alex ve Max'le telafi edici zaman geçirebilmek için bir dizi gezi planlamıştı: Florida'da iki NASA roketinin fırlatılışını izlemişler, New Hampshire ve Hawaii'de yürüyüşlere çıkmışlar, güneybatıda kamp yapmışlar, başkent Washington'daki Smithsonian Müzesini ziyaret etmişler ve Avrupa'yı gezmişlerdi. Aynı zamanda kendisini de taptaze bir gayretle işine adamıştı; bunun dışında pek az çözüm olduğunu hissetmişti.

Çocuklarının dışında, TPF da Seager'ın hayali, hedefi ve itici gücü olmaya devam ediyordu. "Bunu başarabilmemin üç yolu var," dedi, beni dikkatle süzerek. "Birincisi NASA, yani devlet yoluyla; bu durumda kendimi uygun bir konuma getireceğim ve böylece gelecekte Sorumlu Araştırmacı olabileceğim. İkincisi, bunu birtakım özel girişimler yoluyla becermeye çalışmak. Üçüncü yoldaysa o kadar para kazanmam gerekiyor ki bunun fonlarını tam anlamıyla kendim sağlayabileyim."

Her bir yol için yöntemli bir şekilde birbirleriyle örtüşen hazırlıklar geliştirmişti ve bunları bana daha detaylıca açıkladı. Seager'ın birbiriyle örtüşen planlarının kalbinde yatan "ExoplanetSat" adını verdiği bir MIT ve Draper Laboratuvarı ortak projesine başkanlık ediyordu. Halihazırda gelişimine devam edilmekte olan "ExoplanetSat," bir "nano-uydu," bir ekmek somunundan daha büyük olmayan, küçük bir teleskop, dağıtılabilir bir güneş paneli ile hassas hedefleme ve yer iletişimi için minyatür bir avionik* paketiyle hınca hınç doldurulmuş bir altın metal dikdörtgen bir kutuydu. Tasarlanmasının tek amacı geçiş yapan gezegenlerin sinyallerini aramak için yakınlardaki Güneş benzeri tek bir yıldızı gözetlemekti ve Dünya'dan birazcık daha büyük olan gezegenleri tespit etmesine yetecek hassaslığa sahipti. İlk ExoplanetSat'ın geliştirilmesi ve fırlatılması yaklaşık 5 milyon dolara mal olmuştu, ama onu takip eden kopyalar

* Avionik: Hava elektroniği –çn.

yarım milyon dolara, yani yörüngeye gönderilecek herhangi bir malzeme için sudan ucuz bir fiyata üretilmişti. Her biri de en az bir veya iki yıl boyunca düşük Dünya yörüngesinde çalışacaktı. Nano-uydular o kadar küçüktür ki kendilerine özel bir fırlatma aracı gerektirmezler; bunun yerine daha büyük birincil yükler taşıyan roketlerin sırtında fırlatılırlar. Seager sonunda düşük bütçeli ExoplanetSat'lardan oluşan bütün bir filo fırlatarak, geçiş yapan ve potansiyel olarak yaşanabilir gezegenler için en yakındaki en parlak yıldızları izlemeyi düşünüyordu. İlk prototipin 2013 yılında, NASA'nın nano-uyduları destekleyen bir programının parçası olarak fırlatılması kararlaştırıldı.

ExoplanetSat'ın başarısından mühendislik ve yönetim üzerine kazanacağı pratik uzmanlık, Seager'ı, NASA'nın gelecekteki görevlerine dahil olması için daha çekici bir seçenek haline getirecek, ama aynı zamanda daha iddalı uzay araçları üretmek adına kendi gelişimi için bir sıçrama tahtası görevi de görecekti. İkinci yol olan özel girişim hattı, herhangi bir ötegezegen için Güneş benzeri ve en yakında bulunan yüz yıldızı inceleyebilecek boyutu küçültülmüş ve basitleştirilmiş bir TPF inşa edip fırlatmak için para toplamayı içeriyordu. Bu tür bir teleskop herhangi bir yaşanabilir gezegenin tayflarını toplamaya yetecek kadar büyük veya çok yönlü olmayacaktı, diyordu Seager, ama kariyerinin önceki dönemlerinde öncülük ettiği fotometrik teknikler yoluyla bu gezegenleri tanımlayabilirdi. İkinci yol için halihazırda güçlü bir ortak bulmuştu: onlarca yıl önce Goldman Sachs Financial Institutions* Teknoloji Grubunun kurucularından olan, elli li yaşlardaki teknolog Scot Galliher. Birlikte kısa süre önce kâr amacı gütmeyen Nexterra Vakfını kurup özel bir gezegen arayıcı uzay teleskobunun peşine düşmüşlerdi, ama hâlâ ince ayrıntılarıyla uğraşıyorlardı.

"Nexterra'nın hedefi, en yakındaki Güneş benzeri yıldızların haritalarını çıkarmak; ne daha fazlası, ne daha azı," dedi Seager. "Belki yalnızca soluk mavi noktalar bulur, sonra yeni nesiller onların tayflarını alır ve belki oraya gitmenin

* İng. Goldman Sachs Finans Enstitüleri –ed.n.

bir yolunu bile bulurlar. Pek alışıldık değil, ama mümkün... Buradaki amaç, sonsuz ticaret çalışmalarının kan dondurucu ayrıntılarıyla uğraşmak zorunda kalmamak. Yalnızca, [yıldız ışığı baskılamak için] TPF'nın bir fikir olduğu zamanlardan beri ilerleyen bir teknoloji seçeceğiz, hangisi olursa artık, sonra da ona tüm desteğimizi vereceğiz ve başarısız olursa da arkamızı dönüp gideceğiz. Risk almaya razı olmanız gerekiyor. Uzay Teleskobu Bilim Enstitüsünden bazı insanlarla konuştuğunu biliyorum, onlar da benim arkadaşlarım ve bunu destekliyorlar, ama onların yaklaşımının bu şekilde olmadığı da apaçık ortada. Federal parayla fonlanan uzay bilimi işinde bu tür riskler alamazsınız ve sonuç olarak da bu tip büyük, karmaşık şeyler inşa etme modeli pek etkili olmaz. Ama özel bir girişimseniz bunu kendi istediğiniz gibi kendi vaktinizde, kendi paranızla yaparsınız ve işin risklerini de taşırsınız. Bu, meseleleri daha küçük, daha özel ve daha uygun fiyatlı hale getirebilir."

Peki ya üçüncü yol, diye sordum. Seager'ın çabucak zengin olmak için benim bilmediğim bir yöntemi mi vardı?

Gülümsedi. "Kulağa şaka gibi geliyor, ama aslında oldukça ciddi: asteroit madenciliği. Bu otuz kırk yıl içinde gerçekleşirse bir TPF'yı yönetemeyecek kadar yaşlı olurum, ama en azından bunu kişisel olarak gerçekleştirmek için yeterli paraya sahip olurum." Seager bilim danışmanı sıfatıyla yeni bir girişime, bizim konuşmamızdan iki ay sonra yaşamına başlayacak olan Planetary Resources, Ltd.'nin* ekibine katılmıştı. Şirket, yeni yeni filizlenen özel uzay uçuşu endüstrisinin nüfuzlu iki girişimcisi, Eric Anderson ve Peter Diamandis tarafından ortak kurulmuştu; yatırımcıları arasında Google'dan Eric Schmidt'le Larry Page ve milyarder uzay turisti ve yazılım geliştirici Charles Simonyi de bulunuyordu. Şirketin danışmanları arasında Seager'dan başka Hollywood'da film yapımcısı ve derin okyanus kaşifi olan James Cameron ve Birleşik Devletler Hava Kuvvetleri eski Kurmay Başkanı General T. Michael Mosely de vardı. Özünde iş planı oldukça basitti: Dünya'ya yakın bulunan ve birçoğu-

* İng. "Gezegen Kaynakları, Ltd." –çn.

nun da mevcut piyasa fiyatlarına bağlı olarak trilyonlarca dolar değerinde platin ve diğer nadir metallerden barındırdığı düşünülen asteroitlerin konumunu saptayıp bunların değerli kaynaklarını çıkartmak. Eğer bu girişim tüm ihtimallere rağmen başarılı olursa, çekirdek ekibin kişi başına multimilyar dolarlık kâr elde etmesi söz konusuydu.

Planetary Resources, hem uzaktan asteroitlerde "maden aramak" hem de devlet kurumlarına ve özel kuruluşlara gözlem süresi kiralamak amacıyla küçük uzay teleskopları inşa edip fırlatarak işe başlamayı planlıyordu. İkinci adımda düşük maliyetli bir gezegenler arası iletişim ağı yaratılacak ve daha yakından inceleme yapmak ve nihayetinde onların zengin kaynaklarını toplamak üzere asteroitlerle buluşmak üzere çevik robotik uzay aracı filoları gönderilecekti. Su ve diğer uçucular roket yakıtının içinde işlenerek, para ödeyen müşterilere sağlanmak amacıyla yörüngesel yakıt depolarının, uzaya yerleştirilmiş benzin istasyonlarının yaratılmasına olanak sağlıyordu. Platin grubundaki metaller Dünya'ya, bilgi işleme cihazları ve yenilenebilir enerji için var olan tüketici piyasasını büyük oranda genişletmede kullanılabilecekleri yere getirilecekti. Gezegenler arası iletişim ağının ve ucuz gezegenler arası uzay araçları için geliştirilen teknolojinin bağımsız olarak lisanslanması da ek gelir sağlayacaktı. Seager, MIT'deki araştırmacılar topluluğuna erişimi ve uzaktan fotometrik ve tayfölçümsel gözlemler yapmak üzerine bilgisi kadar, nano-uydularla çalışarak edindiği, küçük teleskoplar ve yörünge üzeri iletişim kurma hakkındaki uzmanlığını da paylaşacaktı. Bu girişimi, Dünya'nın ekonomik küresinin güneş sisteminin geri kalanına ve günün birinde de ötesine kadar genişletilmesine yardımcı olacak daha büyük bir stratejinin bir parçası olarak görüyordu.

