Yaşam Nasıl Başladı

Evrimin Üç Kökeni



ALEXANDRE MEINESZ

ODTÜ YAYINCILIK©

Yaşam Nasıl Başladı

Evrimin Üç Kökeni

Alexandre Meinesz

ODTÜ YAYINCILIK

HOW LIFE BEGAN
Evolution's Three Geneses
Alexander Meinesz

Bu kitabın Türkçe yayın hakları The University of Chicago Press'ten alınmıştır.
Copyright © 2008 by The University of Chicago

YAŞAM NASIL BAŞLADI
Evrimin Üç Kökeni
ISBN 978-605-4362-19-6

ODTÜ Geliştirme Vakfı
Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayınları
ODTÜ Yayıncılık

© Tüm yayın hakları ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.'nindir. Yayıncının izni olmaksızın, hiçbir biçimde ve hiçbir yolla, bu kitabın içeriğinin bir bölümü ya da tümü yeniden üretilemez ve dağıtılamaz.

Genel Yayın Yönetmeni
Levent GÖNÜL

Çeviren
Engin TARHAN

Editör
Prof. Dr. Şükran CİRİK

Kapak Tasarımı ve Sayfa Düzeni
Emrullah ÖZ

1. Basım Ağustos 2010
Aydoğdu Ofset Matbaacılık ve Amb. San. Tic. Ltd. Şti.

ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.
İnönü Bulvarı, ODTÜ Yerleşkesi 06531 ANKARA
Tlf.: (312) 210 38 70 - 210 38 73
Faks: (312) 210 15 49
E-posta: odtuyayincilik@odtuyayincilik.com.tr
İnternet: www.odtuyayincilik.com.tr

	Teşekkür	*vii*
	Önsöz	*ix*
	Giriş	*1*
BÖLÜM 1	Henri'nin Mağarası	*5*
BÖLÜM 2	Dünya'daki Yaşamın Kökeni Üzerine	*25*
BÖLÜM 3	Baba Bakteri Nedir?	*55*
BÖLÜM 4	Katil Alglerin Vampir Deniz Tavşanı	*73*
BÖLÜM 5	Vermeer ve Van Leeuwenhoek	*106*
BÖLÜM 6	Yoğunlukölçer	*133*
BÖLÜM 7	Lego Oyunu	*156*
BÖLÜM 8	*Candide, Jurassic Park* ve Nuh	*188*
BÖLÜM 9	Evrim İpinin Ucu	*215*
	Son Söz	*247*
	Notlar	*257*
	İndeks	*309*

TEŞEKKÜR

Seattle'da 1998 yılında bir minibüs, diğer katılımcılarla birlikte beni Washington Eyaletinin ormanlarla kaplı tepelerinde düzenlenen bir ekoloji seminerine götürmek üzere bir otelin önünden aldı. Diğerlerinden hiçbirini tanımıyordum ve kendimi, bir Avrupalı olarak bana yabancı gelen bir konu üzerinde tartışan kıdemli iki Amerikalı araştırmacının arasında otururken bulmuştum. Üniversitedeki kariyerleri süresince ziyaret ettikleri ülkelerin, eyaletlerin ve şehirlerin sayısını karşılaştırmaktaydılar. Onları sessiz bir şekilde dinlerken, kendi seyahatlerimin bu büyük gezginlerle karşılaştırıldığı zaman çok zayıf kalan verilerini aklımdan geçirdim. Bu büyük konferans izleyicilerinin, kendileri için ulaşılması zor veya ücra olan belli ülkeler veya şehirler üzerinde yaptığı hararetli tartışma, beni daha da fazla şaşırtmıştı. Bu bilimsel gezginlerden biri, Daniel Simberloff idi. Yaptığım konuşmanın ardından Dan beni görmeye geldi ve araştırmalarımla yayımlarım hakkındaki ilgisini dikkat çekecek kadar iyi bir Fransızca ile ifade etmeye başladı. Bu, uzun ve dostça bir işbirliğinin başlangıcıydı. Daniel, insanlar tarafından taşınan yayılmacı bir alg türünün ne kadar zararlı olduğunu duyurmak için yaptığım mücadeleyi anlatan ilk kitabımı titizlikle tercüme etti. Bu çalışmanın yayıma hazırlanması, işbirliğimizin en üst düzeye çıkmasını sağlamıştır. Bu kitaba son rötuşları yapmak için pek çok kişi çalışmış, uzun hazırlık sürecinde pek çok kişi rol almıştır, fakat bu dostların hepsi, metni tercüme eden Daniel Simberloff'un kararlılığı, heyecanı ve bitip tü-

kenmek bilmeyen yardımları olmadan bu kitabın gün yüzüne çıkamayacağını gayet iyi bilmektedir. Kendisine en derin teşekkürlerimi borçluyum.

Kitabın içinde bulunan çizimlerin aslına sadık ve kılı kırk yaran bir şekilde sunulması konusunda kendisine minnettar olduğum kızım Marjorie Meinesz'in adını da zikretmek isterim. Son olarak, kendilerine ayrıca şükran borçlu olduğum, adlarını bilmediğim mükemmel eleştirmenleri seçen ve onların kavrayışları sayesinde bu çalışmayı sonuca ulaştıran, beni cesaretlendirirken cömertliğini esirgemeyen editörüme, Christie Henry'ye özellikle teşekkür ederim.

"Yaşam nasıl başladı? Milyonlarca tür nasıl ortaya çıktı? Türlerin evrimi nasıl oldu?" gibi sorular insanoğlunu çağlar boyu meşgul etmiş başta Aristo ve Darwin olmak üzere birçok filozof ve bilim adamı bu konular üzerine çok sayıda eserler vermiştir. Konu halen edinilen yeni bulgularla ilgi çekmeye devam etmektedir. Teoriler varsayımlar sonsuza değin var olmazlar. Edinilen yeni bilgilere göre değişirler. O nedenle hayatın hikâyesi daha birçok kez yazılmaya devam edecektir.

Akdeniz ekosistemi üzerindeki ses getiren çalışmalarıyla (1999, Katil Yosun-Killer Algae. Ed. *Chicago Press*) tanınan fransız deniz biyoloğu Prof. Alexandre MEINESZ yukarıdaki sorulara yönelik görüşlerini, öğrencileri ile birlikte paylaşımlarını çok ilgi çekici bir anlatımla, şekillerle ve fotoğraflarla bize aktarıyor. Yazarın yaşamın başlangıcına ve evrimine yönelik çok çarpıcı yanıtları bulunmaktadır. Yaşamın üç kökeninde sırasıyla *bakteriler*, *gerçek çekirdekli* (ökaryot) *hücreler* ve *çok hücreli organizmalar* bulunmaktadır. Yazar evrimi yaşamın biçimlenmesini sağlayan 4 tip rastlantısal olağanüstü olaya bağlamaktadır. Bunlardan üçü **yaratıcı** (*mütasyonlar, eşeyli çoğalma ve genetik çaprazlama, doğal seçilim*) dördüncüsü ise (*jeolojik afetler*) **yok edicidir.**

Moleküler biyoloji ve genetikteki gelişmelere rağmen Prof. MEINESZ, yaşamın oluşumunda bir "*Moleküler Çorbanın*" deneysel ve gözleme bağlı kanıtı olmadığını iddia etmekte ve hatta yakın zamanda herhangi bir şekilde bulunacağından da şüphe duymaktadır. Buna karşın "*Yaşam Tohumlarının*" bir meteor ile

ulaştığı teorisini destekleyen kanıtların bulunduğunu belirtmektedir: Mars'tan gelen bir meteoritteki (**ALH84001**) siyonobakteri örneğinde olduğu gibi Prof. MEINESZ, geniş ve çok sayıdaki bilimsel verilerden faydalanarak "*Yaşamın Büyüklüğünün ve Görkeminin*" birden çok yöne uzanan sonsuz bir evrimden kaynaklandığını belirtmektedir. Yazar evrim lokomotifini, kitabın bir bölümü içerisinde, tropikal vampir deniz tavşanı ve katil yosun (*Caulerpa, taxifolia*) arasındaki çizimlerle açıklanan ilişki gibi bir "endosimbiyoz" sistem içerisinde bulmaktadır.

Prof. MEINESZ evrimde ve yaşamın organizasyonunda birleşmelerin rolünü vurguluyor. Gezegenimizde ilk bakterilerin ortaya çıkmasına yol açan neden başta RNA ve DNA zincirleri olmak üzere, organik moleküllerin ilişkilenmesi ve birleşmesiydi. Bitki ve hayvan soylarını ortaya çıkartan neden ise bakterilerin diğer bakterileri içine almasıyla bu canlıların hücrelerini tanımlayan kloroplastların ve mitokondrilerin oluşmasıydı. Ve son olarak çıplak gözle görülebilen çok hücreli organizmaların oluşmasına olanak sağlayan neden aynı türe ait hücrelerin birleşmesiydi.

Yazar cezbedici anlatımıyla yaşamın ihtişamının, sosyalleşme ve dayanışmaya doğru evrimsel bir eğilim ile sağlandığını vurgulamaktadır. Zira birlik yaşam gücünü doğurmuştur ve bu sayede yaşam gelişmiştir. Yazar bağlılığımız, uyumumuz ve işbirliğimiz sayesinde gelecek yıllarda ortaya çıkacak çevresel sorunları çözümlemeyebileceğimize inanmaktadır. Evrim biliminden köken alan fakat diğer disiplinler ve sanat dallarından çizimlerle canlandırılan "**Yaşam Nasıl Başladı**" kitabında, Antoni Van Leeuwenhoek'un Vermeer Portresi, Yaratılış ve Nuh Tufanı Hikâyesi, Prof. MEINESZ'in diğer bilim insanları ile karşılaşmaları ile bakteri ve çok hücrelilerin yaşamı etkileyici bir şekilde tılsımlı bir anlatımla birleştirilmiş.

Yazar, tıpkı Vermeer'in tablosundaki Antoni Van Leeuwenhoek gibi pek çok tipte bilgiyi anlamaya çalışmaktan zevk duyduğunu belirtmektedir. Bilimin klasik görüntüsü her ne kadar Einstein'in dilini çıkarmış muzip görüntüsü ile özdeşleşmiş ise de yazarın kalbinde Antoni Van Leewenhoek'un soylu yüzlü ve gururlu duruşu yer almaktadır.

Bu deneme temel biyoloji bilgisine sahip geniş bir okuyucu kitlesi hedeflenerek yazılmıştır. Kapsadığı bilgi alanları arasında ayrıca paleontoloji, ekoloji olduğu gibi felsefe ve teoloji de bulunmaktadır.

Prof. Dr. Şükran CİRİK
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi

Tablo küçük ve koyu renkli olmakla birlikte, çok tanınmıştır. Johannes Vermeer'in bilinen 30 civarındaki eserinden biridir. Konusu pek alışılmış değildir: Gök kubbeyi temsil eden bir küre üzerinde düşünmekte olan bir astronom. Astronomun on yedinci yüzyılda Hollanda'nın Delft kentinde yaşamış bir bilim insanı olan Antoni van Leeuwenhoek olduğu hemen hemen kesindir. Değişik zamanlarda kumaş ticareti, şarap müfettişliği, mülk yöneticiliği yapmış, icra memuru, topograf ve astronomdur. Fakat asıl ününü mükemmel ve küçük bir mikroskop geliştirmesi ve kullanması nedeniyle elde etmiştir. Çıplak gözle görülemeyen organizmaları, mikroskobik hayatı gören ilk kişidir. Tarihte ilk kez bir insan, suda kaynayan mikroorganizmaları, sperma içindeki sperm hücrelerini, kandaki alyuvarları görmüştür. Hayat, bir anda yepyeni bir boyut kazanmıştır.

O günden sonra, yaşama ve onun kökenlerine ilişkin gizemlerin pek çoğu, kuramsallığı giderek artan boyutlarla açıklanmış bulunmaktadır. Yapılan keşiflerin sağladığı birikim, baş döndürücü düzeydedir. Her uzman, kendi uzmanlığındaki bilgi kuyusunun daha derinlerine dalmakta, fakat kuyunun dibini asla görmemektedir. Bu süreç içerisinde, kendi uzmanlığının üstünde ve çevresinde bulunanların çoğunu unutmaktadır. Yaşam bilimlerinin çeşitli disiplinlerinde yapılan çok sayıdaki keşfin popüler basın tarafından bize düzensiz, kesintili bir şekilde aktarılmasının nedeni budur. Fakat bu bilgi parçaları ile bunların görece önemi arasındaki bağlantı, zihnimizde netliğini kaybetmiştir.

Bu tabloyu net bir şekilde görmek için çaba harcadım ve Vermeer'in resmi bana çok yardımcı oldu.

Eğer Paris'te Louvre Müzesi'ni ziyaret ederseniz, gidin ve Antoni van Leeuwenhoek'in bir küre üzerindeki gökküre betimlemesine bakan soylu yüzünü hayranlıkla izleyin. Bir eliyle bu dünyanın fiziksel maddelerini temsil eden bir masayı sıkıca kavramıştır. Diğer eli, kainatımıza ait bilimsel verilerin sentezini simgeleyen yıldızlı bir kürenin üstünde gezinmektedir. Arka planda, duvarda bir tablo görülmektedir. Uzmanlar, resmin konusunu tesbit etmiştir: Musa'nın, firavunun kızı tarafından Nil sularından kurtarılışı.

Her şey yerli yerindedir: İnsan ile varoluşun somut yönleri arasında mevcut sımsıkı bağlantı, o sıralarda son derece önde gelen dinsel ve ruhsal olgular ve büyük bir hızla biriken kayda değer bilimsel bilgi.

Van Leeuwenhoek bu resmi sipariş ettiği ve oturup poz verdiği sırada ne bekliyordu? Ve Vermeer, neyi anlatmak istiyordu? Katolik mezhebinden olan Vermeer, tablolarının bazılarında inancını göstermektedir. Bu nedenle, evreni simgeleyen kürenin kendi açısından mecazi bir anlam taşıyor olması mümkündür. Modeli, yani astronom, semavi sınırsızlığa ulaşmayı istiyor, fakat tereddüt ediyormuş gibi görünmektedir. Sanki gök kubbenin bir yerlerinde bulunan manevi kılavuz üzerinde derin düşüncelere dalmış gibi bir izlenim vermektedir.