"İnsanlar [uzay biliminin] şu anda lüks bir alan olarak görüldüğünü unutuyorlar," dedi. "Bu alan şu anda yoksullukla mücadele etmek, AIDS'i veya kanseri tedavi etmeye çalışmak veya küresel ısınmayla savaşmak gibi bir zorunluluk olarak görülmüyor. Devletin bizim için bunu yapmasını gerçekten bekleyemeyiz; pekâlâ tek başımıza yapmak zorunda kalabili-

riz ve güçlü bir uzay endüstrisine sahip olmaktan asla zarar gelmez."

Sonrasında bana planlarının daha somut ve en az onlar kadar fütüristik kısmını anlattı: MIT bünyesinde bulunan ve kendisinin akıl hocalığı yaptığı, yönlendirdiği ve denetlediği çeşitli yüksek seviye araştırma gruplarının genç üyeleri. Bunlardan bazıları –Diana Valencia, Renyu Hu, Brice Demory, Vlada Stamenkovic– halihazırda kendi alt dallarının yükselen yıldızları olarak görülüyordu ve Seager'la çalışmak için Avrupa, Asya ve Güney Amerika'dan gelmişlerdi. Seçkinlik ve şöhrete giden yollarının daha başlarında olan diğerleriyse –Becky Jensen-Clam, Christopther Pong, Mary Knapp, Matt Smith– yurt içinde yetişmiş MIT'li yükseklisans veya lisans öğrencileriydi. Bu öğrencilerin her biri, Seager'ın ötegezegenler üzerine çalışmaya veya uzay aracı inşa etmeye dönük çabalarında hayati birer role sahipti. "Sanki geniş ailem gibiler," dedi bana Seager, çıraklarıyla tanışmamın ardından. "Onlar, efsanenin bir diğer yüzü. Büyüyecekler ve uzaklara uçup dünyayı ötegezegenlerin atmosferleri ve iç kesimleri üzerine yapacakları yeni nesil büyük çalışmalarla dolduracaklar... Biyo-imzaları ben bulamazsam belki onlardan bazıları bulabilir."

Akşam olunca Cambridge'den bir trene binip Seager'ın Concord'daki evine gittik. Siperlikli rahat bir sundurmaya ve ağaçlarla çevrili büyük bir arka bahçeye sahip olan ev üç katlı ferah bir konuttu. İçeri girdiğimizde, kumral saçları ve çıplak ayaklarıyla yere yüzüstü uzanmış Legolarıyla oynayan ve boyama kitaplarını karalayan Alex ve Max bizi oturma odasında karşıladı. Bakıcıları kendi eşyalarını topladı ve bize iyi akşamlar dileyip çıktı. Seager, yakınlardaki bir kâğıt yığınından bir mukavva ve bazı dizin kartları çekti. Bu, çocuklarıyla yarattıkları bir oyundu; mukavvaya, sümüklüböceğe benzeyen ve gülümseyen, antenlerinde gözleri olan bir uzaylının üzerine el yazısıyla büyük harflerde "ALIENOPOLY"* yazılmıştı. Bu oyunda oyuncular, semtler

* Alienopoly: İngilizcedeki "alien" (uzaylı) sözcüğünün ve Türkiye'de de geniş kesimlerce oynanan "Monopoly" oyununun isminin birer parçala-

veya ilçeler satın almak yerine bireysel olarak Gliese 581 sisteminin gezegenlerini veya Alpha Centauri'nin dünyalarını satın alabiliyordu. Zarları attığınızda, oyun tahtasının herhangi bir yerine gitmenizi sağlayacak bir solucan deliğine girebilir veya uzaylılar tarafından kaçırılıp bir UFO'da karantinaya alınarak küçük düşürülebilirdiniz. Seager izin isteyerek, tavuk, pilav ve enginar cücüğünden oluşan yemeği hazırlamak için kantaron mavisi fayanslarla döşeli mutfağa gitmiş, beni de ne annelerinin işi üzerine konuşmaya ne de Alienopoly oynamaya ilgileri varmış gibi görünen oğlanlarla baş başa bırakmıştı.

"*Yıldız Savaşları*'nı sever misin?" diye cikkediler neredeyse aynı anda. Başımı aşağı yukarı salladım. Birbirlerine anlamlı bir bakış attılar. Alex yakındaki koltuğa giderek yastıkların arasından üç oyuncak ışın kılıcı çıkardı ve geri dönüp bunlardan birini elime tutuşturdu. "Kolla kendini, Darth Vader!" diye haykırdı Max, silahını kaldırırken. Aldığım onca Sith* eğitimine rağmen, yemekten önce ve sonra kırk beşer dakikalık iki kan banyosu sırasında, sallanıp duran kollardan ve plastik boyasından oluşan ve uzuv zedelenmelerine yol açan bir kasırgayla genç Jedi'ların† ellerinde karnım deşilerek, vücut parçalarımı yitirerek ve başım kesilerek defalarca öldüm. En sonunda, yatma vakitlerini hayli geçtikten sonra Max ve Alex isteksizce ağır adımlarla üst kata çıkıp yattılar. Seager'la ben alt katta kalıp, kendisi çamaşır yıkarken kırmızı şarap eşliğinde sohbet ettik.

Oğullarının, kendisi ve meslektaşlarının her geçen gün ortaya çıkardığı nefes kesici gerçekliklerdense macera dolu ve heyecan verici bir uzay dram filmini tercih etmesi yüzün-

---

rının birleştirilmesiyle elde edilmiş bir isim. Oyunun orijinalinde oyuncular akıllı yatırımlar ve şansın da etkisiyle emlak piyasası üzerinde bir tekel kurmaya çalışırlar –çn.

Sith: "Yıldız Savaşları" isimli film serisinde Güç (Force) adı verilen, neredeyse her yerde bulunan ve hissedilen doğaüstü kuvvetin karanlık tarafına bağlı, eğitimli şövalyelerdir. Daha fazla bilgi için: http://tr.wikipedia.org/wiki/Sith (Erişim tarihi: 29.14.2014) –çn.

† Jedi: Neredeyse her yönden Sith'lere denk olan, ama Güç'ün iyi tarafına hizmet eden şövalyeler. Daha fazla bilgi için: http://tr.wikipedia.org/wiki/Jedi (Erişim tarihi: 29.04.2014) –çn.

den kafası karışmış gibiydi. "*Yıldız Savaşları*'na neden bu kadar takılıp kaldıklarına dair bir fikrin var mı?" diye sordu bir süre sonra.

Aslına bakılırsa yoktu ve halk bilimindeki kültürel modeller ve Joseph Campbell'ın, bir yandan egzotikken öte yandan yine de rahatlatıcı bir aşinalık izleri taşıyan yaratıkların ve hudutların zamansız fantezisini kapsayan "kahramanın yolculuğu" kavramı üzerine bir şeyler geveledim.

"Belki de," dedi, yüzünde muzip bir ifadeyle. "O dediğinin ne olduğunu, insanların yaptıkları şeyleri neden yaptıklarını bilmiyorum." Bir an için konuşmanın ipini kaçırdım. Seager'ın bana daha önce anlatmış olduğu hikâyeleri, Max'in yabancı bir gezegenden Dünya'ya gelmiş bir ziyaretçi gibi davrandığı ve Alex'in de astronot olup annesinin keşfettiği Dünya benzeri gezegenleri inceleyeceğini ilan ettiği hikâyeleri düşünüyordum. Kendi çocukluğumu hatırladım; günün birinde bir kuyruklu yıldızı ziyaret etmeyi veya birdenbire bir UFO tarafından uzaya çekilerek başka bir galaksiye seyahat etmeyi hayal ediyordum. Her çocuk sonsuz olasılığın bulunduğu bir dünyada yaşayarak başka dünyaları, başka yaşamları ve onlara bir şekilde ulaşıp orada yaşamalarına yetecek kadar eşsiz ve özel olabilmeyi hayal eder. Bu hayallerin birçoğunun çocukluğun bitişiyle kaybolup gitmesine sebep olan şey karşılanmamış potansiyeller mi yoksa acı gerçekler mi, bilemiyorum.

"İnsanların bir ötegezegene seyahat ettiğini görecek kadar uzun yaşamayacağımı biliyorum," diyordu Seager. "Ama yine de haritaları yapabilirim. O noktadan sonra olacaklar üzerineyse gerçekten hiçbir yorum yapamam. Bir uygarlık, eğer istiyorsa, tüm kaynaklarını seferber edip en yakın yıldıza gidebilir mi? Bana kalırsa bu, erişebileceğimiz bir yerde." İzin isteyip bir sepet çamaşırı içeri götürdü ve hemen ardından biyo-imzalar üzerine yaptığı yeni çalışması hakkında konuşmak için geri döndü.

Seager, işbirliğinde bulunduğu, İngiltere'de yaşayan bir biyokimyacı olan William Bains'le birlikte Dünya'dan hayli farklı ancak akla yatkın uzaylı dünyalar uyduruyor, bu ge-

zegenlerin ne tür biyosferlere sahip olabileceklerini ve atmosferlerinde ne tür biyo-imza gazların birikebileceğini ölçüyordu. Seager ve Bains, Dünya benzeri gezegenler nadir olabilirken gezegen yaşamının nadir olmadığı şeklindeki bakış açısından başlayarak, olası çeşitliliklerden ve senaryolardan oluşan bir katalog toparlamak istiyordu.

Metan veya hidrojen sülfit pompalayan bol miktarda biyokütleyle kaplı okyanuslara sahip "çamur dünyalardan" ve yıldızlarından çok uzakta bulunan, üzerindeki canlıların ihtiyaç duydukları enerjiyi suyu ayrıştırarak değil hidrojen ve nitrojeni birleştirip ortaya çıkardıkları amonyaktan aldıkları, gazla örtülü sera dünyalardan bahsetti. Yaşamın, ezici biçimde kalın atmosferlerle kaplanmış sıcak okyanus gezegenlerinde, denizin ve gökyüzünün yani tamamen aynı yoğunluklarda karışmış su ve hava arasında organizmaların zahmetsizce yüzüp uçabildiği alacakaranlık mavisi dünyaların akışkan, çalkantılı arayüzü tarafından derinlerde kabarcıklı aerosoller halinde var olduğunu düşünüyordu. Gelecekte TPF tarzı bir teleskopta bu tür şeylerin kendilerini nasıl göstereceğini bulmaya çalışmak için yalnızca bir gezegenin değil, her biri biyo-imzaların oluşumunu ve görünürlüğünü etkileyecek termodinamik açıdan akla yatkın bir dizi farklı varsayıma sahip milyonlarca gezegenin yüzeyinin ve atmosferinin simüle edilmesi gerekiyordu. Seager'ın çalışmalarında alışıldığı gibi, alandaki bazı muhalifler bu yeni araştırmasının da kullanışlı olamayacak kadar fütüristik olduğunu düşünüyor gibiydi; var olmayabilecek ve gözlemlenmesinde yalnızca asla inşa edilemeyecek teleskopların kullanılabileceği gezegen ortamları için biyo-imzaları aydınlığa kavuşturmak adına neden bu kadar ileri gidilsindi ki?

"Tüm bu çalışma, eninde sonunda yorumlanacak olan belirsiz gözlemler için hazır olunması adına," diye kaçamak bir yanıt verdi, şarabından bir yudum alarak. "Ayrıca bunlardan bazıları da yakında olmaya başlayacak. İlk önce şişkin, [James Webb Uzay Teleskobunun] ve belki de yeryüzünde bulunan teleskopların bile inceleyebileceği kadar genişlemiş

atmosferlere sahip yakın ve sessiz M-cücelerin etrafındaki geçiş yapan süper dünyalara bakmaya muktedir olacağız. Ama bunun ardından Dünyamızın ikizini bulmak için sonsuz şansımız olmayacak. Bizim yaşamımız boyunca fırlatılacak her şey muhtemelen yalnızca en yakındaki yüz yıldıza filan bakabilecek ve biz de bununla idare etmek zorunda olacağız. Dolayısıyla eğer bu uzayda incelenebilecek herhangi bir ikiz Dünya yoksa biyo-imza gazlarını nasıl olacak da tanıyacağız? Eh, belki de tanıyamayacağız; şüphesiz yoğun bir ilk ilkeler analizi tarzı bir şey yapmazsak. Süper Dünya atmosferlerine attığımız ilk bakışın ardından hayli aşağılanmış hissedebiliriz."

Kariyerini, ufukta akranlarının baktığından daha ilerilere bakarak, çan eğrisinin dışında kalmak üzerine kurduğunu belirttim. Geleceğin nelere gebe olduğunu düşünüyordu? Elde gecikmiş bir TPF hayali varken, bu sırada ötegezegen patlamasını sürdürecek olan şey neydi? Belki de yirmi yıllık bir genişlemenin ardından bu alanın da internet sitelerinde olduğu gibi duvara toslayabileceğini söyledim.

Seager şarabından büyük bir yudum aldı ve kadehin sapını parmaklarının arasında çevirirken düşündü. "Bu konu benim için Ötegezegenlerin Önümüzdeki 40 Yılı [konferansında] ciddi biçimde açıklığa kavuştu," diye başladı. "Bu alan hilebaz öncüler tarafından kuruldu. Bu bir seçilim etkisi; büyük riskler alıp yüksek standartlara sahip olacak kadar sert, savaşçı ve istekli değilsen bu alana giremezsin. Şu anda da kalite kontrolü düşüyor, çünkü içeri çok fazla sayıda insan akıyor. Şimdi yalnızca ufak artışa sahip farklılıklarla temelde aynı şeyi yapıyor gibi görünen bir ton insan var. Yakınlardaki yıldızların haritalarını çıkarmamız gerektiği konusunda herkes hemfikir, ama en iyi yaklaşım konusunda bir türlü birleşemiyoruz." Baştan savma kuramsal çalışmalarda bir aşırılık ve alana çok az şey katan gözlemsel sonuçlar olarak gördüğü şeyden yakınıyordu. "Geçiş yapmakta olan daha kaç adet sıcak Jüpiter'e ihtiyacımız var gerçekten?" diye sordu. "Belki daha fazlasına ihtiyacımız var, belki de yok. Bunu söyleyebilecek olan ben değilim."

Ama birlik olmamasının da avantajlarının olduğunu söyleyerek devam etti. "Ötegezegenler de biraz internet sitesi şirketi balonuna benziyor, evet. Ama bu seferki uzunca bir süre devam eden, yüz yıllık bir balon olacak. Astronomide ne zaman yeni bir teknoloji ve yeni bir teleskop ortaya çıkarsa yeni bir alanın da açılacağı her zaman için doğrudur. Yüksek hassaslıktaki tayfçizerlerde ve radyal hızda böyle oldu. Kepler ve geçişlerde de böyle oluyor. Ben bunları birer dalga olarak görüyorum. Elinde şu an bir RV dalgası var ve bu dalga şu anda bir yan rolde oynuyor, ama çoğu yıldızın etrafında dünyalar varsa daha sonra yeniden canlanabilir. Şu anda elinde bir dalganın üzerinde seyreden Kepler geçişleri var. Daha sonra başka dalgalar da gelecektir. Doğrudan görüntüleme dalgası geliyor. TPF da yolda. Hepsi birbiriyle kesişiyor, ama hepsi de farklı zamanlarda başladı, dolayısıyla farklı aşamalara sahipler. Bu balon uzun süreli olacak çünkü aynı anda her şeye birden sahip olamazsın. Belki milyarlarca dolarımız olsaydı ve hepsini bir anda inşa etseydik balon da sönüp giderdi. Her şeyin bir sırası olduğundan bu da devam edecek. Potansiyel dünyalar bulduğumuzda ve onları doğrudan görüntülediğimizde bile insanlar onların atmosferlerinin ve yüzeylerinin daha iyi çözünürlükteki görüntülerini istemeye devam edecek. Ama bu sonsuza dek sürmeyecek, orası doğru."

Şarabını bitirdi ve saate baktı. Saat 23.00'ı geçiyordu ve Cambridge'e geri dönmek için treni yakalamam gerekiyordu. Ancak ayrılmadan önce bana bir şey göstermek istediğini söyledi. Üst kata çıktık, yataklarında uyumakta olan Alex ve Max'i geçip kitap raflarıyla ve bir kanepeyle döşenmiş küçük bir çalışma odasına girdik. Seager yakında duran dolabı açtı ve oradan sararmakta olan birtakım çerçeveli fotoğraflar çıkarıp onları kanepenin üzerine yerleştirdi. Fotoğrafların çoğu Wevrick'e aitti: hızla akan suyun içinden bir kano çekerken, muazzam bir moren zirvesinin üzerindeki irice bir kayanın üzerinde otururken, yürüyüşle geçen uzun bir günün ardından bitkin ve vakur dinlenirken. İşte şuradakinde, düğün günlerinde Seager'la kucaklaşırken kadının gözleri-

nin içine bakıyordu. Wevrick'in üzerinde siyah bir takım elbiseyle kravat vardı, Seager'sa saçlarında solmuş çiçeklerle baştan aşağı bembeyazdı. Başka fotoğraflarda alazlanmış, ölü ağaçlardan oluşan bir kıyının üzerindeki mavi gökyüzünü lekeleyen kıvrıla kıvrıla yükselen siyah duman sütunları ve hızla akan nehrin üzerinde asılı kalmış sis tabakasında parıldayan güneş ışığı görülüyordu.

"Eskiden fotoğrafçılığa hayli meraklıydım," diye yumuşak bir biçimde belirtti Seager. "Yaptığımız gezilerde Mike yemek pişirir, ben de fotoğraf çekerdim... Kocamın ölümüne odaklanmaya çalışmıyorum. Ama biliyorsun, o öldü ve bu olay benim için büyük bir darbeydi. Devasa bir dalga etkisi yemek gibi bir şey. Artık daha amaçlı yaşamaya çalışıyorum. Çocuklarım, çıraklarım, öğrencilerim. Kendim de dahil insanları, tüm karmaşayı ortasından yarıp hayallerine ulaşmak üzere güdülemek için eskisinden de fazla uğraşıyorum."

***

Sonraki sabah Seager'la ofisinde buluştum ve ona toplantılardan, telefonlardan ve derslerden oluşan bütün bir akşamüstü dolusu bulanıklık boyunca eşlik ettim. Her geçen saat, beyninin farklı bir bölümü yeni bir sorunlar dizisine yöneliyor, pürüzsüzce, doktora sonrası öğrencilerine ötegezegen araştırma projeleri hakkında tavsiye vermekten lisans öğrencileriyle uydu termal kontrolün daha ince noktaları üzerine tartışmaya, oradan da lisans öncesi mühendislik öğrencilerine proje yönetimi tavsiyeleri vermeye geçiyordu. Akşam olduğunda ben bitkinlikten ölüyordum, ama Seager asla yorulmaz gibi görünüyordu; kendisinin iletişim uydularına olan merakına bağlı olarak istediği radyo amatörleri lisansı için yapılan bir eleme sınavına girmesi gerektiğinden birkaç saatliğine ayrıldık. Bunu, kampüsteki restoranda yenen bir suşiden oluşan akşam yemeği takip etti. Yollarımızı ayırmadan önce gece gece Yeşil Binaya doğru tüm yolu geri kat ettik ve asansörle Seager'ın on yedinci kattaki odasına çıktık; çantasını unutmuştu. Karanlık odanın penceresinde, şehrin ışıkları dalgalanan karanlık nehrin üzerinde parıldıyordu

ve bir an için derin uzayda süzülüyor, bir galaksinin sonsuz sayıdaki yıldızlarına yukarıdan bakıyor gibi göründük. Masasının etrafında haldır haldır çantayı ararken birden durup başını kaldırdı; manzaradan büyülenmişti.