Van Leeuwenhoek, pragmatist Protestan kimliği ile kendi yüzyılında bilgiye açılan bütün yolları şevkle bağrına basmıştı. Topografya dalında bir diploma sahibiydi ve gök kubbeye dağılmış yıldızlara bakarken evrenin sonsuzluğu üzerinde düşüncelere dalardı. Bu nedenle Vermeer, onu bir astronom olarak betimlemiştir. Van Leeuwenhoek, Hollanda Doğu Hindistan Şirketi gemilerinin rotalarını – bilinmeyen ülkelere giden ve egzotik baharatlara erişilmesini sağlayan rotalara - çizenlerin yakınında oturmaktaydı. Vermeer, onu haritalarda gösterilen kıtaların ve okyanusların önünde ölçme araçları ile sarılmış vaziyette gösteren ikinci bir resim daha yapmıştır: *Coğrafyacı*, günümüzde Almanya'nın Frankfurt kentindeki Städel Müzesi'nde sergilenmektedir. Van Leeuwenhoek, Vermeer'e poz verdiği sıralarda mikroskobunu henüz geliştirmemişti. Fakat optik mercekleri kullanmadaki yeteneği göz önüne alınacak olursa, sonsuz küçüklükleri keşfetmeyi muhtemelen daha o sıralarda düşünmekteydi. Bir başka Hollandalı ressam, onu ellerinde bir mikroskop ve arka planda bir Dünya küresi görünür şekilde ölümsüzleştirdi.

Antoni van Leeuwenhoek, böylesine bir keşifler bolluğu ve araştırılacak bilgi zenginliği karşısında elbette Yunan filozoflarının sorusu üzerinde düşünmeye başladı: İnsan nereden geldi? Yaşam nereden başladı? Yaşam nedir?

Günümüzde bir başka soru öncelik kazanmıştır: Yaşamı nereye doğru götürüyoruz?

Bu yüzden, yarının bilinmeyenleri ile uğraşmaya başlamadan önce, yaşam tarihi ile ilgili olarak, dini inançlar ve hurafelerin etkisi nedeniyle saptırılmaktan veya önyargılı olarak yapılmaktan daha çok yeni kurtulmuş, günümüzün güçlü varsayımlarını daha iyi bir şekilde bütünleştirmemiz ve ilişkilendirmemiz gerekmektedir. Uzak geçmişimizin gerçekleri üzerine yapılacak bu araştırma, yakın geçmişte sağlanan bilimsel ilerlemelerin etrafını saran, düşüncesizce yapılmış pek çok önerinin esrarını gün yüzüne çıkartmak için de yararlı olacaktır.

Bu deneme, temel biyoloji bilgisine sahip geniş bir okuyucu kitlesi hedeflenerek yazılmıştır. Yaşamın ayrıntılı şekilde incelenmesine ilişkin önemli aşamaların kökenini anlatmaktadır. Kapsadığı bilgi alanları arasında biyoloji, paleontoloji ve ekoloji olduğu gibi, felsefe ve teoloji de bulunmaktadır.

Çoğu oldukça yakın bir geçmişte (son on beş yıl içinde) toplanmış çok sayıda bilimsel veri sentezlenmektedir. Bu sentezi bir araştırmacı, öğretmen ve çevre yöneticisi olarak profesyonel yaşamım boyunca edindiğim kişisel deneyimlere ve karşılaştığım olaylara göre dokuz bölümde sunmayı tercih ettim. Vermeer'in mikrobiyal yaşamı keşfeden Antoni van Leeuwenhoek'i betimleyen resimlerine duyduğum hayranlığa ilişkin anekdot, genellikle anlatılması zor olan bir konunun daha az akademik bir şekilde sunulmasına olanak sağlayan süslerden biridir.

Bu kitabın temel amacı, hepsi de "Birlikten kuvvet doğar" özdeyişi ile ifade edilen önemli bir evrimsel eğilim tarafından yönlendirilen üç kökeni ya da üç yaratılışı açıklığa kavuşturmaktır. Burada yaşamın kurgulanışını yönlendiren dört tip olasılığı vurgulamaya çalıştım.

İnsanın ve bilincinin ortaya çıkışını hatırlattıktan sonra (bölüm 1), ilk bakterilerin (bölüm 2), ilk hayvan ve bitki hücrelerinin (bölüm 4) ve çok hücreli organizmaların (bölüm 7) kökenlerini anlatacağım. Çalışma, bakteriler (bölüm 3) ile tek hücreli hayvan ve bitkilerin (bölüm 6) biyosferde ve günümüzün biyolojik çeşitliliği içinde üstünlük kazanmalarına vurgu yapmaktadır. Böylece, evrimin bireysel hücrelerin içinde meydana geldiği bu soyların egemen konumlarının anlaşılması sağlanmaktadır. Son olarak, evrimi yaşamın biçimlenmesini sağlayan dört tip rastlantısal olaya (gelişigüzel oluşumlara veya beklenmeyen durumlara) ayıracağım. Bunların üçü, yaratıcı (bölüm 5 içinde incelenen genetik mutasyonlar, eşeyli çoğalmada ortaya çıkan genetik çapraz gen oluşumu ve doğal ayıklanma); dördüncüsü ise yok edicidir (bölüm 8 içinde incelenen büyük jeolojik afetler)

Sondan bir önceki bölüm (9), evrimin meydana geldiği muazzam zaman ölçeğinin algılanmasının ve bunun bir nesil süresince gözlemlenen doğal değişik-

liklerin döngüsel zaman ölçeği ile ilişkilendirilmesinin ne kadar zor olduğunu vurgulamaktadır. Kapanış bölümü (bölüm 10), *yaşamın ihtişamını* yorumlamak için kullanılabilecek pek çok yolu göstermektedir. Bir yapılandırma ilkesinin yaşamın bu üç kökeninden her birinin ortaya çıkmasında oynadığı önemli role dikkat çekeceğim: Birlik (tevhit) ilkesi. İlk bakterilerin ortaya çıkmasına yol açan şey, başta RNA ve DNA zincirleri olmak üzere, organik moleküllerin ilişkilenmesi ve birleşmesiydi. Soysal hayvan ve bitki soylarını ortaya çıkartan şey, bakterilerin birbirine eklenmesi ve birbiri ile birleşmesiydi. Ve son olarak, çıplak gözle görülebilen çok hücreli organizmaların büyümesine olanak sağlayan şey, aynı türe ait hücrelerin birleşmesiydi. Bu nedenle, yaşamın ihtişamı, evrimin sosyallik ve beraberliğe dayalı önemli bir eğiliminden ortaya çıkmaktadır. Birlik, yaşam gücünü doğurmuştur; birlik sayesinde yaşam gelişmiştir. Benzer şekilde, büyüklüğümüzün temelinde yatan şey, uygarlıklardaki insanların birlik olması ve bilgilerini birleştirmeleridir. Sadece bağlılık ve dayanışma, önümüzdeki onlarca, yüzlerce yıl boyunca karşımıza çıkacak olan çevre sorunlarını çözmemize olanak sağlayacaktır. Giriş bölümü, kamusal sorumluluklarımızda Dünya üzerindeki yaşamın kaderi üzerinde daha büyük bir sorumluluk alması için insanlığa yardımcı olacak, çevre ve yaşam ile ilgili her şey üzerinde daha iyi bir eğitim gerektirecek büyük bir sıçrama yapmamızın gerekliliğini önemle ortaya koymaktadır.

Bir çevrebilimci ve doğal deniz yaşamı ve Dünyada koloni kuran ilk organizmalar (algler) konusunda çalışan bir uzman olarak, bu kitapta anlatılan temel konular üzerinde mikrobiyologların, genetikçilerin veya paleontologların görüşlerinden farklı görüşler sunmaktayım.

Van Leeuwenhoek gibi, ben de pek çok tipte bilgiyi anlamaya çalışmaktan zevk duyarım. Bunları bu kitapta paylaşırken, meslekten olmayan okurların yaşamın muhteşem tarihini anlamasına yardımcı olmak için mesleki olmayan bir dil kullanmaya çabaladım. Merak edenler, sentezime ilişkin açıklamaları, ayrıntıları ve kaynakları notlar ve kaynaklar bölümünde bulabilirler.

Bilimin klasik görüntüsü her ne kadar Einstein'in dilini çıkarmış muzip bir görüntüsü ile özdeşleşmişse de, benim kalbimde Antoni van Leeuwenhoek'in soylu yüzü ve gururlu duruşu yer almaktadır. Dikkate değer gerçeklerle başının zonkladığına ve aklının karmakarışık olduğuna hiç şüphem yoktur. Sizi, onu izlemeye davet ediyorum: Günlük yaşamınızı gerçekleri ile temasınızı koruyun, fakat ister dindar olun ister ateist, yaşamın başlangıçlarına ilişkin en yeni harika keşifleri keşfedin. Düşüncelerinizi ve rüyalarınızı dolduracaklardır.

Henri'nin Mağarası

Kökenimiz Üzerine

Arkadaşım Henri, bir sigortacı ve bir yatırım danışmanıydı; uzun yıllar boyunca insanların paralarını yönetmişti. Kendisine Fransa'da doğup büyüdüğü Ardèche bölgesinde, ekilip biçilmeyen, çorak bir arazi miras kalmıştı. 1995 yılı Ocak ayında bir akşam, bir Lions Kulüp toplantısı sırasında bize mülklerinden birinin altında duvarları tarih öncesi çağlara ait düzinelerce resimle kaplı muazzam bir mağaranın keşfedildiğini büyük bir heyecanla anlatmıştı. Birkaç gün sonra bu haber basında yayımlandı. Üç heyecanlı mağara bilimci, şimdi içlerinden birinin adını taşıyan harika bir keşif yapmıştı: Chauvet Mağarası. Mağaranın freskleri yavaş yavaş ortaya çıktı ve coşkusu giderek artan Henri, sürekli olarak "Gördünüz mü? Benim arazimin altında; bana ait bir mağara!" diye konuşmaya başladı.

Henri, Paleolitik sanat uzmanları ile birlikte "kendi" mağarasını ziyaret etme ayrıcalığına sahipti. Şaşkına dönmüştü. Bize fotoğraflar gösterdi ve şaşılacak kadar gerçekçi ve ayrıntılı olan freskleri tarif etti. Yetenekli tarih öncesi sanatçılar – Kro-Magnonlar – duvar resimleri, birbirine girmiş aslanlar, gergedanlar, ayılar, mamutlar, atlar ve bizonlar betimleme sanatında uzmanlaşmışlardı.[1] Dahası, topraktan dışarı çıkmış bir kayanın arkasında, ilk fantezi dahi mütevazı bir şekilde betimlenmiştir: İki bacak ve kadın cinsel organı.

Diğer pek çok mağarada da olduğu gibi, sanatçılar çok sayıda pozitif ve negatif el izi bırakarak çalışmalarına "imza" atmışlardır. Kömür, mağarayı aydınlatmak için kullanılan meşalelerin kalıntıları ve pigmentler, yaklaşık 32.000 yıl öncesine tarihlenmektedir. Bunlar, dünyanın hâlihazırda bilinen en eski resimleridir.

Henri, uzak geçmişimizin bu döneminde yaşamış insanlara ait pek çok kitap okudu. Arazisinin çok eski tarihi hakkında her şeyi bilmek istiyordu. Kulüpte bize Ardèche'in ilk sakinlerinin olası yaşam şekillerini anlatıyordu. O bize hikâyelerini anlatırken, biz de ona bir vahiy geldiğini görmekteydik. Bu keşif sayesindedir ki Henri, kökenimizin tarihine giden patikalarda heyecanla dolu bir şekilde yol almıştır. Duvar resimleri hakkında bu kadar çok şey öğrendiği zaman, parçası olduğu dikkate değer bir keşif sayesinde bir dönüşüme uğramıştı. Henri, bu konuda başka herkese kıyasla daha fazla kendine güvenerek konuşabilir; bu, onun mağarasıdır ve o, tarih öncesi freskleri kendi gözleriyle seyretme olanağı bulmuştur. Yeni uzmanlık alanının ona kazandırdığı saygınlık ile, ilk elden kazandığı deneyim hakkında konuşmaktan zevk almaktadır.

Buna ek olarak, ticari konulardaki deneyimi, onu doğal olarak bu beklenmeyen hazineden ne şekilde yararlanabileceğini düşünmeye yönlendirdi. Bu nedenle, Fransa hükümeti mağarasını ondan almaya - arazinin ve uzak atalarının eserlerinin miras olarak kendisine geçişini iptal etmeye, rüyalarının bir bölümünü çalmaya - karar verdiği zaman, kan beynine çıktı. Mülkü devlet tarafından komik bir bedel karşılığında istimlak edilen Henri, çıkarlarını mahkemede savunmak zorunda kalmıştı. Toprağına ve dolayısıyla mağarasına metrekare başına beş sentten daha düşük bir değer biçilmişti.[2]

Ardèche'in mağrur sakini, uzun zamandır toprak sahibi olan bir yerel ailenin en genç üyesi olan Henri, on birinci yüzyıla ait etkileyici bir kuleye sahip bir şatonun sahibi, mülküne doğru şekilde değer biçilmesini sağlamak üzere bütün enerjisini toplamak zorunda kalmıştı. Kendisine Ardèche'in dağlık bölgelerinde yaşayan bir köylüymüş gibi davranıldığını, babadan kalan mirasına karşılık sanki alay edermişçesine çok düşük bir bedel ödendiğini düşünüyordu. Bitmek tükenmek bilmeden küfrettiği o hödüklere (Paris'teki birkaç yüksek rütbeli bürokrata) açtığı hukuk savaşını anlatmak için kullandığı kelimeler, hiç de tatlı sayılmazdı.

Kaya resimlerine gelince, bunların anlamı üzerinde hiç durmaksızın sorular ortaya çıkmaktaydı. Etrafta varsayımdan geçilmiyordu. Bunlardan günümüzde en yaygın kabul görmekte olanı, o çağlarda seçilmiş ve saygıdeğer kabul edilmiş erkeklerden (veya kadınlardan?) oluşan bir sosyal sınıf tarafından sürdürülen es-

ki ayinlerden bahsetmektedir. Bunlar, aynı zamanda en eski çağların bilim insanları, sanatçıları, keşişleri, büyücüleri ve rahipleriydiler. Bu, insanın hayalini harekete geçiren, ilgi çekici bir konudur. "Paleolitik ayinler konusunda uzmanlar" kardeşliğine yükselmiş olan Henri, varsayımlarını sık sık açıklar. Bu bir ayin haline dönüşmüştür; "Merhaba Henri" dedikten sonra daima ekleriz, "Mağaran ne durunda, yeni bir haber var mı?"

Ruhani Kaynaklara Göre Yaşamın Başlangıcı

Dünyada yaşamın nasıl ortaya çıktığı ve ne şekilde evrime uğradığı hakkında hepimizin kendimize ait birtakım fikirleri vardır. Üniversitelerde öğretilen ve popüler medya tarafından sık sık gündeme getirilen bu konu, ilgi çeken bir konudur. Tartışılmaz gerçekler ileri sürülerek sonuca ulaştırılmaktan uzakta kalmaktadır ve sürekli olarak gelişme gösterir. Bu konuyla ilgili bilgiler, son birkaç on yıl içinde önemli ölçüde artmış bulunmaktadır.

Hıristiyanlar ve Museviler için referans, hem İncil'in ve hem de Tevrat'ın Yaratılış (Yunanca "genesis"* kelimesinden) adını taşıyan ilk kitabında bulunan bir metinde bulunur. Müslümanlar için ise, evrenin birkaç gün içerisinde yaratılışı, Kuran'ın çeşitli surelerinde benzer şekilde anlatılmaktadır. Yaşamın yaratılışına ilişkin çeşitli aşamalara dair yapılan bu dinsel açıklamalar, aşağıdaki şekilde toparlanabilir. Tanrı önce gökleri, dünyayı ve bunları karanlık bir karmaşadan ayıran ışığı yarattı. İkinci gün göklerin sularını (yağmur) dünyanın sularından (okyanuslar) ayırdı. Üçüncü gün Tanrı bitkileri, dördüncü gün ise Güneş'i, Ay'ı ve yıldızları yarattı. Beşinci gün kuşları ve deniz hayvanlarını, altıncı gün kara hayvanlarını, erkekleri ve kadınları yarattı.[3] Dünya üzerinde yaşamın böylesine baş döndürücü bir şekilde yaratılışı, M.Ö. 3671 (Musevi takvimine göre) ile M.Ö. 4004 yılının 23 Ekim günü öğle saatleri (Bir Anglikan başpiskoposu tarafından on yedinci yüzyılda yapılan ayrıntılı tarih ve İncil araştırmasına göre) arasında meydana gelmiştir.[4]

Asya mitleri ile Taoist ve Konfüçyusçu dinler, doğaya çok derin bir bağlantı olduğunu öne sürerler; bu öğretileri izleyenler için doğa, kutsaldır. Doğanın yaratılışı yin ve yang'ın (birbirine zıt, birbirini tamamlayan iki güç) oluşturduğu kaos tarafından yaratılan dev, P'an K'u kaynaklıdır. Bu hikâyenin pek çok türü mevcut olmakla birlikte, bunların hepsi, dünyanın ve yaşamın ana unsurlarının

* Doğuş, yaratılış, başlangıç. Ç. N.

yaratılışına ilişkin aşamalar üzerinde genellikle uzlaşmaktadırlar. Hepsi, P'an K'u'nun Dünya'ya daha dostane bir görünüm kazandırmak için yaşamı boyunca uğraştığını söyler. 18.000 yıl boyunca içinde büyüdüğü bir yumurtada önce gökleri yeryüzünden ayırmış, sonra dağları yaratmış ve nehir yataklarını kazmıştır. Fakat dev, yaptığı işlerden yorgun düşerek bir gün yıkılmış ve ölmüştür. Kalıntılarından beş kutsal dağ ortaya çıkmıştır. Son nefesi rüzgâr ve bulutları, son feryadı gök gürültüsünü meydana getirmiştir. Vücudu toprak olmuş, kanı nehirlere dönüşmüş, kemikleri de kayaları oluşturmuştur. Bu devin teri öylesine yoğun bir yağmura dönüşmüştür ki, birikerek denizleri ve okyanusları meydana getirmiştir. Saçları kök salarak bitkileri üretmiş, iç organları başkalaşıma uğrayarak yılanlara ve dört ayaklılara dönüşmüştür. Son olarak, vücuduna yerleşmiş olan parazitler, insan türlerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Şinto inancına göre tanrı önce ilk erkeği (Izanagi) ve ilk kadını (Izanami) yaratmıştır. Daha sonra onlar da, denizlerden ve bir adadan (Japonya'nın ana adası) başlayarak, bildiğimiz dünyayı yaratmışlardır. Daha sonra Japonya'nın diğer adalarını ve çeşitli tanrıları - çevre unsurlarının her biri (dağlar, nehirler, ateş, v.b.) için birer tane - ve bazı olayların ardından güneş, gece ve deniz tanrılarını yaratmışlardır. Şinto inancına göre her doğal unsurun içinde bir tanrı oturmaktadır.

Yaşamın Başlangıcının Bilimsel Tarihi

Yaşamın yaratılışına dair bu mistik hikâyelerin evrim, kalıtım ve ekoloji yasalarının keşfedilmesi ve paleontoloji sayesinde son iki yüzyıl boyunca ayrıntıları belirlenmekte olan bilimsel bir karşılığı vardır. Hikâyenin bu sürümü, aşağıdaki şekilde özetlenebilir. Dünyada yaşam, 3,8 ila 3,5 milyar yıl önce ortaya çıkmıştır ve bilinen ilk yaşam şekillerinin fosilleri, bakterilerden meydana gelmektedir. Hayvanların ve bitkilerin ataları olan tek hücreli organizmalar, yaklaşık 2,7 milyar yıl önce görülmüştür. Son olarak, pek çok hücreden meydana gelen hayvanlar ve bitkiler, sadece 570 milyon yıl önce yayılmaya başlamıştır. Dolayısıyla, yaşamın bu başlangıcı, birkaç aşamadan, birkaç yaratılıştan meydana gelmiştir. Günümüzde bilinen şekliyle yaşam, birbiri ardına gelen ve bazı türlerin hayatta kalarak daha sonra çoğalmasını, yayılmasını ve çeşitlenmesini sağlayan büyük afetlerle (büyük meteor çarpmaları, yoğun yanardağ hareketi seansları, aşırı buzullaşma dönemleri) kesintiye uğrayan yavaş evrim yollarından geçerek gelişmiştir. Karmaşık yapılara sahip türler (*Homo sapiens* dahil), daha basit canlılardan bu şekilde türemiştir.

Yakın Geçmişteki Atalarımız

Büyük ölçüde sadeleştirilmiş bu dinsel ve bilimsel beyanlara ek olarak, evrimimize dayanak sağlayan ve bizi yaşamın en derindeki köklerine bağlayan pek çok fikir de mevcuttur. Atalarımızın bıraktığı izler, duyguları harekete geçirmektedir. Bunlar, bizi üzerinden çok da uzun bir süre geçmemiş olan yaşamımızı düşünmeye sevk etmektedir. Merakımız kamçılandığı için, insan soyu boyunca bize öncüllük etmiş olanlar hakkında daha fazla bilgi edinmek isteriz - bu gerçekler arasında kanımız, özelliklerimiz, genetik kimliğimiz bulunur. Mormonlar, ideolojik nedenlerle atalarımız hakkında olabildiği kadar fazla sayıda resmi belge bulmak için önemli çabalar harcamaktadırlar. Ellerindeki birbirine girmiş pek çok soya ilişkin dosyalar, Orta Çağ'a kadar uzanmaktadır.

Ayrıca, tarih öncesi çağlara ait uygarlıkların pek çok eserinden onların gelenek ve göreneklerini tekrar canlandırarak hayranlık içinde incelemekteyiz.

Kro-Magnon insanı, Neandertal insanı ve atamız olan maymunların izlerine daha seyrek rastlandığından, çeşitli dallanma noktaları daha az belirgindir. Ortaya sorular çıkmaktadır: İnsanlığın gerçek beşiği neresidir? Büyük ölçüde gelişmiş bir maymun, hangi dönemde bir tarih öncesi insana dönüştü? Bir insansı maymun ile bir tarih öncesi insan arasındaki fark, nedir? Uzak atalarımızın kalıntıları, sayıları giderek artan keşif heyetleri tarafından aranmaktadır. Artık pek çok paleontolog, onların yaşam alanlarını dikkatle araştırmakta ve kalıntılarını ortaya çıkartmaktadır. Ne kadar çok kalıntı bulurlarsa - araştırma yapılan yerlerin sayısı muazzamdır - atalarımız olan ve Dünya üzerinde hep birlikte veya birbirinin ardından yaşamış olan büyük maymunların, maymun-adamların veya ilk insanların meydana getirdiği dallanmanın yoğunluğu içerisinde o kadar kaybolmuş gibi görünmektedirler.

Harvard Üniversitesi'nde biyolog, jeolog ve paleontolog olan Stephen J Gould (1941-2002), eğlendirici çizimlerle dolu bir kitapta evrimimizi özetleyen iki klasik görüntüyü - şempanzenin değişim geçirerek insana dönüşmesi ve türümüzün soy ağacını ifade eden, en üstte ve en güçlü olan ana dalını insanoğlunun temsil ettiği bir meşe ağacı - tartışmaya açmıştır.[5]

Şempanzenin aşamalı olarak ayağa kalktığı, tüylerini döktüğü ve insana daha fazla benzeyen özellikler kazandığı hayal ürünü çizgi roman, gerçeği yansıtmamaktadır. Biz şempanzelerden gelmiyoruz; bunun yerine, şempanzeler ve insanlar, tek bir ortak tabana, bir maymun türüne bağlı iki farklı soydan türemişlerdir.

Her yöne uzanan düzensiz dalları ile yoğun bir çalı resmi, birlikte veya birbiri ardından atalarımız olmuş maymunları ve insansıların dağınık soylarını be-

timlemede simetrik, muazzam bir meşe ağacı çizimine kıyasla daha gerçekçidir. Gerçek soy ağacımızda nesli tükenmiş maymunlara ve ön-insanlara karşılık gelen pek çok kuru veya kırık dal bulunur. Her türün nüfus yoğunluğunu dalların kalınlığı ile göstermek istediğimiz takdirde, ortaya normal bitki gelişimi ile uyumlu olmayan bir çalı çıkacaktır, çünkü ağacın üzerinde hem (başlangıçta egemen olan bazı türlerin hayatta kalan ender temsilcilerine karşılık) birdenbire incelen kalın kollar, hem de (bizler gibi, günümüzde egemen olan türlere karşılık) yukarı çıktıkça kalın kütüklere dönüşen incecik dallar bulunacaktır. Soyların en son üyeleri, hepsi de aynı yüksekliğe erişen bu dalların uç kısımlarında yer alacaktır; bizler de, şempanzeler dahil, günümüzdeki diğer maymunlarla birlikte onların arasında bulunmaktayız.

Maymunların kökenine akıl erdirmek biraz daha zordur. Bununla birlikte, ilk maymunların küçük memelilerden türediği saptanmıştır. Bilinen ilk plasentalı memelinin iskeleti, 125 milyon yıl öncesine tarihlenmiş, kemirgene benzeyen bir hayvana aittir.[6] Benzer şekilde, biyologlar mütevazı, antik, tek hücreli hayvanlardan insanlara doğru meydana gelen dönüşümü izlememize olanak sağlayan yaşam aşamalarının şifresini çözmüş bulunmaktadırlar.

Yaşamdaki bu başkalaşım aşamalarının tümü arasında kendisinden en fazla söz edilen aşama, geçmişteki maymunun insana dönüşümüdür. Önde gelen uzmanlar, eski çağlardaki atalarımızı televizyonda düzenli aralıklarla gerçekçi ve heyecanlı bir şekilde anlatmaktadır. Tanımlanmış yaklaşık yirmi soy[7] arasında dört tanesinden sıklıkla bahsedilir:

- *Homo sapiens* - "bilen insan" - doğrudan atamızdır. Eski çağlardaki temsilcileri arasında Kro-Magnon insanı (Cro-Magnon, modern insana ait ilk kalıntıların bulunduğu, Fransa'nın Dordogne bölgesinde Les-Eyzies-de-Tayac adlı bir köyün yakınlarındaki bir mezarın adıdır).
- *Homo neanderthalensis* - "Neanderthal insanı" - on binlerce yıl boyunca Kro-Magnon insanla birlikte var olmuş başka bir kabiledir. İlk kalıntılar, Almanya'da Düsseldorf yakınlarında Ruhr Nehri'nin havzasında, Neander Vadisi'nde bulunmuştur.
- *Homo erectus* - Bariz şekilde ayağa kalkmış, dik duran insan. İki ayağı üzerinde dik olarak yürüdüğü için, elleri başka işlevler kazanmıştır. Bir avcıdır ve ilk gerçek gezgindir, insanlığın beşiği olduğu varsayılan Afrika'nın dışına çıkmıştır.
- *Homo habilis* - en eski "becerikli insan" - 2,6 ila 2,5 milyon yıl önce, taştan araçlar yapmış olan ilk insandır. Bunlar, ormandan çıkarak ovalara ve bataklıklara yayılan ilk soydur.

İnsansılar arasında daha gerilere bakacak olursak, soy ağacımız daha karmaşık bir hale gelir, çünkü fosilleşmiş iskeletinin büyük bir kısmı bulunan ve kaşifleri[8] tarafından 1974 yılında bütün insanların atası olarak sunulan, medyanın büyük ilgi gösterdiği "Lucy"nin çok iyi bir şekilde temsil ettiği *Australopithecus* (güneyden gelen [*austral*] maymunlar [*pithecus*] anlamına gelir) ile karşılaşırız. O zamandan bu yana daha eski insansılara ait başka kalıntılar bulunmuştur ve her keşif, doğduğumuz günün şafağını biraz daha gerilere itmiştir.

Henri "kendi" mağarasının artistlerini düşünerek heyecanlanadursun, Afrika'da birkaç keşifte bulunulmuştu. Ortaya çıkartılan fosilleşmiş insansı kalıntılarının sayısı arttıkça çok eski zamanlara ait daha fazla izler buluyorduk ve kökenimizin tarihi giderek geriye itiliyordu. En eski kalıntılar, akrabalarımızın "doğumunun" altı ila yedi milyon yıl önce olduğunu anlamamıza olanak sağlamaktadır.[9] Fakat, yirmi birinci yüzyılın başlangıcında bu belirtiler hâlâ çok az bulunur nitelik taşımaktadır. İlk dönemlere ait hemen hemen bütün durumda olan iskeletlerin sayısını tek elin parmakları ile saymak mümkündür. İşte bu nedenledir ki, iki milyon yaşından daha büyük taş gibi sertleşmiş basit bir femur,* bir diş ya da bir insansının kafatası parçası, kâşiflerine şeref ve ün kazandırmaktadır. Bu nedenle, bir diş veya bir kemikten yola çıkarak, davranışların veya morfolojik özelliklerin tahmin edilmesi, yorumlanması ve ortaya çıkarılması gerekmektedir.[10] Bu araştırma, mantıksal sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır. İnsanoğlunun kökenini araştırırken ne kadar geriye gidersek, izler o kadar bulanıklaşmakta, görünürdeki maymunlarla olan benzerlik de o kadar güçlenmektedir.