"Ufuk çizgisini seviyorum," dedi sırtı bana dönük halde. "Her seferinde mest ediyor beni. Nehir. Gökyüzü. Işıklar. Aslına bakarsan bu manzara ve onun değişme biçimi, hayatımın büyük bir parçası. Gecenin gelişi. Pencereden dışarı bakıyorum ve tüm bu insanlar, dünyada taşların yerine oturması, ışığın sürekliliği üzerine düşünüyorum. Gün kaybolup yerini geceye bırakıyor ve sonra gece de aynısını yapıp günün doğmasına izin veriyor. Yolu doğa belirliyor, ama bizim de kısmen kontrolümüz var. Bizler milyonlarca yıllık evrimin birer ürünüyüz, ama kaybedecek zamanımız yok. Benim ölümden öğrendiğim, işte bu." Sesi çatallanıp titredi, sonra gözyaşlarıyla birlikte kuvvetini yeniden kazandı. "Ölüm, benim çoğu şeyin ne kadar değersiz olduğunu fark etmemi sağladı, anlıyorsun, değil mi? Başka hiçbir şeyin anlamı yok; o, her şeyi hükümsüz kılıyor. Anlamsız şeylere karşı hoşgörümü kaybettim. Onlara ayrılacak vakit yok. Bu sana bir şey ifade ediyor mu?"

Karanlığın içinde, Seager'ın önceki gece bana göstermiş olduğu çerçeveli bir fotoğrafın anısı aklıma davetsizce süzülüverdi. Wevrick tarafından belirli bir yükseklikten çekilmiş, nadir bir görüntüydü. Göz alabildiğine sarı çimenler ve bodur ağaçlar, ağaçsız bir moren ufkuna doğru boylu boyunca uzanmış isimsiz bir gölün kıyılarına dek yayılıyordu. Ön planda, tek başına nokta halinde bir figür kızıl bir yayın altında eğilmiş, ufku sıyıran Güneş'in önüne uzunca bir gölge düşürüyordu. Bu Seager'dı; azimle, geçiş bölgesinin yaşanması zor arazisinde ağır kanoyu sürüklüyordu. Düşük çözünürlüklü fotoğraf, zorlu nakil işleminin sonlarına mı yaklaşıldığına yoksa yeni mi başladığına dair bir şey söylemiyordu. Ötede, Çorak Topraklar boylu boyunca uzanıyordu.

SEÇİLMİŞ İLERİ OKUMA VE NOTLAR

Bölüm 1:
Yaşam Süresi Arayışı

Ronald N. Bracewell, *The Galactic Club: Intelligent Life in Outer Space* (San Francisco: W. H. Freeman, 1974).

Giuseppe Cocconi and Philip Morrison, "Searching for Interstellar Communications," *Nature*, sayı 184 (1959), s. 844–46.

Frank Drake and Dava Sobel, *Is Anyone Out There? The Scientific Search for Extraterrestrial Intelligence* (New York: Delacorte Press, 1992). Drake'ten yaptığım alıntı 27. sayfada.

Stanislaw Lem, *Summa Technologiae* (Minneapolis: Minnesota Üniversitesi Yayınları, 2013; ilk baskı, 1964). çev. Joanna Zylinska, bu, Lem'in kozmik evrim üzerine ileri görüşlü klasiğinin İngilizcedeki ilk baskısıdır.

J. P. T. Pearman, "Extraterrestrial Intelligent Life and Interstellar Communication: An Informal Discussion," *Interstellar Communication*'da, A. G. W. Cameron, ed. (New York: W. A. Benjamin, 1963), s. 287–93.

Iosif Shklovskii and Carl Sagan, *Intelligent Life in the Universe* (San Francisco: Holden-Day, 1966).

Walter Sullivan, *We Are Not Alone: The Continuing Search for Extraterrestrial Intelligence*, Gözden Geçirilmiş Baskı (New York: Dutton, 1993).

Otto Struve, "Proposal for a Project of High-Precision Stellar Radial Velocity Work," *The Observatory*, sayı 72 (1952), s. 199–200.

Bölüm 2:
Drake'in Orkideleri

J. D. Bernal, *The World, the Flesh, and the Devil: An Enquiry into the Future of the Three Enemies of the Rational Soul* (London: Kegan Paul, Trench, Trübner, 1929).

Frank Drake, "Stars as Gravitational Lenses," *Bioastronomy—The Next Steps*, ed. G. Marx, Astrophysics and Space Science Lib-

rary, cilt 144 (Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988), s. 391–94.

Frank Drake ve Dava Sobel, *Is Anyone Out There? The Scientific Search for Extraterrestrial Intelligence* (New York: Delacorte Press, 1992). Arecibo Gözlemevinin radyo anteninin kaç adet mısır gevreği kutusu alabileceği üzerine Drake'in yaptığı hesaplamalar 73. ve 74. sayfalarda görülüyor.

Paul Davies, *The Eerie Silence: Renewing Our Search for Alien Intelligence* (New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2010).

Von R. Eshleman, "Gravitational Lens of the Sun: Its Potential for Observations and Communications Over Interstellar Distances," *Science*, sayı 205 (1979), s. 1133–35.

Paul Gilster, *Centauri Dreams: Imagining and Planning Interstellar Exploration* (New York: Springer, 2004).

Hans Moravec, *Mind Children: The Future of Robot and Human Intelligence* (Cambridge: Harvard Üniversitesi Yayınları, 1988).

Peter D. Ward ve Donald Brownlee, *Rare Earth: Why Complex Life is Uncommon in the Universe* (New York: Springer, 2000).

Bölüm 3:
Parça Parça Bir İmparatorluk

Guillem Anglada-Escudé vd, "A Planetary System around the Nearby M Dwarf GJ 667C with At Least One Super-Earth in its Habitable Zone," *The Astrophysical Journal Letters*, sayı 751 (2012), s. L16–.

Lee Billings, "G is for Goldilocks," Seedmagazine.com, Ekim 1, 2010. http://seedmagazine.com/content/article/g_is_for_goldilocks/.

Xavier Bonfils, vd, "The HARPS Search for Southern Extra-solar Planets XXXI. The M-dwarf Sample," *Astronomy & Astrophysics*, sayı 549 (2013), s. 109–.

Alan Boss, *The Crowded Universe: The Search for Living Planets* (New York: Basic Books, 2009).

Xavier Delfosse, vd, "The HARPS Search for Southern Extra-solar Planets XXXV. Super-Earths around the M-dwarf Neighbors Gl433 and Gl667C," arXiv ön baskı (2012).

Bruce Dorminey, *Distant Wanderers: The Search for Planets Beyond the Solar System* (New York: Springer, 2001).

Thierry Forveille, vd, "The HARPS Search for Southern Extra-solar Planets XXXII. Only 4 planets in the Gl~581 system," arXiv ön baskı (2011).

Philip C. Gregory, "Bayesian Re-analysis of the Gliese 581 Exoplanet System," arXiv e-baskı (2011).

Ray Jayawardhana, *Strange New Worlds: The Search for Alien Planets and Life Beyond Our Solar System* (Princeton: Princeton Üniversitesi Yayınları, 2011).

Marc Kaufman, *First Contact: Scientific Breakthroughs in the Hunt for Life Beyond Earth* (New York: Simon & Schuster, 2011).

Michael D. Lemonick, *Other Worlds: The Search for Life in the Universe* (New York: Simon & Schuster, 1998).

Tim Stephens, "Newly discovered planet may be first truly habitable exoplanet," California Üniversitesi, Santa Cruz, Newscenter, 29 Eylül 2010. http://news.ucsc.edu/2010/09/planet.html.

Otto Struve, "Astronomers in Turmoil," *Physics Today*, sayı 13 (1960), s. 18.

Mikko Tuomi, "Bayesian Re-analysis of the Radial Velocities of Gliese 581. Evidence in Favour of Only Four Planetary Companions," arXiv ön baskı (2011).

Steven S. Vogt, vd, "The Lick-Carnegie Exoplanet Survey: A 3. 1 M_ Earth Planet in the Habitable Zone of the Nearby M3V Star Gliese 581," *The Astrophysical Journal*, sayı 723 (2010), s. 954–65.

Steven S. Vogt, R. Paul Butler, and Nader Haghighipour, "GJ 581 update: Additional Evidence for a Super-Earth in the Habitable Zone," *Astronomische Nachrichten*, sayı 333 (2012), s. 561–75.

Bölüm 4:
Bir Dünyanın Değeri

Fred Adams and Greg Laughlin, *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity* (New York: Free Press, 1999).

John D. Barrow and Frank J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle* (New York: Oxford Üniversitesi Yayınları, 1986).

Marcia Bartusiak, *The Day We Found the Universe* (New York: Pantheon, 2009).

Lee Billings, "Cosmic Commodities: How much is a new planet worth?" Boingboing. net, 3 Şubat 2011. http://boingboing. net/2011/02/03/cosmic-commodities-h.html

Bill Bryson, *A Short History of Nearly Everything* (New York: Broadway Books, 2003).