Öyle görünüyor ki, hiçbir zaman ve hiçbir yerde tek bir doğuş hikâyesi asla olmamıştır. Derleyebildiğimiz en uzak geçmişimize ilişkin bütün bulgular, insansı bir maymundan belirgin bir insan türünün küçük, ardışık değişimlerle türediğini göstermektedir. Tek, şiddetli bir başkalaşım olmamış, bunun yerine hızlı özellik değişimlerinin meydana geldiği bazı dönemlere ve çok az değişimin meydana geldiği – daha uzun süren – bazı başka dönemlere sahip bir evrim süreci yaşanmıştır.

Ekoloji (çevre bilimi), etoloji (davranış araştırması) ve genetiğin ilkeleri, fosillerde gözlemlenen dönüşümlere ilişkin ikna edici bir açıklama getirilmesine olanak sağlamaktadır. Her şey, muhtemelen göçebe davranış tarzının ortaya çıkması ile birlikte başlamıştır; insansılar, diğer kıtalara gitmeden önce ilk olarak Afrika'da geniş çayırları ve bataklıkları keşfetmek için aileler veya kabileler halinde ormanlardan ayrılarak dolaşmaya başlamıştır. Bu avcılar ve toplayıcılar için sı-

* Kalça kemiği. Ç. N.

rırsız bir alan mevcuttu. Fakat çevre çok düşmancaydı ve insanlar baskın değildi - pek çok etobur için av durumundaydılar. Yeni kaynak arayışları, yırtıcı hayvanlardan kaçma veya düşman kabilelerle aradaki acımasız rekabet; bu davranışların tümü, küçük grupların hareketine ve bir başına kalmasına yol açtı. Bir başına kalan her aile veya kabile, yeni çevrelere - orman, çayırlık veya bataklık - uyum sağladı ve tercih edilen yaşam alanlarında hayatta kalmak için avantajlı bir özellik taşıyan bazı genetik bilgiler, giderek artan bir sıklıkla daha sonraki nesillere aktarıldı. Aslına bakılacak olursa, uzun süre bir başına yaşayan küçük gruplarda genetik bilgilerde meydana gelen yararlı veya nötr değişikliklerin genetik rekombinasyon (eşeyli üreme sürecinde iki ebeveynden gelen genetik bilgilerin birbirine karışması) dolayısı ile "silinmesi" veya "dengelenmesi" olasılığı, büyük nüfuslu topluluklara kıyasla daha azdır.

Bu dağılma, belirgin özellikler taşıyan farklı insansı çeşitliliklerinin ya da türlerin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Değişik bölgelerde yaşayan ve kendilerine özgü davranış biçimleri geliştiren bu diasporalardan* değişik insansı türler ortaya çıkmıştır. Bizler, bu kabilelerden birinin soyundan gelmekteyiz.

Hayvansal Kökenlerimizi Kabullenmek: Manevi, Felsefi ve Bilimsel Açılardan Muazzam Bir Devrim

Kulüpte Henri ile yaptığımız tartışmaları zenginleştirmek üzere, bu konu üzerinde epeyce kitap okudum. Fakat ben bir biyoloğum, paleoantropoloji dalında uzmanlaşmış bir tarihçi değilim. Bu nedenle, doğa tarihinin bu yönü üzerinde kişisel bir perspektif sahibiyim. Atamız maymunlardan insanlara doğru bir evrim meydana geldiği bence gün gibi ortada, anatomik dönüşümlerin paleontolojik kalıntılardan elde edilen kanıtları da sadece mantıksal adımları sergileyen tanımlayıcı ayrıntılardan ibaret. Bunun da ötesinde, maymunlarla ortak atalara sahip olduğumuza dair görüşlerin doğruluğu, insanların ve modern primatların genetik bilgileri üzerinde yapılan karşılaştırmalı incelemeler sonucunda fazlasıyla kanıtlanmıştır.[11] Buna karşılık, bu konuda elde edilen bilgilerin kronolojisi, beni büyük ölçüde etkilemiştir.

Maymunlar ve insanlar arasındaki ilişkinin keşfi üzerine yer yerinden oynadı ve olağanüstü tartışmalara neden oldu. İşin aslına bakılacak olursa, daha sa-

* Bir ulusun yurdundan ayrılmış kısmı, kopuntu. Ç. N.

dece iki yüzyıl önce, Batı dünyasında, milattan yaklaşık 4.000 yıl önce Tanrı'nın altıncı gün erkeği ve kadını yarattığını, bütün hayvanların ve bitkilerin *yaratıklar* (yani *yaratılmış* organizmalar) olduğunu kabul etmek - ve öğretmek - gerekliydi, nokta. Bu inanç din kökenliydi, din ise devletti ve sorgulanması söz konusu dahi değildi.

1632 yılında İncil'e göre Dünya'nın sabit olduğu ve Güneş ile yıldızların etrafında döndüğü evreni sorgulama küstahlığını gösteren Galile'yi hatırlamalıyız.[12] İşkence ile tehdit edilmiş, engizisyon mahkemesi tarafından bir kâfir olduğuna karar verilmiş ve bilimsel görüşlerini yeminle inkâr etmek zorunda bırakılmıştı. Hayatta kalabilmek için kaderine boyun eğerek varsayımından vazgeçmek, kilise mahkemesinin yargıçlarının önünde kendini küçültmek zorunda kalmıştı, "Eppur si muove": Yine de hareket ediyor! (Bu efsanevi anekdot, aslında Galile'nin ölümünden yüz yılı aşkın bir zaman geçtikten sonra, bir İtalyan arzuhalci olan Giuseppe Baretti tarafından ileri sürülmüştür.)

İncil'e açık şekilde karşı olduğu kabul edilen bulguların, yani maymunlarla insanların evrimsel ilişkisinin, basit organizmalarının evrime uğrayarak daha karmaşık türlere dönüşmesinin ve Dünya üzerindeki ilk yaşamın ortaya çıkmasının İncil'de bildirilen M.Ö. 4000 yılından çok daha öncesine rastladığı daha açıklanır açıklanmaz, aforozlar dahi meydana gelmişti. Bazıları mecazlarla veya hikâyelerle konuşuyor, fakat bunlar dahi sık sık cezalandırılıyorlardı. Bazıları açıkça kabul ederek aşırı dinciler tarafından işkenceye maruz bırakıldılar veya yakıldılar. Bilim pek çok şehit vermiştir. Evrim kuramlarının öncüleri ve savunucuları, bunların en önde gelenlerindendir ve biraz daha fazla saygıyı hak etmektedirler.[13]

Aslına bakılacak olursa, Fransız İhtilali evrim kanıtlarından üç tanesinin kabul edilmesine olanak sağlamıştır. Büyük bir Avrupa ülkesinde ilk kez din, devletten ayrılmıştı. Bu sayede, Chevalier de Lamarck, Paris Tabiat Tarihi Müzesi'nde profesör ve *biyoloji*[14] kelimesinin mucidi unvanlarını taşıyan Fransız Jean-Baptiste Antoine de Monet, 1800 yılından itibaren türlerin dönüşümü ile ilgili kuramını açıklama cesaretini göstermiştir. Kaya katmanları üzerinde fosilleşmiş kanatlı yaratıkların ve yumuşakçaların evrim örneklerini kullanarak, türlerin yavaş dönüşümü konusundaki kuramının maymundan insana dönüşüm için de geçerli olabileceğini açıkça anlatmıştır. Ayrıca, Dünya üzerindeki yaşamın İncil'de ifade edildiği gibi sadece birkaç bin yıl geriye gitmediğini de kanıtlamıştır. Lamarck, Dünya'nın yaşını birkaç milyon yıl olarak tahmin etmiştir. Lamarck'a göre, evrim sürecini harekete geçiren mekanizma, organizmaların kendi yaşam süreleri içinde edindikleri özellikleri kendi yavrularına aktarmalarından ibaretti.

Sonradan kazanılan özelliklerin kalıtım yoluyla aktarıldığına inanıyordu. Dönüşümün meydana geldiğini kanıtlama şekli doğruydu, fakat edinilen özelliklerin rolüne ilişkin düşünceleri yanlıştı.

Fransız İhtilali'nden kaynaklanan özgürlüğün ömrü pek uzun olmadı. 1809 yılından itibaren kilise yine kontrol gücünü kazandı ve Lamarck ağzından çıkana daha fazla dikkat etmeye başladı. Dini inançlar ve gelenekler sırtını yere getirdi; Lamarck, gözden düşmüş bir durumda öldü.

Lamarck'ın kuramının yayımlanmasından yaklaşık altmış yıl sonra, yaratıcı bir İngiliz doğa bilimci, Alfred R. Wallace (1823-1913), edinilen özelliklerin kalıtım yoluyla aktarılmasına kıyasla daha karmaşık bir evrim mekanizması kuramı geliştirdi. Türlerin zaman içindeki değişimini açıklayan yeni bir kavram oluşturdu. Wallace bir kâşif ve doğa bilimciydi ve araştırmaları için gereken parasal kaynağı temin etmek için uzak ülkelerde (Endonezya adaları ve Amazon ormanlarında) ender rastlanan kuşları yakalayarak İngiliz hayvanat bahçelerine satıyordu.[15] Malezya, Endonezya ve Yeni Gine'de kuşları izlerken, birbirine yakın adalarda yalıtılmış olarak yaşayan bazı kuş ve memelilerin türlerinin temsilcileri arasındaki farklar karşısında şaşırmıştı. Cassowari (deve kuşları ile akraba olan, kafalarında büyük, mavi bir çıkıntı olan bir kuş) ve kanguru örneklerine dikkat çekmekteydi; bu hayvanlar, dağlık bir ada olan Yeni Gine'de ve az miktarda dağa sahip, geniş çayırların hâkim olduğu yalıtılmış bir kıta olan Avustralya'da birbirinden farklı türler tarafından temsil edilmekteydi. Birbirinden yalıtılmış bu iki bölge, birbirinden sadece 100 kilometre genişlikte bir geçit ile ayrılmıştır. Wallace, bu farklılaşmaları, cassowari ve kanguru gruplarının bir adadan diğerine göç etmelerinin ardından, doğal seçilim nedeniyle ortaya çıkan bir gelişme olarak yorumluyordu. Wallace, doğanın Lamarck'ın düşündüğü gibi kendisini yeni ortama uydurmayı başaran ve sağladığı uyumu yavrularına aktaran bireyleri değil, fakat yeni ortama en iyi uyumu sağlayan özellikleri tamamen iyi şans eseri olarak kalıtım yoluyla alan bireyleri tercih ettiğini (seçtiğini) anlamıştı. Bu şekilde, bir türün değişik toplulukları, kendilerini ataları olan orijinal topluluktan bir doğal seçilim süreci vasıtası ile farklılaştırma eğilimi göstermekteydiler.

Homojen görünümlü fakat değişik genetik tabanlara sahip morfolojik özellikler taşıyan bireylerden oluşan küçük grupların meydana getirdiği bir topluluğun dağılıp yayılması, türlerin dönüşümüne yol açan ilk adımlar arasında en yaygın olandır. Yeni morfolojiler (ya da, fizyolojik veya davranışsal özellikler gibi diğer nitelikler), merkezi bir kaynaktan gelen dalgalar gibi yayılırlar. Yeni çevrelerle baş etmek zorunda kalan yalıtılmış topluluklarda, özellikle aşırı nüfusun ve rekabetin var olduğu durumlarda, en iyi uyumu sağlayan bireylerin doğal seçi-

limi meydana gelir. Bu süreç, hâlâ evrimin temel mekanizması olarak kabul edilmektedir.

Wallace, kuramını yayımlamak istiyordu. Bunu sağlamak için, 1857 yılında gözlemlerini elle yazılmış bir metin halinde Endonezya'nın balta girmemiş ormanlarından İngiltere'ye, Charles Darwin'e (onu entelektüel hocası olarak kabul ediyordu) gönderdi. Ne var ki, Darwin yirmi yıl önce türlerin dönüşümü konusunda aynı mekanizmaya ulaşmıştı. Bunu kafasında yavaş yavaş olgunlaştırmış ve konuya ilişkin büyük bir kitabın müsveddelerini yazmaya başlamıştı. Türlerin zaman içindeki dönüşümü konusundaki görüşleriyle tanınmaya başlıyordu. Düşünceleri, başta 1831-1836 yılları arasında yaptığı bir dünya seyahati sırasında ziyaret ettiği Galapagos Adaları'nın ispinozları üzerinde yaptıkları olmak üzere, büyük ölçüde kendi gözlemlerine dayanmaktaydı. Bu büyük keşfinin saygınlığını bir hiç olan Wallace'ın kendisinden çalmaya hazır olduğunu öğrendiği zaman, elbette yıkılmıştı. Sorunu meslektaşları ile tartıştı. Sonuç olarak, her iki yazara da hak ettikleri saygınlığın kazandırılması için, 1858 yılında Londra'da yapılan bir toplantıda yazılarından alınan bölümler bir arada bilim toplumuna sunuldu. Nihayet, Wallace'ın müsveddesini alışından iki yıl sonra Darwin, türlerin doğal seçilim yolu ile dönüşümüne ilişkin kuramını, içinde kuramı destekleyen pek çok orijinal gözlemi açıkladığı dikkate değer bir kitap halinde yayımladı. Darwin, o dönemin güçlü ülkelerinden birinin merkezinde yaşadığı için şanslıydı; kitap yayımcılarını ve bilimsel dergi editörlerini tanıyordu, çevresi kendisine inanan, önemli dostlarla sarılıydı ve iyi bir iletişimciydi. Kitabı, *Türlerin Kökeni Hakkında*, 1859 Kasım ayında yayımlandığı zaman büyük bir gürültü yarattı.[16] Doğal seçilim yoluyla evrim kuramı, geniş bir şekilde yayıldı ve dinsel eleştirinin ağırlığını hisseden pek çok yazar tarafından desteklendi. Kuram, Darwin'in ününü ve bazı çevrelerde de kötü şöhretini arttıran hararetli bir tartışmayı tetikledi. Bununla birlikte, türlerin kökeni konusundaki bu ilk eser, sadece bitkilerin, böceklerin ve kuşların doğal seçilim yolu ile, evcilleştirilmiş hayvanların (güvercinler, köpekler ve atlar) ise üreticiler tarafından yapay seçilimle dönüşme mekanizmalarını incelemekteydi. Darwin'in evrim kuramını nihayet insanlara uygulaması, insanların ataları olan maymunlardan nasıl türediğini açıklaması 12 yıl (ve Lamarck'ın kuramından sonra 70 yıl) sürdü.[17] 1871 yılıydı ve bu, on dokuzuncu yüzyılın temel bilimsel devrimiydi.

Büyük Britanya'daki Anglikan Kilisesi'nin en üst düzey yetkilisi Darwin'in meslektaşları ile açıkça dalga geçerek, onur kırıcı bir şekilde onlara büyükanneleri yoluyla mı, yoksa büyükbabaları yoluyla mı bir maymundan geldiklerini iddia ettiklerini sordu. Başkaları da, "Tanrım, bu görüşü kimsenin öğrenmemesi

için dua edelim" diye feryat ediyorlardı. Papa IX. Pius (1792-1878), Darwinizm'in sapkınlıklarını şiddetle kınadı. Darwin'in görüşlerini destekleme münasebetsizliğini gösteren Dominik mezhebine mensup talihsiz bir keşiş Roma'ya çağırıldı ve orada daha önceki beyanlarını (tıpkı Galile'ye yapıldığı gibi) yeminle inkâr etmek zorunda bırakıldı ve yazdığı her şey yasaklandı.[18] Piskoposlar Darwin'i ve çalışmalarını kınadılar. Bunlar, şoke ediciydi. Bunlar, yüzyıllardır süregelen dini öğretileri reddediyorlardı. Bu bilimsel ilericiliğe tepki gösteren Katolik ve Anglikan kiliseleri, Darwinizm'in Ateizm ile eş anlamlı olduğunu söylemekten çekinmediler. 1895 yılıydı, o zamandan bu yana bir yüzyıldan biraz daha fazla zaman geçti; bizi bu ruh halinden iki ya da üç nesil ayırıyor. O sırada babam 7 yaşındaydı.

Yaratılış kitabında anlatıldığı şekliyle yaratılışın müritleri (bunlara yaratılışçılar adı verilir) yirmi birinci yüzyılda yaşamın kökenini kendilerine göre tarif etmeyi sürdürmüşlerdir. Kendi bakış açılarını Birleşik Devletler'in muhafazakâr bölgelerindeki bazı kolejlerde ve orta dereceli okullarda 70 yıldır dayatmayı başarmışlardır. Başkan Ronald Reagan'ın da desteklediği, yaratılışçı kuramların öğretilmesini dayatan son yasa, ancak 1987 yılında yürürlükten kaldırılmıştır. Günümüzde, Darwin'in kuramlarının ortaya çıkışından bir buçuk yüzyıl sonra dahi, merkezi Birleşik Devletler'de bulunan bazı kökten dinci Protestan kiliselerde pek gözde olan bu muhafazakâr dinsel doktrini destekleyen pek çok güçlü taraftar mevcuttur.[19]

Süregelen Bir Tartışma: Bilincimizin Ortaya Çıkışı

Bilimsel kanıtların kabullenilişindeki yavaşlığı gösteren bu hikâyeler, bu konunun etrafını saran güçlü coşkuyu anlamamıza olanak sağlamaktadır. Şurası açıkça belli ki, köklerimizin, insanlığın çelimsiz ve kuşkulu temelinin tarihi, güçlü felsefi ve dinsel yansımalar taşımaktadır. İnsan (ki, yüksek düzeyde gelişmiş bir bilinç duygusuna sahiptir) ile hayvan arasındaki fark, sadece biyoloji alanında ortaya çıkmaz. Bu konu üzerinde pek çok uzmanın (biyologlar, genetikçiler, nörologlar, paleontologlar, antropologlar, filozoflar, ilahiyatçılar, psikanalistler, sanatçılar, gazeteciler, romancılar ve film yapımcıları) kendi görüşleri vardır ve okurların, dinleyicilerin ve seyircilerin ilgisini öyle ya da böyle çekebilirler. Konu üzerindeki minicik bir haber - önemli bir döneme tarihlenen fosilleşmiş bir kaval kemiği - tartışmayı yeniden alevlendirebilir. Uzak geçmişimizi hallaç pamuğu gibi atan binlerce detektifin bildirdiği bitmek tükenmek bilmeyen ipuçla-

rı, popüler medya açısından hayvanın olağan dışı bir "transmutasyona uğrayarak" (değişerek) insana dönüşmesi hayallerini ya da gerçekliğini betimlemek için bir olanak yaratmaktadır. Ve herkes daima daha fazla bilgi sahibi olmak istediği için, diğerleri rüyaları destekleyecek izler bulmak üzere daha uzağa bakma isteği duymaktadır.

Atamız maymunun insanlaşması olayı ile ilgili olarak son birkaç on yıl boyunca giderek artan bir şekilde iç gözlem yapılıyor olmasının nedeni, budur.[20] Evrime beyin boyutlarındaki bir büyümenin eşlik ettiği, kanıtlanmış bir gerçektir. Belirli bir bellek türüne ait küçük RAM kartlarının eklenmesi ve kalıtımsal olarak aktarılması, bizleri diğer maymunlardan ve insansı kabilelerinden ayırt etmek için yeterli olurdu. Doğa, bu değişikliğin bir avantaj olduğunu kanıtladı, çünkü bu değişiklik insana daha fazla anlama yeteneği kazandırmış ve dolayısıyla daha kolay hayatta kalmasını ve daha iyi üremesini sağlamıştı. Bu kalıtımsal gelişme, kültürel bir evrime de olanak sağladı, çünkü daha fazla bellek, edinilen bilginin daha iyi iletilmesini de sağlıyordu. Bu tür bilgiler, bir kuşaktan diğerine, birikerek arttı.

Aynı anda meydana gelen ve birbirini tamamlayan iki evrim, daha fazla avantaj elde edilmesini sağlar. Şu süreci hayalimizde canlandırabiliriz:[21] Ayakları üzerinde yürüyen ve elleri lokomotor* işlevlerden kurtulmuş, benzerlerinden biraz daha iyi bir belleğe sahip olan bir maymun, avlamaya çalıştığı bir hayvanı hiç beklemediği bir anda bir taş atarak öldürebildiğine dikkat eder. Bu bilgiyi hatırlar, ondan fayda sağlar ve kabilesinin diğer üyelerine aynı şeyi yapmayı öğretir. O ve kabilesindeki diğerleri daha iyi beslenirler, bu da onların komşularından ve uzak kuzenlerinden daha fazla sayıda çocuk sahibi olmalarına olanak sağlar. Dolayısıyla, eğitilmiş olan bu kabile, kendilerinin daha iyi bir belleğe sahip olmalarına yol açan genleri kalıtımla iletir ve bunları, diğer bireylerin genlerine kıyasla daha sık olarak geçirir. Bu avantajın genetik iletimine ek olarak, elde ettikleri bilgiyi de kendilerinden sonraki kuşağa aktarırlar. Daha sonra oğullar ve kızlar, hem genetik hem de kültürel avantajları kuşaktan kuşağa aktarırlar.

Kazanılan bilginin aktarılması, genetik avantajı on katına çıkartmıştır. Aktarma işlemi, el-kol hareketleri ile (*Australopithecus*'un elleri zaten altı milyon yıldır serbestti), sözlerle, resim ve heykellerle, yazıyla (ancak 5.300 yıl önce ortaya çıktı), matbaa ile (ilk olarak onuncu yüzyılın başlarında Çin'de, daha sonra 1450 yılı civarında Avrupa'da ortaya çıktı) ve günümüzde de ışık ve ses dalgalarıyla ve İnternet ile gerçekleştirilir.

* Yer değiştirmeyi sağlayan. Ç. N.

Birbirinden farklı birkaç insan kabilesi yavaş yavaş daha gelişmiş bir beyne doğru evrime uğradı, bu da onların öğrenmelerine ve deneyimlerini aktarmalarına olanak sağladı. Deneyimlerini hatırlamakta ve bunları öğretmekte en başarılı olan insan kabileleri, "*sapiens*" ("bilen" anlamına gelir) olarak adlandırılmıştır. Bunlar, Kro-Magnon'lardı. Hızla bütün kıtalara yayıldılar ve üstünlüğü ele geçirdiler.

Kro-Magnon'lar, yavrularını eğitme konusundaki ilkel hayvani içgüdüyü geliştirmelerine olanak sağlayan özel ek belleğe ne zaman, nerede ve ne kadar süre ile sahip olmuşlardır? Edinilen bilgilerin kuşaktan kuşağa aktarılmasının ve bilincin ortaya çıkışının tarihsel aşamalarını tarif edebilmek için zaman içinde geri gidebilmek, çok heyecan verici olurdu. Biyologlar, bilginin ve bilincin birlikte geliştiğine inanmaktadırlar. Neandertal insan muhtemelen oldukça ileri düzeyde bilinç kazanmıştı. Bilim insanları da, günümüzdeki primatlarda ve diğer hayvanların pek çoğunda bilinç pırıltıları olduğuna dikkat çekmektedirler.[22] Fakat, bilince ya da insan soyunun ilk temsilcilerinin düşüncelerine ait fosilleri asla bulamayacağız. Geçmişte bilincin ortaya çıkışına ilişkin süreç, daima soyut ve müphem olarak kalacaktır. Aynı şey, kişisel kimliğimizin bir parçası olduğu manevi ve ölümsüz tinsel öz olan ruh'un edinilmesi konusunda da geçerlidir. Dinlerin büyük bir kısmında ruh, Tanrı'nın aklı veya nefesidir, her ikisi de ölümsüzdür ve vücuttan ayrılabilir.

Bu kavramların hepsi, aklın ve bilincin gizemli doğasından esinlenen ilk filozofları ve dinsel kişileri büyük bir hızla cezbetmiştir. Bu soyut ve efsanevi kavramlar, tek tanrılı dinlerin bazı öncülerinin ilk inananlarını bir başlangıç, bir köken oluşturmaya yönlendirmiştir. Onların inanışına göre, ilk iki ruh, Adem ve Havva'yı yaratan Tanrı tarafından yaratılmıştır. İncil, onların topraktan yaratıldığını, vücutlarının ve ruhlarının Tanrı'nın görüntüsü olduğunu söylemektedir. Bu yüzden onlar, doğaüstü'dür. Dolayısıyla, Adem ve Havva'nın ebeveynleri yoktur; kavrayışı güçlü bazı sanatçılar, onları göbek delikleri olmaksızın betimlemişlerdir (ya da, iffet duyguları nedeniyle, cinsel organları ve göbek deliğinin bulunması gereken yeri incir yapraklarıyla örtmüşlerdir [Resim 1]).[23] Günümüzün bilgileri, Yaratılış'ın yazarlarını, ruhu yaratma arzusunun hiç şüphe yok ki sadece Tanrı'ya mahsus olabileceğini yazmaya yönlendirirdi. Aslına bakılacak olursa, günümüzde:

- Maymunun insana dönüşümü konusundaki paleontolojik ve genetik kanıtları eşleştirebiliyor (insanlarda ve şempanzelerde proteinlerin ve nükleik asit dizilimlerinin yüzde 99'unun aynı olduğunu 1975 yılından bu yana biliyoruz.[24]);

- Basit, tek başına yaşayan bir hücrenin bir memeliye dönüşmesine yol açan evrim mekanizmalarının çok sayıdaki olasılıklarını anlayabiliyor; ve
- Bilgiyi beyinlerimizde saklamamıza olanak sağlayan, bilgi ve bilinç kazanılmasına yol açan nörolojik bağlantılar konusundaki çalışmaları dikkat çekebiliyor

olmamıza karşın, bir ruh sahibi olma sürecini açıklarken hâlâ tümüyle ruhlar aleminde kalmaktayız.

Dolayısıyla, İncil'in birinci bölümünün tekrar yazılmasını önermek, en mantıklı davranış olacaktır. Yeni Yaratılış, Adem ve Havva'nın çok uzun bir süre önce (neden İncil'de belirtildiği gibi M.Ö. 4004 olmasın?) yaşadığını söyleyecektir. Göbek delikleri olacaktır, çünkü benzer insanlar tarafından üretilmiş olacaklardır. Her şeye rağmen dikkate değer özelliklere sahip olacaklardır, çünkü Tanrı'nın nefesini elde ettikleri için, kendileri ile aynı zamanda yaşamış olan diğer kişilerden ayırt edileceklerdir. O zamandan bu yana, bu edinim kendilerinden türeyen herkese aktarılmıştır. Böylece Tanrı, insana bir ruh vermiş olacaktır - bir vücut değil.

Fransız ilahiyatçı ve paleontolog Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955), "noogenesis"* olarak adlandırdığı bu ilahi edinimin özel niteliğine dikkat çekmiştir.[25] Aklın soyut niteliği, diğer felsefi ve dini kavramların doğmasına yol açmıştır: Bireyin ölümünden sonra ruhun varlığının devam etmesi ve başka (hayvan veya insan) yaşamlarda yeniden dünyaya gelmesi. Bu inanışlar, milyarlarca insanın ahlaki duruşunun ve ruhani yaşamının temelini oluşturmuştur ve oluşturmaya devam etmektedir. Bu inanışlar, bazıları için ya ölümden sonra daha güzel, sonsuz bir yaşam ümidi ya da dünyaya başka bir yaşam formunda yeniden gelme olasılığı yaratmaktadır. Bazılarının, yaşadıkları sürece kötü bir hayat sürdükleri takdirde daha sonraki varoluşlarının olumsuz şekilde etkilenmesinden korkmalarını sağlamaktadır; bu kişilerin inancına göre, davranışlarımızı yönlendiren şey ruhumuzdur ve ruhumuz yargılanacaktır.