Thane Burnett, "Wanna buy the Earth? It'll cost you $5 quadrillion," *Toronto Sun*, 1 Mart 2011. http://www.torontosun.com/

news/columnists/thane_burnett/2011/03/01/17455846.html.
Robert Costanza, vd, "The value of the world's ecosystem services and natural capital," *Nature*, sayı 387 (1997), s. 253–260.
Michael J. Crowe, ed., *The Extraterrestrial Life Debate, Antiquity to 1915: A Source Book* (Notre Dame: Notre Dame Üniversitesi Yayınları, 2008). Daily Mail Reporter, "Earth is worth £3000 trillion, according to scientist's new planet valuing formula," MailOnline.com, Şubat 28, 2011. http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-1361145/Earth-worth-3-000-trillion-according-scientists-new-planet-valuing-formula.html.
Steven J. Dick, *The Biological Universe: The Twentieth-Century Extraterrestrial Life Debate and the Limits of Science* (Cambridge, UK: Cambridge Üniversitesi Yayınları, 1996).
Stephen Greenblatt, *The Swerve: How the World Became Modern* (New York: W. W. Norton, 2011).
Alan H. Guth, *The Inflationary Universe: The Quest for a New Theory of Cosmic Origins* (New York: Perseus Books, 1997).
Arthur Koestler, *The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe* (New York: Macmillan, 1959).
D. G. Korycansky, Gregory Laughlin, and Fred C. Adams, "Astronomical engineering: a strategy for modifying planetary orbits," *Astrophysics and Space Science*, vol. 275 (2001), s. 349–66.
Greg Laughlin, "Too cheap to meter," *systemic*, Mart 12, 2009. http://oklo.org/2009/03/12/too-cheap-to-meter/.
Lucretius, *On the Nature of Things* (Newburyport, MA: Focus Publishing, 2003). Walter Englert'in mükemmel [İngilizce] çevirisinin 59. ve 60. sayfalarından alıntı yapıyorum.
Carl Sagan, *Cosmos* (New York: Random House, 1980).
Alex Vilenkin, *Many Worlds in One: The Search for Other Universes* (New York: Hill and Wang, 2006).

Bölüm 5:
Altına Hücumun Ardından

Lee Billings, "The Long Shot," Seedmagazine. com, 19 Mayıs 2009. http://seedmagazine.com/content/article/the_long_shot/.
Ray Bradbury, *The Martian Chronicles* (Garden City, NY: Doubleday, 1950). Laughlin'in alıntıları, Bradbury'nin klasik eserinin 136. sayfasındaki "The Naming of Names" bölümünden geliyor.
Çeşitli yazarlar, *2063 A. D.* (San Diego: General Dynamics Astronautics, 1963).

Çeşitli yazarlar, The Lick Observatory Historical Collections Project, http://collections.ucolick.org/archives_on_line/.

Xavier Dumusque vd, "An Earth-mass planet orbiting α Centauri B," *Nature*, sayı 491 (2012), s. 207–11.

Freeman John Dyson, "Search for Artificial Stellar Sources of Infrared Radiation," *Science*, sayı 131 (1960), s. 1667–68.

Paul Gilster, "New Search for Centauri Planets Begins," *Centauri Dreams*, 2 Aralık 2009. http://www.centauri-dreams.org/?p=10489.

Javiera Guedes vd, "Formation and Detectability of Terrestrial Planets Around Alpha Centauri B," *The Astrophysical Journal*, sayı 679 (2008), s. 1582–87.

Edward Singleton Holden, *A Brief Account of the Lick Observatory of the University of California (1895)* (Whitefish, Montana: Kessinger Publishing, 2010).

Andrew W. Howard, vd, "The Occurrence and Mass Distribution of Close-in Super-Earths, Neptunes, and Jupiters," *Science*, sayı 330 (2010), s. 653–55.

Andrew W. Howard, vd, "Planet Occurrence within 0.25 AU of Solar-type Stars from Kepler," *The Astrophysical Journal: Supplement Series*, sayı 201, no. 2 (2012).

Isaac William Martin, *The Permanent Tax Revolt: How the Property Tax Transformed American Politics* (Stanford: Stanford Üniversitesi Yayınları, 2008).

John McPhee, *Assembling California* (New York: Farrar, Straus and Giroux, 1993).

Tom Murphy, "Galactic-Scale Energy," *Do the Math*, 12 Temmuz 2011. http://physics.ucsd.edu/do-the-math/2011/07/galactic-scale-energy/.

Kevin Starr, *California: A History* (New York: Modern Library, 2005).

Philippe Thébault, Francesco Marzari, and Hans Scholl, "Planet formation in the habitable zone of alpha Centauri B," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Letters*, sayı 393 (2009), s. L21–L25.

Bölüm 6:
Büyük Resim

Paul J. Crutzen, "Geology of mankind," *Nature*, sayı 415 (2002), s. 23.

Paul J. Crutzen and Eugene F. Stoermer, "The 'Anthropocene,' " *Global Change Newsletter*, sayı 41 (2000), s. 17–18.

Çeşitli yazarlar, Marcellus Center for Outreach and Research, http://www.marcellus.psu.edu. Bu web sitesi Pennsylvania'daki gaz şisti hidrolik kırılması hakkında bol miktarda bilgiler barındırıyor ve ayrıntılı yayın listeleri ve jeolojik haritalar içeriyor.

Christian de Duve, *Vital Dust: Life as a Cosmic Imperative* (New York: Basic Books, 1995).

James Hansen, *Storms of My Grandchildren: The Truth About the Coming Climate Catastrophe and Our Last Chance to Save Humanity* (New York: Bloomsbury, 2009).

Andrew H. Knoll, *Life on a Young Planet: The First Three Billion Years of Evolution on Earth* (Princeton: Princeton Üniversitesi Yayınları, 2003).

James Lovelock, *The Vanishing Face of Gaia: A Final Warning* (New York: Basic Books, 2009).

Seamus McGraw, *The End of Country: Dispatches from the Frack Zone* (New York: Random House, 2011).

John McPhee, *Basin and Range* (New York: Farrar, Straus and Giroux, 1981). McPhee'nin sayfa 127'deki jeolojik zaman ölçeği örneğinden alıntı yapıyorum; bu örnek de, üslup ve genel çerçeve itibariyle bu kitapta sunulduğu haliyle benim kendi fikirlerimi büyük ölçüde etkilemiş olan daha genel bir derin zaman tartışmasının içinde yer almaktadır.

Oliver Morton, *Eating the Sun: How Plants Power the Planet* (New York: HarperCollins, 2008).

Andrew Revkin, *Global Warming: Understanding the Forecast* (New York: Abbeville Press, 1992). Revkin; Crutzen ve Stoermer'in "Antroposen"ini 8 yıl önceden öngörmüştü; şafak vakti sayılabilecek bu jeolojik çağa "Antrosen" adını vermişti.

William F. Ruddiman, *Plows, Plagues, and Petroleum: How Humans Took Control of Climate* (Princeton: Princeton Üniversitesi Yayınları, 2005).

J. William Schopf and Cornelis Klein, ed., *The Proterozoic Biosphere: A Multidisciplinary Study* (Cambridge: Cambridge Üniversitesi Yayınları, 1992).

Jan Zalasiewicz, vd, "Stratigraphy of the Anthropocene," *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, sayı 369 (2011), s. 1036–55.

Bölüm 7:
Denge Bozulduğunda

John A. Baross, vd, *The Limits of Organic Life in Planetary Systems* (Washington, DC: National Academies Press, 2007). Bu rapor, şu bağlantıda çevrimiçi olarak erişime açıktır: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11919.

Stephen H. Dole ve Isaac Asimov, *Planets for Man* (New York: Random House, 1964). Dole'nin RAND Corporation Research Study'sinin yoğun ve popüler bir versiyonu, *Habitable Planets for Man*.

L. Kaltenegger, S. Udry ve F. Pepe, "A Habitable Planet around HD 85512?" arXiv ön baskı (2011).

James Kasting, *How to Find a Habitable Planet* (Princeton: Princeton Üniversitesi Yayınları, 2009). Bu muhteşem kitabı, Bölüm 7'de bahsi geçen bilgece makaleleri araştırmak isteyen okurlara ve gezegen yaşanabilirliği üzerine okunabilir ancak sert bir şeyler seven tüm okurlara öneriyorum.

Ravi Kumar Kopparapu vd, "Habitable Zones Around Main-Sequence Stars: New Estimates," arXiv ön baskı (2013).

Charles H. Langmuir ve Wally Broecker, *How to Build a Habitable Planet: The Story of Earth from the Big Bang to Humankind*, Gözden Geçirilmiş ve Genişletilmiş Baskı (Princeton: Princeton Üniversitesi Yayınları, 2012).

J. E. Lovelock, *Gaia: A New Look at Life on Earth* (New York: Oxford Üniversitesi Yayınları, 1979).

Stephen H. Schneider ve Penelope J. Boston, ed., *Scientists on Gaia* (Cambridge: MIT Press, 1992).

Peter Ward, *The Medea Hypothesis: Is Life on Earth Ultimately Self-Destructive?* (Princeton: Princeton Üniversitesi Yayınları, 2009).

Peter D. Ward ve Donald Brownlee, *The Life and Death of Planet Earth: How the New Science of Astrobiology Charts the Ultimate Fate of Our World* (New York: Times Books, 2003).

Bölüm 8:
Işığın Sapmaları

Norman R. Augustine vd, *Seeking a Human Spaceflight Program Worthy of a Great Nation* (Washington, DC: NASA, 2009). Bu rapor şu bağlantıda çevrimiçi olarak erişime açıktır: http://

www.nasa.gov/pdf/396093main_HSF_CMIT_Final Report.pdf.

Lee Billings, "The Telescope that Ate Astronomy," *Nature*, sayı 467 (2010), s. 1028-1030.