Ateistler ve agnostikler için, bir yaşam süresince edinilen bilinç ve bilgi, mükemmel bir işletim sistemi ile donatılmış basit bir hard diske benzeyen beyinlerimizde biriken elementlerdir. Ruh, sadece bilincin bir yan ürünü, adaletsiz, kaçınılmaz sonumuz tarafından bitmek tükenmek bilmez şekilde acı çekmeksizin, barış içinde yaşamamıza zemin hazırlayan, yaşamın ötesindeki bölgeye daha kolay bir şekilde geçiş olanağı sağlamaya yarayan güven verici bir kavramdır. Bir dine inanmayan bu kişiler için bilinç ve ruh (veya akıl), bizi canlı tutan fizyolojik

* Aklın doğuşu, Zekâ sahibi yaratıkların ortaya çıkışı. Ç. N.

akımın - hayatın - sönmesi ile birlikte maalesef kesin bir şekilde yok olmaya mahkûmdur. Varoluşumuzun bu şekilde algılanması, Yunanlı filozofların (Aristippus ve Epikür) yardımcılarını, hedonist ve epikürcüleri, hiçbir yarını olmadığını düşündükleri varoluşlarının her gününden tam olarak yararlanmaya sevk etmiştir. *Carpe Diem!**

Bu durumların hepsinde de, edindikleri bilgilere veya Dünya'dan fiziksel olarak geçişlerine tanıklık edecek kalıcı izler bırakmaya can atan pek çok insan vardır. Doğrusunu isterseniz, yaşamlarımızdan, kişisel deneyim ve bilgilerimizden geriye kalacak olanlar, sözlü olarak ya da zamanın yıkıcı etkilerine az çok dayanabilecek elle tutulabilir eserler aracılığı ile aktarmayı başarabildiklerimiz olacaktır.

Tarih öncesi insan tarafından edinilen ve bize aktarılan bilgilere ilişkin ilk gerçek kanıtlar, şunlardan oluşmaktadır:

- İşçiliğin standardize edildiği ve tanımlanabilir adımlar halinde sürekli olarak iyileştirildiği ilk işlenmiş taşlar (yaklaşık 2,6-2,5 milyon yıl önce).
- Ateşe hükmedişin sergilendiği ilk ocaklar (790.000 yıl önce).
- Ölüme ilişkin sosyal etkinliklerin ilk kez görünüşü: Cenaze törenleri ve mezarların içine yerleştirilmiş sunular (100.000 yıl önce).
- İlk mağara duvar resimleri (32.000 yıl önce).

Çeşitli bölgelerde bulunan tarihlenmiş kalıntılarca kanıtlanan bu aşamaların her biri, belleğin, iletişimin ve bilincin yükselişine işaret etmektedir. *Homo sapiens*'in bundan sadece 35.000 yıl önce bilinç sahibi bir düşünüre dönüştüğü tahmin edilmektedir. *Bildiğini bilen* adam, *Homo sapiens sapiens* olarak adlandırılmıştı.

Öyleyse hiç şüphesiz bizler, Kro-Magnon kabilelerden, vücut yapıları ve kafataslarının hacmi bizimkilere benzeyen ve yukarıda saydığım her tür kanıtı bırakmış olan tarih öncesi insanlardan gelmekteyiz. Fakat onlardan önce, paralel evrim yollarında yürüyen (Neandertaller gibi) farklı insan kabileleri de taş işlemek, ateşe hâkim olmak ve ölüme ilişkin fikirler üreterek törenler geliştirmek (mezarlar bırakmışlardır) konusunda kavramsal yöntemler edinmişlerdi. O sırada kimliklerinin farkında olduklarına inanabilir miyiz?

32.000 ila 10.000 yıl öncesine tarihlenen ve Kro-Magnon insan (ortaya çıkışlarının 100.000 yıl önce olduğu tahmin edilmektedir) tarafından yapılan ilk kaya

* İçinde bulunduğun anı yaşa, günü yaşa. Ç. N.

resimleri, bir kimlik kazanılmasını ve var oluşun algılanmasını ortaya koyan en eski kanıtlardır. Bir canlı, tarihte ilk olarak, içinde bulunduğu çevreyi (tehlikeli hayvanlara veya besin olarak yarar sağlayanlara dair resimler) ve daha seyrek olmakla birlikte, kendisini (av manzaraları ve kadın resimleri ile heykelleri) betimleyen görüntüleri bilerek ve isteyerek aktarmıştır. Bu insanların çalışmalarını sergiledikleri pek çok mağarada aynı yöntemleri, benzer temaları ve imzaları bulmaktayız. Sanat bilgisi, içinde -daha az gelişmiş, daha az eğitimli: Neandertaller- bir diğer insan kabilesinin yaşadığı çok büyük bir bölgeye aktarılmıştır. Bu kabile, yaklaşık 25.000 yıl önce birdenbire ortadan kaybolmuş, buna karşın Kro-Magnonlar sosyal örgütlenmeleri, araçları, inançları ve ahlaki değerleri ile on binlerce yıl boyunca her tarafta hüküm sürmüşlerdir. Bu nedenle, o sırada birbirlerine dost veya düşman olan küçük göçebe kabileler şeklinde gelişen insan örgütlenmeleri arasında uzun ömürlü olma rekorunu ellerinde bulundurmaktadırlar.

Chauvet Mağarası'ndaki tarih öncesi resimler o denli iyi tasarlanmış, üst üste çizilen hayvanların yarattığı etki ve perspektifin kullanılışı teknik açıdan o denli büyük bir hünerle yapılmıştır ki, aktarılan bir sanatın varlığını kabul etmek zorunda kalmaktayız (Resim 2). Chauvet Mağarası'ndaki fresklerin yaratıcıları, bütün yüksek yetenekli sanatçılardan ilerideydi; orada sergilenenler, hiç şüphe yok ki ilk eserleri değildi. Belli ki, sanatlarındaki ustalık, kendilerinden önceki birkaç kuşak boyunca iklimin tahribatına yenik düşen yerlerde veya çöken ya da günümüzde henüz keşfedilmemiş olan mağaralarda kazanılan deneyimlerle rafine bir nitelik kazanmıştı. İlk bilgileri toplayan ve aktaran bu insanlar, kesinlikle bilinç sahibiydiler!

Henri, tarih öncesine ait bu resimlerin taşıdığı amaçlara ilişkin düşüncelerinden bizim istifade etmemize izin verdi. İnsan atalarımızda ortaya çıkan elle tutulabilir ilk insanlık belirtileri konusunda bizleri aydınlattı. İnsanın hayatta kalmak ve çoğalmak zorunda olduğu el değmemiş fakat son derece düşman bir doğada gelişen sanatçı-şaman'ları ile Kro-Magnon kabilelerin uzak geçmişi üzerinde hayal kurmamızı sağladı. Bir cisim veya bir fresk tarafından önerilen zalim ya da hayranlık uyandırıcı, vahşi davranışlarını hayalimde canlandırmayı başarabildim. Eserlerinden yola çıkarak, onların bilinç düzeylerini anlayabilmek için çaba harcadım.

Bu düşünceler, insanın kendisi ve tanımadığı komşuları üzerinde biraz hayal kurmasına yol açıyor, çünkü dünyayı ne şekilde gördüklerine dair izler bırakan bu ilk insanlar, hepimizin ortak atalarıdır.

Tarih öncesi insanlara ait eserlerin sergilendiği pek çok bölgeyi gezdim. Güney Fransa, böyle yerlerle dolu. Her defasında, Kro-Magnon'ların sık görüldüğü

yerlere karşı halkın duyduğu hayranlığı gözlemledim. Kılavuz tarafından yönlendirilen gruplarda, sessizlik, fısıldama, sorular ve hayranlık, şaşkınlığı ve duygulanmayı yansıtan işaretlerdir. Çocuklar, tarih öncesi insanların sanatsal eserleri karşısında gözlerini iri iri açarak bakakalırlar. Biz böyle miydik? Artık, tarihlerin bir önemi kalmamıştır. On binlerce, yüz binlerce yıl arasındaki farkı kavramak zorlaşmıştır. Onlarla bizler arasındaki zaman farkı o kadar büyüktür ki, böyle bir ecdadı hayal etmek, ona inanmak, çok zordur.

Fransa'nın Lot Vadisi'nde bulunan, kaya resimlerini ve hareket eden çocukların ayak izlerini (Şekil 1) hayranlıkla izlediğimiz Pech-Merle Mağarası'na yaptığımız bir ziyareti hatırlarım. Bir kil tabakasının üstünde bulunan, şaşırtıcı bir tazeliğe sahip bu küçük ayak izleri, o sırada 12 yaşında olan oğlumu çok etkilemişti. Heyecanla bağırdı: "Gördünüz mü, Kro-Magnon çocuklar da suyla ve çamurla oynamayı seviyorlarmış!" Turdaki kadınlardan biri de, bu mağara ressamlarının yanında çocuklar varsa, mutlaka kadınların da olmaları gerektiği varsayımını ileri sürmüştü.

Kendi şehrim Nice'in merkezinde bulunan tarih öncesi eserlere, mesela insanların 160.000 yıl önce yaptığı şölenlere ait pek çok kalıntıların bulunduğu Lazaret Mağarası'na ya da 400.000 yıl öncesine ait bir yerleşim yerine ait izlerin keş-



Şekil 1. Fransa'daki Pech-Merle tarih öncesi mağarasında bir çocuğa ait ayak izi. (Fotoğraf: Patric Cabrol)

fedildiği Terra Amata mevkiine yaptığım ziyaretleri de hatırlarım. Öğrenciliğim sırasında Terra Amata'da yapılan kazılara katılmıştım. O narin kalıntıları topraktan çıkartabilmek için, atalarımızın toprağını bir tornavida ve bir diş fırçası ile kazımıştım. İnsanların kullandığı en eski ocaklardan birinin tekrar gün ışığını görmesi, kendi mahallem olan Terra Amata'da kısmet olmuştu.[26]

İnsan veya insansı kalıntılarının en eski fosilleri ve en eski izleri, hayvandan düşünen, sonra da kendini ifade eden ve iletişim kuran insana doğru meydana gelen yavaş dönüşümü ortaya koymaktadır. Kro-Magnon insanın doğal seçilim sonucunda seçilmesinin temelinde, daha iyi belleğe sahip olan ve bu nedenle daha karmaşık şekilde düşünebilen ve kendini daha iyi ifade edebilen ailelerin bir başına kalmasına yol açan göçebe yaşam şekli yatmaktadır. Dolayısıyla bu evrim, insansıların hareket etme, ilk bulunduğu yeri terk etme, başka ortamları ve mekânları fethetme ve değişik yaşam koşullarına uyum sağlama yetenekleri ile yakından bağlantılıdır. Bu nedenle baskın olan soy, en atak, en cesur olanlar, bilinmeyene meydan okuyanlar arasından çıkmıştır.

Atalarımızdan Öncesi: Yaşamın Kökeni

Benim için, gerek Yaratılış'ın bilimsel anlatımı, gerekse Adem ile Havva'yı içeren ve bütün Batı dünyasını son 3000 yıldan bu yana böylesine etkilemiş olan, ruhani ve İncil'e ait tarifler, kutsal esinler almış veya dünyevi bilgiler toplamış insanlar tarafından aktarılan dikkate değer doğal veya dini hikâyelerden ibarettir.

Biyologlar açısından, yakın kökenimize ilişkin keşiflerin mantıksal bir sonucu vardır. Maymun ile insan arasındaki ilişkileri anlamamıza olanak sağlayan evrim mekanizmaları, maymun ile en küçük bağımsız hayvan hücresi arasında da geçerlidir. Bununla beraber bu mekanizmalar, yaşamın kökeni konusunda sorulan birinci derecede önemli diğer soruları yanıtlamamaktadır. Yaşam, nasıl ve nerede ortaya çıktı? Bitkiler ve hayvanlar, Dünya'da ortaya çıkan ilk yaşam formları olan bakterilerden nasıl türedi? Yaşamı yüzyıllar ve tehlikeler arasında kaynağından bize kadar ulaştıran güçlü bir bağlantı var mıdır? Dünya üzerinde yaşamın doğuşu konusunda öğrenilen, bazıları da esrarını hâlâ koruyan aşamalar, geleceğimize yönelik olarak, bizi çevreleyen yaşamların ne olacağına ve henüz bilinmeyen başka yaşam formlarının var olup olmadığına yönelik başka soruların veya varsayımların doğmasına yol açmaktadır.

Kökenimizi anlamak, geleceğimizi öngörmek, doğanın doğasını açıklamak – bunlar, Yunan filozofların da kaygısıydı.

Yeni, iyi yapılandırılmış bilimsel bilgiler nedeniyle, yaşam için yeni tarihçeler hayal etmek zorundayız. Efsanevi masallarla ve vahiylerle dolu olan bir çağda böyle çağdaş görüşlerin çıkması düşünülemezdi bile. Bunlar hem bilinen gerçeklerle uyumludur, hem de dinsel, felsefi ve eski inanışlardan ayıklanmışlardır. Fakat yaklaşım, zamanın başlangıcından bu yana hep aynı kalmıştır: Eğitilmiş topluluğun büyük çoğunluğu tarafından kabul edilen sağlam bilgi ile işe başla, sonra geleceğin bilimi tarafından test edilecekvarsayımlar, spekülasyonlar oluştur. Yaşamın tarihine dair yeni görüşler geçmişi daha iyi anlamamıza olanak sağlamakta ve geleceği öngörmek için çaba harcamaktadır. Bu görüşler bir yandan hayal gücümüzü daima harekete geçirebilir durumda olurken, diğer taraftan da ruhsal olan için bir rol bırakmaktadırlar.

Dünya'daki Yaşamın Kökeni Üzerine

İlk Yaratılış: ALH84001 Olayı

Dünya'da yaşamın kökenine ilişkin gizem pek çok varsayımın ortaya atılmasına neden olmuştur. İlk atalarımız üzerine yapılan araştırmalar gibi, bu konu da mistik ve felsefi bir atmosfere bürünmüştür. İlk hücrelerin kökeninin, çoğalma ile sürüp giden yaşamın başlangıcının, hayvanlar ve bitkiler âlemini meydana getiren bütün türlerin yaşamlarının asıl niteliğinin bilinmesini gerektirmektedir. Bu, şüphesiz, biyolojinin en heyecan verici konusudur; içinde yaşamı algılayışımızı ve geleceğe ilişkin görüşümüzü değiştirebilecek sürprizler taşımaktadır.

Laboratuarda Yaşamın Yaratılması

Araştırmacılar tarafından kurulan birden fazla ekip, yaşamın ortaya çıkışını açıklamak ve başlangıcına ilişkin mekanizmaları anlamak üzere, 1924 yılından itibaren inorganik moleküllerden yaşam üretmek için çalışmışlardır.[1] Canlı organizmaları meydana getiren çeşitli maddeler için uygun olan orantıları aramışlar ve atalarımızın içinde bulunduğu çevreyi yaratmışlardır. Isı, elektrik arkları, oksijensiz ve nefes almaya elverişsiz gazlardan oluşan bir atmosfer, karbon bileşikle-

ri, su içinde mineral çözeltileri ve basınç, hepsi bu çırak Yaratıcıların deney tüplerinde kullanılmıştır.

Geçmişte simyagerler kurşunu gözlerden uzak ortaçağ oyuklarında altına dönüştürmek için boş yere uğraşmışlardır; günümüzde diplomalarla ödüllendirilmiş ve (yaşam işlevlerini moleküller arası etkileşimlere indirgeyen) bilimlerine güvenen biyokimyacılar da inorganik olanı yaşayana dönüştürmenin sırrını bulmak için durmak dinlenmek bilmeksizin çalışmaktadırlar. Yaşamın ilk aşamasını keşfetmek için, etkileyici analitik robotlarla donatılmış ultramodern laboratuarlar kullanmaktadırlar. Fakat Büyük Usta, kılavuzluğunu onlara asla bahşetmemiştir. Muammayı çözmek için attıkları küçük adımlar, bir sayfa içinde özetlenebilecek ne olduğu şüpheli birkaç sonuçtan ibarettir. DNA (deoksiribonükleik asit, bir sarmal halinde birbirine dolanmış iki yılanı andıran şekle sahip bir molekül) olmasaydı algıladığımız şekilde yaşamın mevcut olamayacağını 1953 yılından beri bilmekteyiz. Bu son derece karmaşık molekül, genetik bilginin depolandığı yerdir ve kromozomların temel bileşenlerinden biridir. Yaşamın kendisini kopyalamasına olanak sağlar. Dolayısıyla DNA, yaşamın başlangıç aşamasını oluşturur. Bilim ve teknolojideki ilerlemelere, DNA molekülünün yapısının ve bileşiminin mükemmel derecede biliniyor olmasına karşın, biyokimyacılar henüz inorganik veya gaz halindeki bileşenler içeren bir çorbadan en az etkinlikte bir gen başlangıcını dahi yaratmayı başaramamışlardır. Yapabildikleri en iyi şey, proteinleri oluşturan, normal koşullarda genetik bilgiye göre imal edilen temel organik moleküller olan amino asitleri elde etmek olmuştur.[2] Fakat amino asitler ve proteinler etkin değildirler; kendi başlarına yaşam üretmezler. Böylece, kanıtlanan tek şey, tüm yaşam formlarında ortak olan alt ürünlerin yaşamdan bağımsız olarak kimyasal yöntemlerle elde edilebileceğidir.

1960'lı yıllarda başka bilim insanları, proteinleri sentezleme ve kendi kendini kopyalama yeteneği taşıyan daha basit bir diziden (RNA ya da ribonükleik asit) yararlanarak DNA'nın karmaşık yapısının elde edilebileceğini düşündüler. Bu düşünce, RNA'nın tamamen şans eseri olarak, gelişigüzel bir moleküler tepkime halinde ortaya çıkmış olabileceğini ve kendi kendini kopyalama ve/ya kendini doğal seçilim yolu ile iyileştirme gibi önemli özellikleri taşıyabileceği düşüncesini doğurdu.[3] Bu fikrin ışığı altında günümüzde araştırmacılar, bazı minerallerin mevcudiyetinin bu oluşumu kamçılayacağı (katalize edeceği) ümidi ile, inorganik öncüllerden RNA elde etme çalışmaları yürütmektedirler.[4] Bu yolda ilerleyen bilim insanları, bu dizinin kayalık veya killi bir matris içinde yaratılmış olabileceğini gözlemlediler.[5] Bu sonuncu varsayım, çok daha mitolojik bir varsayımı,

Tanrı'nın insanı biraz toprak kullanarak kendi görüntüsünde yaratmasını hatırlatmaktadır.[6]

Yaşamın başlangıçtaki ilk örneği sorununa bir çözüm getirmek için çalışan bazı başka araştırmacıların hayal güçleri, ilkel organizmanın matrisine yönelmiştir. Bunlar, en antik hücrelerin duvarlarının bir çözelti şeklinde oluştuğunu kanıtlamaya çalışmışlardır. Bunu gözümüzde canlandırabilmek için, kıyı lagünlerinde organik madde oluşturacak şekilde bir araya gelmiş olabilecek temel bir çorba hayal etmemiz gerekir. Bu süreç, Dünya'da mevcut olan veya dış uzaydan gelen karbon içerikli moleküller sayesinde başlamış olabilir. Bu çorba, buharlaşma yüzünden koyulaşmış, sonunda sıcak bir "et suyuna" dönüşmüş olabilir.[7] Rüzgâr, sıvı akıntıları veya yerden çıkan gaz halindeki buharlar tarafından karıştırılan bu bereketli et suyu, sirke içindeki yağa benzeyen organik damlacıkların meydana gelmesine yardımcı olabilir. Her damlanın içeriği, ince bir film tabakası vasıtası ile izole edilmiştir. Bu film tabakası dönüşüme uğrayarak, RNA veya DNA ile sonuçlanacağı varsayılan bilinmeyen bir kimyasal süreci başlatıp koruyacak daha katı bir zar meydana getirmiş olabilir.[8]

Bu kurgusal senaryoların hepsi de şu ana kadar bir kördüğüm ile sonuçlanmıştır. Yaşamı karakterize eden bilgileri taşıyan ve kendilerini kopyalama yeteneğine sahip olan moleküllerden (RNA ve DNA) hiçbiri, basit organik moleküllerden laboratuarda yaratılamamıştır.

Bu çabaların tümü, yaşamın yaratılmasının temelinde çeşitli ortamlarda meydana gelen kimyasal tepkimelerin yatması esasına dayanmaktadır. Nobel biyoloji ödülü sahibi Christian de Duve, hücresel yaşamın ne şekilde başlamış olabileceği ile ilgili olarak organik kimyada mevcut olan teknik güncel bilgilerin tümü üzerinde yoğun şekilde görüş bildirmiştir.[9] Bununla birlikte, bu heyecan verici bilimsel ilerlemeleri kendi yerlerinden ve zamanlarından ayrı tutmak yararlı olacaktır; şurası açık ki, bir laboratuar inorganik moleküllerden yola çıkarak sentetik, işlevsel bir gen yapsa dahi yaşamın simyacıları Dünya'da veya başka bir yerde geçmişte belli bir zamanda onun bu şekilde meydana geldiğini kanıtlamayı asla başaramayacaklardır. Bilim insanlarının aradığı hâlâ keşfedilmemiş mekanizmalar, yaşamın evrensel oluşumu ile ilgilidir.

Yaşamın En Eski İzleri

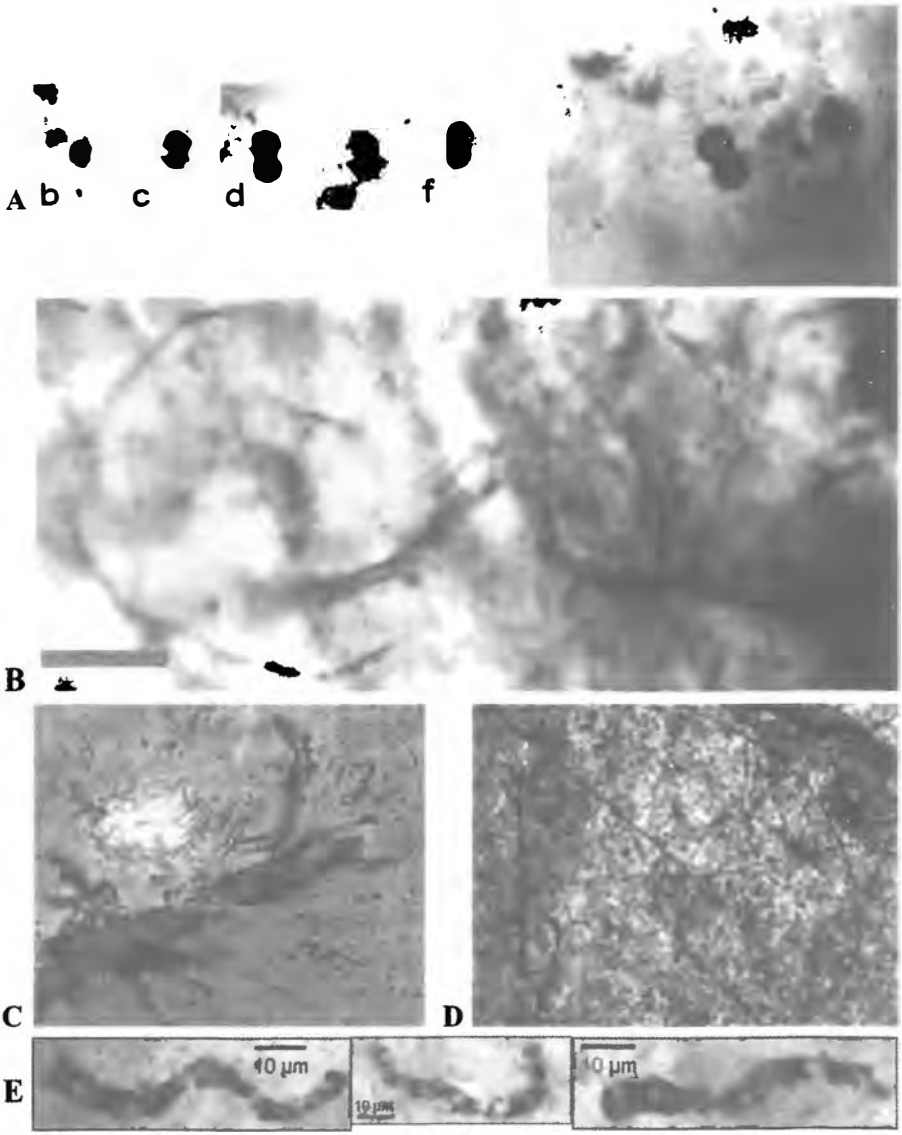
Yaşamın gizemine ulaşmak için izlenebilecek bir başka yol da, gezegenimizde ortaya çıkan ilk yaşam formlarını aramaktır. Bunu yapmak üzere, ergimiş madde-

lerin soğumasının ardından şekillenmiş en eski kayaları incelememiz gerekir. 3,85 ila 3,4 milyar yıl öncesine tarihlenen bu kayalar, canlı organizmaların kalıntıları ile nadiren ilişkilendirilen silis içeren çökeltiler ve karbonatlar içerirler. Yaşamın başlangıcına ait bu kefenler, basınç ve yoğun sıcaklığa maruz kaldıkları için genellikle yok olmuş veya şekil bozukluğuna uğramışlardır. Fosiller çoğunlukla bulanıktır ve ikna edici olmaktan uzaktır, bu nedenle diğer araştırmacıların itirazları ile karşılaşır. Son 15 yıldır bu kayalar için kullanılan tarihleme teknikleri geliştirildursun, 50 kadar bilim insanı en eski yaşam formunu ilk keşfeden kişi olmak veya bu konuda mevcut her şeyi söyleyerek en büyük şöhreti kazanmak için yarışı sürdürmektedir.[10]

Bu izlerin Grönland kıyılarında bulunan en eskisi ve en şaşırtıcı olanı, Dünya üzerinde yaşamın ortaya çıkışını 3,85 milyar yıl öncesine tarihlemektedir.[11] Karbon izotopları arasındaki orantının ölçülmesi, bu kayaların içinde bulunan karbon içerikli maddeler için araştırmacıların bir biyolojik başlangıç belirlemesine olanak sağlamaktadır. Bu keşfin yazarları, bulgularını 1996 yılında yayımladıkları zaman, biyolojik kökenli bu izleri Dünya'nın son derece yaşanmaz bir yer olduğuna inanılan bir dönemle ilişkilendirdikleri için şaşırmış durumdaydılar. Aslında, 4,56 milyar yıl önce ortaya çıkmış, kaynama ve kaynaşma aşamasındaki kayalardan oluşan bir top halindeki Dünya'nın yüzeyde yaşam oluşumuna uygun, su içeren ortamların meydana gelmesine olanak sağlayacak ölçüde soğuması için, 700 milyon yıldan fazlası muhakkak ki gerekmekteydi. Üstelik, 3,85 milyar yıl önce, yoğun bir atmosfere sahip olmayan Dünya, her biri yeni oluşmaya başlayan yaşamı ortadan kaldırabilecek büyüklükte meteorların bombardımanı altında olmalıydı. Bu nedenle, yaşamın o denli zor koşullar altında ortaya çıkmış olması ve ne kadar akıllı olurlarsa olsunlar araştırmacıların 3,85 milyar yıl sonra topraktan çıkartmasına yetecek kadar iz bırakabileceği sonucuna varmak şaşırtıcıydı. Eşi benzeri olmayan bu gözlem, 2002 yılında şiddetli itirazlarla karşılaştı.[12] Konu henüz belirsizliğini korumaktadır ve kesinleştirilmesi gerekmektedir.