Alan Boss, *The Crowded Universe: The Search for Living Planets* (New York: Basic Books, 2009).

Kenneth G. Carpenter, vd, "OpTIIX: An ISS-based Testbed Paving the Roadmap toward a Next Generation, Large Aperture UV/ Optical Space Telescope," Haziran 20, 2012. uvastro2012.colorado.edu/Presentations/KennethCarpenter.pdf. Bu materyal, 18-21 Haziran 2012'de Colorado-Boulder Üniversitesinin ev sahipliği yaptığı "UV Astronomisi: HST ve Konferansın Ötesinde" isimli konferansta sunuldu.

Andrew Chaikin, *A Man on the Moon: The Voyages of the Apollo Astronauts* (New York: Viking Penguin, 1994).

Daniel S. Goldin, "NASA in the Next Millennium," 17 Ocak 1996. http://home.fnal.gov/~annis/digirati/otherVoices/goldin.AAS.html. Bu, Goldin'in San Antonio-Texas'taki 187. Amerikan Astronomi Derneği toplantısında yaptığı konuşmanın yazılı metni ve Goldin'den bu bölümde yaptığım alıntıların kaynağıdır.

Greg Klerkx, *Lost in Space: The Fall of NASA and the Dream of a New Space Age* (New York: Pantheon Books, 2004).

John M. Logsdon, *John F. Kennedy and the Race to the Moon* (New York: Palgrave Macmillan, 2010). Matt Mountain, İsimsiz Sunum, TEDxMidAtlantic 2010, Kasım 5, 2010. http://www.youtube.com/watch?v=_4qO4GjyyUI. Halka açık bu konuşma, Mountain'le yaptığımız tartışmalar sırasında kendisinin kullandığı noktalardan ve görsellerden çoğunu barındırıyor.

Michael J. Neufeld, *Von Braun: Dreamer of Space, Engineer of War* (New York: Knopf, 2007).

N. A. Rynin, yazar ve editör, *Interplanetary Flight and Communication, Cilt. III, Sayı. 7: K. E. Tsiolkovskii: Life, Writings, and Rockets* (Kudüs: Israel Program for Scientific Translations, 1971). Rynin bu cildi 1931 yılında Leningrad'da kendisi bastırmıştır. Tsiolkovski'nin alıntılarını 3, 7, 30 ve 31. sayfalardan aldım.

Robert Zimmerman, *The Universe in a Mirror: The Saga of the Hubble Space Telescope and the Visionaries Who Built It* (Princeton: Princeton Üniversitesi Yayınları, 2008).

Bölüm 9:
Hiçlik Noktası

C. A. Beichman, N. J. Woolf ve C. A. Lindensmith, ed., *The Terrestrial Planet Finder (TPF): A NASA Origins Program to Search for Habitable Planets* (Pasadena: NASA-

Caltech Jet İtki Laboratuvarı, 1999). Bu rapor şu bağlantıda çevrimiçi olarak erişime açıktır: http://exep.jpl.nasa.gov/TPF/tpf_book/index.cfm.

Michael Belfiore, *Rocketeers: How a Visionary Band of Business Leaders, Engineers, and Pilots Is Boldly Privatizing Space* (Washington, DC: Smithsonian, 2007).

Lee Billings, "Let There Be Light," Seedmagazine.com, 17 Kasım 2009. http://seedmagazine.com/content/article/let_there_be_light/.

Roger D. Blandford vd, *New Worlds, New Horizons in Astronomy and Astrophysics* (Washington, DC: National Academies Press, 2010). Bu rapor şu bağlantıda çevrimiçi olarak erişime açıktır: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12951.

Chris Dubbs ve Emeline Paat-Dahlstrom, *Realizing Tomorrow: The Path to Private Spaceflight* (Lincoln: Nebraska Üniversitesi Yayınları, 2011).

Charles Elachi, vd, *A Road Map for the Exploration of Neighboring Planetary Systems* (Pasadena: NASA-Caltech Jet İtki Laboratuvarı, 1996). Bu rapor şu bağlantıda çevrimiçi olarak erişime açıktır: http://exep.jpl.nasa.gov/exnps/toc.html.

James Kasting, Wesley Traub, vd, *Terrestrial Planet Finder—Coronagraph (TPF-C) Flight Baseline Mission Concept* (Pasadena: NASA-Caltech Jet İtki Laboratuvarı, 2009). Bu rapor şu bağlantıda çevrimiçi olarak erişime açıktır: http://exep.jpl.nasa.gov/TPF-C/TPFC-MissionAstro2010RFI-Final- 2009-04-01.pdf.

Michael D. Lemonick, *Mirror Earth: The Search for Our Planet's Twin* (New York: Walker, 2012). Lemonick'in bu kitabı, gezegen avcılığının tarihi ve ön sıralarının harikulade bir özetini sağlamasının yanında, aynı zamanda Seager'ın "Ötegezegenlerin Önümüzdeki 40 Yılı" konferansına ayrıntılı ve bağımsız bir bakış açısı sunuyor.

Jonathan Lunine vd, "Worlds Beyond: A Strategy for the Detection and Characterization of Exoplanets," Report of the ExoPlanet Task Force, Astronomy and Astrophysics Advisory Com-

mittee (Washington, DC: NSF/NASA, 2008). Bu rapor şu bağlantıda çevrimiçi olarak erişime açıktır:
http://www.nsf.gov/mps/ast/aaac/exoplanet_task_force/reports/exoptf_final_report.pdf.

Christopher F. McKee, Joseph H. Taylor, Jr., vd, *Astronomy and Astrophysics in the New Millennium* (Washington, DC: National Academies Press, 2001). Bu rapor şu bağlantıda çevrimiçi olarak erişime açıktır: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=9839.

Sara Seager, vd, "The Next 40 Years of Exoplanets," MIT, 27 Mayıs 2011. http://seagerexoplanets.mit.edu/next40years.htm. Programdaki konuşmacılar, fotoğraflar ve sürecin video kaydının web arşivi bu linkte mevcuttur.

W. A. Traub ve B. R. Oppenheimer, "Direct Imaging of Exoplanets," *Exoplanets*, Sara Seager, ed. (Tucson: Arizona Üniversitesi Yayınları, 2010).

Stephen C. Unwin vd, "Taking the Measure of the Universe: Precision Astrometry with SIM PlanetQuest," *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, sayı 120 (2008), s. 38–88.

Bölüm 10:
Çorak Topraklara Doğru

Freeman Dyson, *Disturbing the Universe* (New York: Harper & Row, 1979).

John S. Lewis, *Mining the Sky: Untold Riches from the Asteroids, Comets, and Planets* (New York: Perseus Books, 1996).

Gerard K. O'Neill, *The High Frontier: Human Colonies in Space* (New York: William Morrow, 1976).

Carl Sagan, *Pale Blue Dot: A Vision of the Human Future in Space* (New York: Random House, 1994). Sagan'dan yaptığım alıntıları 6. ve 7. sayfalardan aldım.

Carl Sagan, vd, *Murmurs of Earth: The Voyager Interstellar Record* (New York: Random House, 1978).

Sara Seager ve Mike Wevrick, "Sixty Days in the Land of Little Sticks: Part 1: Cochrane, Thlewiaza, Little Partridge, and Kazan Rivers," *Nastawgan, the Quarterly Journal of the Wilderness Canoe Association*, sayı 23, no. 1 (1996), s. 1-7.

Sara Seager, "Sixty Days in the Land of Little Sticks: Part 2: Nowleye and Kamilukuak Rivers, Casimir and Kasba Lakes," *Nastaw-*

gan, the Quarterly Journal of the Wilderness Canoe Association, sayı 23, no. 3 (1996), s. 1-7.

Henry David Thoreau, *Walden; or, Life in the Woods* (Boston: Ticknor and Fields, 1854). Kitabın "Yalnızlık" adı verilen beşinci kısmından alıntı yaptım.

Robert Zubrin, *Entering Space: Creating a Spacefaring Civilization* (New York: Tarcher, 1999).

DİZİN

47 Ursae 72
51 Pegasi 62, 65
51 Pegasi b 71
61 Virginis 67
70 Virginis 72
2063 121

akıllı 32, 33, 208
Alienopoly 293
Allegheny 145, 146
Allegheny Platosu 144, 148
Allen, Paul 22
Allen Teleskop Dizisi (ATD) 22, 54
Alpha Centauri 48, 64, 88, 111-115
Altına Hücum, California'da 132
Altına Hücumu 124
Amerikan Astronomi Derneği 220
anaerobik 162, 164, 165
anaerobik metanojenler 193
Anaksimandros 93
Anderson, Eric 291
Andrew Howard 76
Andromeda 42, 217, 269
aneoroblar 149
Anglada 79-84
Anglada-Escudé Guillem 78, 83
Antik Yunan 96, 269
Antroposen çağı 156
Apollo 171, 230, 241, 270
Apollo programı 9, 62, 213
Arecibo 54
Arecibo Gözlemevi 51, 53, 54
Ares V 231
Aristarkhos 95, 97
Aristoteles 94, 98
Arkeen 210, 228
Arkeen Çağ 161, 163, 193
Arthur, Mike 141, 142, 146, 147, 157
Arthur, Janice 141
Asimov, Isaac 173
asteroitin 11, 161, 176, 291
asteroitlerin 29
astrobiyoloji 25, 175, 193, 262
astronomi 12, 45, 61, 130, 216
Astrophysical Journal Letters 82
Atchley, Dana 25
ATD 54
Atlantis 211, 213
ATLAST 225, 231, 261
atom 96
atom bombası 34
atomlar 97
Avrupa Uzay Ajansı 245
Ay 11, 92, 117, 260
Ay görevleri 213, 250
Bahcall, John 281, 283
Bains, William 295

Baum, Frank 20
Beichman, Charles 251
Bernard Yıldızı 64
Berner, Robert 204
bilgisayarlar 56, 57
bilimsel yöntem 93
biyo-imza 191-194, 288, 293, 295, 296
Bryson, Bill 166
Bode, Johann 128
Bode yasası 128, 129
BoingBoing.net 89
Bonfils, Xavier 81, 82, 83
Bradbury, Ray 116
Braun, Wernher von 9, 173, 212
bulut 184, 185, 187, 234
Bush, George W. 223, 251, 253
Bush'un Constellation programı 225
Bush yönetimi 244
Butler, Paul 67, 71, 73, 85, 113
Butler'ın Otomatik Gezegen Bulucu 134
buz çağı 153, 155
buz örtüleri 243, 269
buzullar 153, 155, 164, 199
buzullaşma 155
Büyük Durgunluk 125, 189
Büyük Gözlemevi 218, 225, 238
Büyük Macellan Bulutu 269
Büyük Patlama 106, 109

Caldeira, Ken 207
California 119, 130, 131, 141
California Üniversitesi 133
California Üniversitesi, Berkeley 22, 60
California Üniversitesi, Santa Cruz 125
Calvin, Melvin 25, 30, 37
Cameron, James 291
Campbell, Joseph 295
Campton Gama Işığı Gözlemevi 218
Capella 269
Carnegie Enstitüsü 283
Carpenter, Scott 118
Carter, Jimmy 271
Cash, Webster 249
casus uydular 214, 216, 233, 238
CCD 63, 65
Centauri, Alpha 114
Centauri, Proxima 110
Cerro Tololo Amerikalar Arası Gözlemevi 113
Ceti, Tau 20
Chailot'daki Deli 48
Challenger 12, 215
Chandra 238
Chandra I-Işını Gözlemevi 218
Charbonneau, David 258, 260, 264
Charles, Darwin 228
Clinton, Bill 223, 244
CO_2 153, 155, 158, 162, 163, 179, 184, 193-196, 205, 206, 210
Columbia 215, 223
Compton 238
Constellation 232
Constellation programı 223, 244, 251, 253
Cook, James 102
Cornell Üniversitesi 51, 54
Cosmos 271
Costanza, Robert 90
Crabtree, William 100
Crutzen, Paul 155, 156

Çin 32, 33
çoklu evren 108, 109

Daily Mail 89

demir 162
Demokritos 94, 95, 109, 269
Demory, Brice 293
De Rerum Natura (Şeylerin Doğası Üzerine) 96
De Revolutionibus Orbium Coelestium (Göksel Kürelerin Devinimleri Üzerine) 97
derin zaman 168
Devonyen dönem 148, 151, 153
Diamandis, Peter 291
dinozorlar 41, 158, 167
Discovery 215
DNA 52, 165, 194
doğal gaz 143, 145, 158
doğal seçilim 32
doğal sermaye 90
doğa yasaları 178
dönem Arkeen 162
Dördüncü Çağ 154
Drake, Frank 19-27, 38-42, 44, 46-52, 54-58 119, 271
Drake denklemi 28, 33, 36, 52, 53, 208
Draper Laboratuvarı 289
Dünya benzeri gezegen 40, 43, 86, 88, 283, 296
Dünya boyutundaki gezegenler 68, 283
Dünya boyutundaki veya Dünya kütlesindeki gezegenler 14, 189
Dünya'daki yaşam 40, 176
Dünya'da tek hücreliden çok hücreliye sıçrayış 39
Dünya'da yaşamın çeşitlemesi ve patlaması 161, 165
Dünya'da yaşamın sonu 43
Dünya devleti 120
Dünya-Güneş uzaklığı 99
dünyalar 127
Dünya'nın atmosferi 155, 171, 180, 206, 220
Dünya'nın iklimi 144, 183
Dünya'nın karbon-silikat döngüsü 201
Dünya'nın Sıcaklıklarının Uzun Süreli Kararlılığı İçin Olumsuz Bir Geribesleme Mekanizması 203
Dünya'nın soluk genç Güneş sorunu ve oluşumu 198, 199
Dünya'nın tektonik levhaları 123, 148
Dünya ve su 11, 41, 208
Dünya'ya çarpan asteroit 41
Dyson, Freeman 122
Dyson küresi 122, 123

Eddington, Arthur 47
Edison, Thomas 124
egzoplanetoloji 23, 45
Einstein, Albert 47, 103
ekoloji ve ekonomi 89, 90
ekonomik büyüme 121
Elachi, Charles 240, 241, 251
elektrik 121, 158
Emerson, Ralph Waldo 287
Endeavour 216
endosimbiyoz 165
enerji 121, 122, 158, 159
Engelder, Terry 146
Epikür 96
Epsilon Eridani 20
Eshleman, Von 47
ESO 74, 78, 80
etanol 158
Eugene Stoermer 156
evren 105-107, 280
evrenin evrimi 106

Fanerozoik Çağ 160
Ferguson, Chris 211

finans piyasalar 130
Fischer, Debra 72, 113
Fischer 83
Ford, Eric 281
Ford, Henry 145
fosil yakıtlar 158
fosil yakıtlardan elde edilen enerji 176
fotoliz 179, 193
fotonlar 87, 106, 135, 178, 218, 220, 245, 268, 269
fotosentetik fotosentez 162
fotosentez 40, 45, 151, 164, 165, 176, 193, 200, 206, 207

Gaia hipotezi 201
galaksiler 103, 104, 268
galaktik gezegen sayımı 66
Galilei, Galileo 97, 100, 240, 272, 273
Galliher, Scot 290
Garrels, Robert 204
G.D.U zaman kapsülü 117
Geç Dönem Ağır Bombardıman 11, 161
Gemini teleskobu 227
Gentil, Guillaume Le 101
George Davidson 132
gezegen 10, 11, 42, 127, 270
girişimölçer 242, 243, 262
GJ 667C 80
GJ 667Cc 84, 87
Glenn, John 118
Gliese 581c 186
Gliese 581d 186
Gliese 581g 77, 78, 187
Gliese 876b 73
Goldin, Dan 221
göktaşı 31
Green Bank konferansı 25, 35, 38, 191
Grunsfeld, John 224, 226, 266
Guedes, Javiera 113
Güneş 41, 88, 103
Güneş benzeri yıldız 68, 84, 220, 240, 259, 289, 290
güneş merkezli 97
güneş sistemi 29, 104
güneş tutulması 139
Güney Amerika 32, 33

Hadean Çağ 178
Halley, Edmond 101
Halley kuyrukluyıldız 12
Hays, Paul 201
hidrojen 182, 194
hidrolik kırılma 146
Hiroşima 34
Holmes, Dyer Brainerd 118
Horrocks, Jeremiah 100
Hu, Renyu 293
Huang 29
Huang, Su-Shu 26
Hubble, Edwin 103
Hubble Uzay Teleskobu 215, 257

Icarus 177
Ingersoll, Andrew 181
ISS 213, 215, 225, 231
ışık 87, 134, 135, 178, 216, 217, 229, 233, 242, 245, 268, 269
ikili sistem 29, 110
ilkel çorba 30
ilkel gezegenler 10
insan genom projesi 266
insan nüfusu 155, 157
interferometre 242

James Webb Uzay Teleskobu (JWST) 219

Jensen-Clam, Becky 293
jeolojik zaman dönemleri 168
Johnson, Lyndon B. 119
Journal of Geophysical Research 204
JPL 240, 241, 249, 262
Jüpiter 217, 270
Jüpiter benzeri gezegenler 24, 39
JWST 221, 244

Kambriyen 166, 167, 208
Kambriyen Dönem 160
Kamp, Peter van de 64, 65
Kanada 274, 276, 277
Kaotyen Dönem 161
kara delikler 106, 110, 217, 234
kara enerji 105, 107
kara madde 234
"Karasal Gezegen Arayıcı" (TPF) 221
karbon 143, 152, 153, 162, 163, 201
karbonat-silikat döngüsü 204, 210
Karbondioksit 144
karbon döngüsü 200
Karbonifer 152, 153
Karina Bulutsusu 269
karşı-kütleçekim 118
Kartopu Dünya olayları 164, 199, 204
Kasdin, Jeremy 249
Kasting, Jim 171, 172, 175-191, 193, 196-205, 207, 208, 210
Keck Gözelemevi 72
Kennedy, Başkan 255
Kennedy Uzay Merkezi 211
Kepler, Johannes 98
Kepler, Johannes'in gezegen hareket yasaları 98
Kepler saha yıldızları 54, 87
Kepler uzay teleskobu 24, 65, 126, 128, 189, 229, 255, 261, 298
kıymetli metaller 124, 130
kızıl cüceler 38, 197
kızıl cüce (M-cüce) 259
kızılçam 40, 124, 128
kızıl yataklar 152
Kirschvink, Joseph 164
klorofille 165
kloroflorokarbon 155, 164
Knapp, Mary 293
kolonografik TPF 281
kolonograpila TPF 252
Komşu Gezegen Sistemlerinin Keşfi İçin Bir Yol Haritası 240
Kopernik, Mikolaj 97-99, 228
Kopernikçi 106, 109
Korolev, Sergei 212
koronografik TPF 247
koronograflar 247
kömür 145, 152, 157, 158, 167, 183
Kuchner, Marc 247, 248
Kuiper Belt 91
kutuplanma 135, 136
kuyrukluyıldız 11, 12, 29, 92, 161
Kuzey Amerika 32, 33
Küba füze krizi 35
Kütleçekim lensleri 48

Lasaga, Antonio 204
Laughlin 15, 62, 65, 67, 84, 110, 117, 125, 130, 134, 137, 140
Laughlin'in Dünya için biçtiği değer 87
Laughlin'in dünyanın yörüngesini hareket ettirme fikri 91
Lederberg, Joshua 25, 26, 191, 192
Le Gentil 137
Leinbach, Mike 211

Lick, James 131, 133
Lick Gözlemevi 71, 74, 76, 85, 134
Lilly, John 26, 31
Lovelock, James 192, 194, 199, 201, 203, 206, 207
Ltd 291
Lucretius 96, 97
Lyman Spitzer 238
Lyot, Bernard 246

M13 kümesi 52, 53
Manhattan Projesi 34
Marcellus 146-150, 159, 160, 163, 167, 183
Marcellus Sosyal Yardım ve Araştırma Merkezi 147, 171
Marconi, Guglielmo 60
Marconi Konferans Merkezi 60
Marcy, Geoff 70, 71-76, 83, 84, 134, 220, 261, 263-266
Margulis, Lynn 200
Mars 30, 62, 104, 118, 125, 128, 177, 191, 205, 217, 219, 270
Mars Günlükleri 116
Mayor, Michel 71
McPhee, John 167
mEarth Projesi 259
Merkür 99, 118, 270
metan 162, 192-195, 199, 228
metanojenler 162, 164
MIT 284, 289
mikrop 39
Miletos 93
Miller, George P. 119
Miller, Stanley 30
Miller Temel Bilim Araştırma Enstitüsü 60, 89
mitokondri 165
Morrison, Philip 25, 29, 32, 34, 35
Mosely, T. Michael 291
Mountain, Matt 227, 229, 231-235, 237, 238
Mount John Üniversitesi Gözlemevi 114
MS 2063 118, 119
Mullen, George 198
Murphy, Tom 121, 122

Nagazaki 34
nano-uydu 289, 290
NASA 54, 187, 223, 228, 235, 236, 250-255, 265, 267
Nature 90, 191, 206
Neptün 126
Neptün benzeri gezegenler 68, 127, 283
New Horizons 270
Newton, Isaac 99
New York Times 64, 177
Nexterra Vakfı 290
Nixon, Richard 214
NRAO 20
NSF 113, 188
nükleer silahlar 34, 35

Obama, Barack 224, 263
OGB 85
oksijen 161-165, 192-197, 206, 207, 209, 268
Oliver, Bernard 25
OpTIIX 236, 237, 239
Orion Bulutsusu 115
orkideler 49, 50
Orville 211
Otomatik Gezegen Bulucu (OGB) 74
Ozma Projesi 20, 25, 59
ozon tabakası 155, 164, 182, 201

ökaryotlar 165, 166
ötegezegen 14, 38, 104, 293

Ötegezegenlerin önümüzdeki 40 yılı 255, 258
Ötegezegenlerin Önümüzdeki 40 Yılı [konferansında] 297

Page, Larry 291
paralaks 95, 103
paralel evrenler 108
Pennsylvania 141, 148, 152, 154, 160, 166
Pennsylvania'daki kömür madencilği 145
Pennsylvania Eyalet Üniversitesi 171, 175
Pennsylvania Eyalet Yüksekokulundaki [Pennsylvania Eyalet Üniversitesi] 142
Permiyen Dönem 153
petrol 143, 145, 183, 210
Phobos 118
Pioneer 270
pirit 197
Pisagor 94, 98
planetesimaller 10
Platon 94, 96, 98
Plüton 129, 217, 270
POLISH 135, 136
Pollack, James 181
Pong, Christopther 293
Prekambriyen 161, 162, 176, 269
Proceedings of the Royal Society 101
prokaryotlar 161, 162, 165
Proterozoik 162, 165, 166, 195, 204
protonlar 105
Proxima Centauri 114
psikotarih 174

Queloz, Didier 71

radyo 54, 55, 58
Radyo Astronomi Laboratuvarı 22
redoks tepkimeler 192
Regulus 269
Resources, Planetary 291, 292
Reynolds, Ray 177
Ricketts, Taylor 90-92
roket denklemi 212
Rönesans 33, 97

Sagan, Carl 26, 29, 30, 35, 36, 198, 270-274
Samanyolu 26, 27, 36, 42, 51, 53, 95, 103, 105, 217, 268, 269
Sanayi Devrimi 155
San Diego Hava ve Uzay Müzesi 117
Sandy 172
Sasselov, Dimitar 256, 280
Saturn roketleri 213, 230
Satürn 38, 99, 128
Satürn roketleri 172, 173
Schmidt, Eric 291
Science 122
Sara Seager 255
Seager 256-259, 264-267
sera gazları 144, 158, 199
SETI, Dünya Dışı Zekâ Arama 19, 21, 22, 24, 49
SETI Enstitüsü 22, 56
Sharon 175
sıcaklık-basınç profili 180, 181
sıradanlık ilkesi 100, 104, 109
Simonyi, Charles 291
siyah killi şist 143, 145, 146, 151
siyanobakteriler 162-165, 167, 200, 209
Smith, Matt 293
Sovyetler Birliği 21
Spergel 248, 249

Spitzer, Lyman 215
Spitzer Uzay Teleskobu 218, 238
Sproul Teleskobu 64
SRI International 54
Stahl, Phil 231
Stamenkovic, Vlada 293
Struve, Otto 28, 29, 37, 44, 59, 60
su 177, 194, 196
sülfürik asit 197
süpernova 42, 105
Swarthmore Yüksekokulu 64
Systemic Console 67, 79
şistler 158, 159
şişme kuramı 107

taş kömür 144, 152, 155, 158, 210
tayf 228-230, 282
tayfölçümü 45, 63
tek hücreli yaşam 30
teknolojik ilerleme 210
teknolojik tekilliğin 56
teknolojik uygarlık 21, 46, 123
teknolojik uygarlıkların yaşam süresi 27, 33, 51
teknolojiyle ilerleme 157
Tektonik levhaları 205
Teller, Edward 118
termodinamik eşitsizlik 192, 193
Thales 93, 94, 269
Thébault, Philippe 114
Thoreau, Henry 287
Time 64
Todd, David Peck 133
Toronto Sun 89
TPF 189-191, 210, 223-225, 243, 244, 246, 249, 251, 296
TPF-C 248-250, 254
Transit Ötegezegen Araştırma Uydusunun (TESS) 260
Traub 248, 249, 252-255, 266
Traub, Wesley 247
tropopoz 181, 182
Tsiolkovski, Konstantin 211, 212, 227, 256, 263
Turner 282

Ulusal Bilim Kurumu (NSF) 54
Ulusal Bilimler Akademisi 188
Uranüs 128
Utt, James B. 119
Uzay Çağı 59, 62, 117, 131, 173
uzay çöplüğü 23
Uzay Fırlatma Sistemi 232
Uzay Girişimölçüm Görevi (SIM) 244
Uzay Teleskobu Bilim Enstitüsü 225, 227, 240, 291

Valencia, Diana 293
Venera 62
Venüs 61, 62, 66, 128, 176, 177, 205, 270
Vermont Üniversitesi Gund Ekolojik Ekonomi Enstitüsü 90
Vogt, Steve 67, 71, 72, 74-78, 80-85
Voyager 270-272
Voyager görevleri 47, 270

Walden Gölü 287
Walden (Thoreau) 287
Walker, James 201-204, 206
Wevrick, Mike 276-278, 280, 281, 284-289, 298
Whipple, Fred 118
Whitfield, Michael 206
Whitmire, Dan 177
Wiktorowicz, Sloane 135-139
Wolfe, Tom 9
Wright, Wilbur 211

yabancı bir gezegen 295
yakınsak evrim 32
yaşam 43
Yaşanabilir Bir Gezegen Nasıl Bulunur [How to Find a Habitable Planet] 191
Yengeç Bulutsusu 42
yeniden birleşme 280
Yerel Grup 105
Yılbaşı Ağacı Kümesi 269
yıldız 227, 228
yıldızlar arası seyahat 57, 118
Yıldız Savaşları 294, 295
yunuslar 31
Zachary, Pavl 137
zaman kapsülü 123
zekâ 34, 43

LEE BILLINGS

BEŞ MİLYAR YILLIK YALNIZLIK

Yıldızlar Arasında Yaşam Arayışı

Bilim insanları 1960'larda dünya dışı radyo sinyallerini hırslı bir biçimde ilk kez aramaya başladıklarında, uzay yarışı olanca hızıyla sürmekteydi ve NASA'nın en sağlam projelerine ayrılan devlet fonları da heyecan verici bir biçimde cömertti. Bugün, SETI adıyla bilinen proje, bir zamanlar kayda değer miktarda olan bütçesinin yalnızca bir parçasını elde edebiliyor. Günümüzde ötegezegen tespiti uzay biliminin en sıcak sahası.

"Lee Billings olağanüstü bir iş başarmış... Ortaya çıkan şey ise evrende –şimdilik– yalnız olmanın ne anlama geldiğine dair harika, zengin bir biçimde ayrıntılı bir çalışma."

–CARL ZIMMER, *Virüs Gezegeni* ve *Evrim* kitaplarının yazarı

"Çok zarif... Dili, pratikte genlerimiz kadar eski bir serüvenin ihtişamına uygun olan en iyi birkaç kitaptan biri; ötegezegenler hakkındaysa en iyi kitap!"

–New York Times Book Review

"Roketbilimci olmayan okurların ağzı açık kalacak."

–New York Times "Newly Released" Column

"...Billings, bu daha büyük resme, genellikle alanın devlerinin zengin birer dokuya sahip portreleri yoluyla bakmak için adımlarını geriye doğru atıyor... Bilimsel keşiflere dair olağanüstü bir öykü."

–Scientific American

ALFA
Ticarethane Sokak, No: 15, 34110
Cağaloğlu, Fatih - İstanbul
T. 0212 513 3420 (pbx)
F. 0212 519 3300
www.alfakitap.com

THG
2135554
CLH

BİLİM EVR
ISBN. 978-
9 786056