Yaşamın mikroskop altında tanınabilen en eski fosilleşmiş izleri, 3,5 ila 3,46 milyar yıl öncesine tarihlenmektedir. Bunlar, Güney Afrika ve Avustralya'da silisli kayaların (bir tür silisli şist) içine sıkışıp kalmış çok hücreli ipliksi bakterilerin veya mikroskobik küresel bakterilerin izleridir (Şekil 2).[13] Bu fosillerden bazılarına itiraz edilmiştir: Bunların sadece organik madde açısından zengin hidrotermal sıvıların içeri sızmasının ya da kendiliğinden oluşan yapıların izi olması mümkün değil midir?[14]

Bunun aksine, Avustralya ve Güney Afrika'nın aynı kısımlarında bulunmuş üç milyar yaşından daha büyük kayaların biyolojik kökenleri konusunda hiçbir



Şekil 2. Üç milyarı aşkın yıl öncesine tarihlenen ilk mikrofosillere ilişkin görüntüler. A, Tek hücreli oluşumlar ve bölünmeleri (Fotoğraf: Andrew Knoll.) B, Karbon içeren ipliksi oluşumlar (Fotoğraf: Maud Walsh.) C, Camlaşmış lav içinde kalmış, karbon içeren ipliksi oluşumlar (Fotoğraf: Neil Banerjee.) D, Derin kükürtlü sullardaki volkanik çökeltiler içinde ipliksi oluşumlar (Fotoğraf: Birger Rasmussen.) E, Silisli şist içinde bulunmuş, siyanobakterilere benzer ipliksi oluşumlar (Fotoğraf: J. William Schopf.)

itirazda bulunulmamıştır. Bunlar, çökelip ipliksi bakteriler (bitki benzeri bakterilerle akraba) arasında kalarak bir halı veya tabaka oluşturmuş (Resim 3) kalkerli parçacıkların birikmesinden meydana gelmişlerdir. Kesit alındığı zaman, canlı organizmaların meydana getirdiği bu kayalar dilimlenmiş kırmızı lahanaya veya baklavaya benzerler. Bu görünüm, bakteri halısının kesintili şekilde büyümüş olmasından kaynaklanmaktadır: Büyüme aşamaları ve kalkerli parçacıkların arada kaldığı aşamalar, birbirini izlemektedir. Bu yaşam yadigârlarına "taşlaşmış su altı bahçeleri" veya stromatolit (taş halı anlamına gelir) adını veririz.[15] Her ne kadar bazı çok yaşlı tortul kayaların stromatolitlerle karıştırılması mümkünse de,[16] 2,5 milyardan fazla yıl öncesine tarihlenen 48 adet gerçek geçmiş yaşam kalıntısı kaydedilmiştir ve bu sayı, artmaya devam etmektedir.[17] Bunlardan en yaşlı olanları, Avustralya'nın silisli şist içinde taşlaşmış mikrofosiller bulunan bölgesinde bulunan 3,49 ila 3,45 milyar yaşındaki koni şekilli tümsekleridir (Resim 3A).[18] Avustralya'da, iyi korunmuş, 3,43 milyar yıl öncesinden kalan bir başka stromatolit fosil resifi daha bulunmuştur; 10 kilometreden daha geniş alana yayılan bu resifin içinde, biyolojik kökenine güçlü bir şekilde tanıklık eden farklı yapılar bulunmaktadır (Resim 3B).[19]

Bu acayip, iri oluşumlar, Avustralya'da özellikle körfezlerin küçük ve yumuşak diplerinde (Resim 4A) veya daha derin sularda (Bahamalar'da olduğu gibi; Resim 4B) yaşayan canlı bakteriler tarafından günümüzde hâlâ inşa edilmektedir.[20] Bunlar, mercan kumlarının oluşturduğu sahillerde büyüyen dev mantarları andıran koyu renkli kayalara benzemektedirler. Bu çağdaş stromatolitler, Dünya üzerindeki yaşamın en eski kanıtına dair gerçekçi çizimler olarak okul kitaplarının sayfalarını süslemektedirler. Bugün bu kayaları meydana getiren bakteriler, genellikle birkaç ipliksi (bir iplik şeklinde dizilmiş birkaç hücreden meydana gelen) tür tarafından temsil edilmektedirler[21] ve bitkilerle aynı beslenme şekline (fotosentez) sahiptirler: Su, karbondioksit, mineral tuzları ve güneşten gelen enerji bir araya gelerek organik madde ve en sonunda da yan ürün olarak oksijen üretirler. Özgün özellikleri, kayaları oluşturabilme yetenekleridir. En eski stromatolitlerin içinde bulunan ender fosilleşmiş bakterilerin (minerallerle girdikleri kimyasal tepkimeler sayesinde, ya da daha büyük bir olasılıkla, günümüzün bitki benzeri bakterileri gibi fotosentez sayesinde yaşayan bakteriler) özelliklerini hâlâ soruşturmaktayız. Bilim toplumu, bir konuda görüş birliği içerisindedir: İlk stromatolitleri inşa eden bakteriler eğer fotootrof (fotosentez vasıtası ile büyüyen) idiyseler, çoğaldıkları zaman ürettikleri serbest oksijen gazı çözünmüş durumdaki demir ve kükürdü oksitlemeye başlayarak pas (Fe_2O_3) ve sülfat (SO_4) çökeltisi meydana getirmiş olabilirler. Bilim insanları, bu nedenle oksitlemiş ilk

kayaların yaşını bulmaya çalışmışlardır. En büyük oksitlenmiş çökelti birikimleri 2,5 ila 2,3 milyar yıl eskiye tarihlenmekte ve dünyanın her yanında pek çok katmanda bulunmaktadır. Bu küresel dağılım, başlangıçta global ölçekte güçlü bir fotosentez etkinliğinin sonucu olarak yorumlanmaktadır. Fakat ilk (ender) oksitlenmiş mineraller 3,8 milyar yıl öncesine tarihlenmiştir ve oksijene ait bu ilk izler üzerinde tartışma sürmektedir - bunlar biyotik midir, yoksa abiyotik mi? Oksijenin biyolojik olarak üretiminin çok eskiye dayandığı yolundaki varsayımı destekleyen yazarlar, ilk bitki benzeri bakteriler tarafından oksitlenen minerallerin çoğunun bir milyar yıldan daha uzun bir süre (bundan 3,5 milyar yıl öncesi ile 2,5 milyar yıl öncesi arasında) Dünya'nın büyük bölümünü kaplayan volkanlardan püsküren sıcak, asitli su yüzünden oksijenden arındırıldığına inanmaktadırlar.[22] Bu görüşün bir parçası olarak, bitki benzeri bakterilerin uzun bir süre çok yerel olmalarının, çok yavaş şekilde yayılmalarının ve bu nedenle yaygın oksitlenme izleri bırakmamalarının mümkün olup olamayacağı sorusu da ortaya çıkmaktadır.

Bazı paleontologlar, stromatolitler gibi muazzam yapıların asırlardır süren dikkat çekici dayanıklılıklarının yanı sıra, onları meydana getiren organizmaların daha da şaşırtıcı bir kararlılık sergilediğini düşünmektedirler. Evrimin bu iki yönlü yokluğunu tarif etmek için bir benzetme kullanılmaktadır: Bu, "Volkswagen sendromu" değildir. Aslında, Volkswagen kaplumbağa'nın kayda değer sürekliliğinin yanında, motor üzerinde yıllar boyunca yapılan önemli teknolojik ilerlemeler bulunmaktaydı. Bunun aksine, taş halıda evrim meydana gelmeyişi, onu meydana getiren organizmalarda meydana gelen dahili bir evrimi gizlememiştir; bunlar, hâlâ çok hücreli bakterilerdir (günümüzde en yaygın bitki benzeri bakteriler siyanobakterilerdir).[23]

Öncelikle çok iyi yapılanmış ipliksi bakterilerden (birbiri üzerine istiflenmiş çok sayıda hücre) meydana gelmiş bulunan stromatolitlerin vaktinden önce gelişmiş görüntüleri, Dünya'da yaşamın ortaya çıkışını anlamak açısından önemli bir unsurdur.

İpliksi bakterilerin 3,235 milyar yıl öncesinden kalan başka izleri, Avustralya'da keşfedilmiştir.[24] Kükürtlü hidrotermal su kaynaklarının çevresinde gelişmiş olan bu bakteriler, farklı bir yaşam şekline sahiptiler. Bu nedenle, ışığa gereksinim duymuyor ve çok derinlerde yaşayabiliyorlardı. Benzer şekilde, Güney Afrika'da volkanik lav içinde 3,5 milyar yıl öncesine tarihlenen, yaklaşık 0,2 milimetre uzunlukta boru biçimli mikroorganizmaların izleri bulunmuştur (Şekil 2C).[25] Son olarak, mikrobiyal sülfat bileşiklerinin oluşumu en az 3,47 milyar yıl önce başlamıştır.[26]

3,5 ila 3 milyar yıl öncesine ait yaşam izlerine ait bütün tanımlamalar son 20 yıl içinde yapılmıştır ve hâlâ bazılarının onaylanması gerekmektedir. Bununla beraber, ara sıra bazı erken izlerin gerçekliğini tartışan en saygın paleontologlar, o sırada Dünya'da yaşamın var olduğu konusunda anlaşmaktadırlar. Dolayısıyla, atalarımızın yaşamına tanıklık eden kanıt parçalarından bazıları tartışma konusu olsa dahi, hâlihazırda mevcut kanıtların büyük bölümü birlikte ele alındığı zaman, o eski tarihlerde yaşamın var olduğu konusunda güçlü bir görüş oluşmaktadır. Dünya üzerinde yaşamın 3,5 milyar yıl önce başladığı konusunda anlaşmaya vardığınıza göre, şimdi iki görüşü açık ve kesin şekilde ortaya koyabiliriz.

Bunların ilki, Dünya üzerinde yaşamın ortaya çıktığı tarihin doğru olarak tahmin edilmesi ile ilgilidir. Paleontologlar, kimyasal izlerin, bakteriler tarafından üretilen kalıntıların, fosilleşmiş yapılara ait izlerin bulunmasına bel bağlamışlardır. En yaşlı sınırını 3,5 milyar yıl öncesine getirip dayayan şey, bu özelliklerin tarihlenmesidir. Fakat, iki gerçeği dikkate aldığınız zaman, varılan bu kararın biraz yumuşatılması gerekir. Bir yandan, 3,8 ila 3,4 milyar yıl öncesine tarihlenmiş kaya kalıntıları son derece nadirdir ve coğrafi dağılımları oldukça sınırlıdır. Dünya'nın o dönemdeki yüzeyinin büyük bölümü, kabuk hareketleri nedeniyle alt üst olmuştur. Bu yüzden, o çağlara ait kayalar ve çökeltiler yükselmiş, gömülmüş, sıkıştırılmış, ısınmış ve ergimiştir. Diğer yandan da, yaşam kalıntıları açısından en zengin olan ve 3,5 ila 3,4 milyar yıl öncesine tarihlenen oluşumlar, sıcak, kükürtlü suların kıyı bölgelerinde veya kaynaklarında bulunmaktadır. Unutulmamalıdır ki, kıyı bölgeler ve kaynaklar, okyanusların ve ortaya çıkmakta olan toprakların muazzamlığı ile kıyaslandığı zaman, o tarihlerde minicik bir yaşam vahası oluşturmaktaydılar. Bu veriler, şimdiye kadar büyük bir şans eseri keşfedilen 3,5 ila 3,4 milyar yıl öncesine ait yaşam izi içeren çökeltilerin hiç şüphesiz Dünya üzerinde kolonilerin ilk kurulduğu yerleri temsil etmediğini düşündürmektedir. Gezegende kolonilerin son derece sınırlı bir veya birkaç noktada ilk olarak ortaya çıkışının çok daha eskiden meydana gelmiş olması gerekir ve günümüze kadar bulunan kalıntılardan yola çıkarak ilk kolonileşmenin yaşını hassas bir şekilde tahmin etmemiz mümkün değildir. Bu nedenle, söyleyebileceğimiz tek şeyi, Dünya'da yaşamın en az 3,5 milyar yıl önce ortaya çıkmış olduğundan ibarettir.

İkinci gözlem, 3,5 ila 3,4 milyar yıl öncesine ait yaşam izleri topluluğu ile ilgilidir. Gariptir ki, o sırada bakteriler zaten epeyce çeşitlenmişlerdi (tek hücreli, ipliksi, çok hücreli, kıyılarda yoğun halılar ve yapılar oluşturanlar veya kükürt

kaynaklarının yakınlarında büyüyenler). 3,5 ila 3,4 milyar yıl önce bu formlarının hepsinin birden var olması, kökeni daha eskilere dayanan, daha basit, daha az çeşide sahip yaşam formlarının mevcut olması gerektirdiğini düşündürmektedir.

Toparlayacak olursak, çok eski yaşama ait bütün bu kalıntılar, ilk canlı organizmaların ortaya çıktığı yere, zamana ve mekanizmaya dair kesin ipuçları vermemektedir. Bu nedenle, yaşamın bugün sıcağa dayanıklı çok çeşitli bakterilerin geliştiği çevreye benzeyen bir çevrede, okyanus ortasındaki bir yükselti boyunca uzanan sıcak, yüzey altı sularında ortaya çıkmış olması olasılığını savunan popüler görüş, hiçbir bilimsel temele dayalı olmayan bir varsayımdan ibarettir. Bildiğimiz sadece 3,5 ila 3,2 milyar yıl önce değişik koşullar altında bakteri çeşitlenmesinin meydana geldiğidir. Yaşamın kökeninde tek bir bakteri türünün (sülfatlarla bileşen veya fotoototrof) ya da Dünya üzerinde tek bir durumun (derin, sıcak kaynaklar ya da yüzey altında yattığını) olduğunu söylemek spekülasyondur.

Bilinen En Küçük Yaşam Formu

Sorunun dikkate alınması gereken başka bir öğesi daha vardır. Dünya üzerinde bakteri yaşamının ortaya çıkışından bu yana, daha eski, daha öncül - fosil ya da canlı - hiçbir yaşam şekli bulunmamıştır. Bakterilerin veya hayvan ya da bitki hücrelerinin asalağı olan, onlar olmaksızın hayatta kalamayan, çünkü onlar olmadan büyümeyi (çünkü hepsi asalaktırlar) veya çoğalmayı (taşıyıcı DNA'sını kullanan virüslerin belirgin bir yetersizliği) başaramayan virüsleri bu kategorinin dışında tutmamız gerekir. Asalakların çoğunda olduğu gibi, virüslerin de atalarına kıyasla önemli ölçüde sadeleşmiş olması gereklidir; yapıları ile büyüme ve üreme yolları, zarar veriyor oldukları ev sahiplerine son derece uyum sağlamıştır. Virüsler tek başına yaşayamazlar, bu nedenle onların şimdiki şekli yaşamın öncülleri için bir model olarak kabul edilemez. Bununla birlikte virüsler, bakterilerden ya da bakterilere kıyasla daha basit olan bilinmeyen yaşam formlarının soyundan gelen körelmiş torunlar olabilirler.[27]

Bakteriler, günümüzde bilinen en basit canlı organizmalardır. Dünya üzerinde bakterilerin ortaya çıkmasının ardından, evrimin bazı patikaları karmaşık, yapılanmış yaşam şekillerinin (hayvanlar ve bitkiler gibi) ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır. Bu süreç, günümüzde Dünya üzerinde bulunan bu kadar çeşitli ve mevcut ortamlara bu kadar uyum sağlamış olan bakteriler gibi daha basit yaşam şekillerini hiçbir zaman ortadan kaldırmamıştır. Bütün kanıtlar, ne kadar basit

olursa yaşamın çeşitli ortamlara uyum sağlama ve kalıcı olma şansının da o kadar yüksek olduğuna işaret etmektedir. Dolayısıyla, prebiyotik maddelerle bakteriler arasında kalan, çoğalma yeteneğine sahip organizmaların günümüzde hâlâ bol miktarda bulunması gerekirdi. Günümüzde, bu basit yaşam şekillerinin evrilmesi sonucunda yeni bakterilerin ortaya çıkması gerekirdi. Fakat doğada inorganik malzeme ile bakteriler arasında hiçbir geçiş süreci bulunmamıştır. Günümüzde yaşayan ya da fosilleşmiş türler arasında, bağımsız olarak (daha iyi yapılanmış bir organizma kullanmadan) yaşama yeteneği taşıyan hiçbir prebakteriyel organizma ile karşılaşılmamıştır.

Hiç şüphesiz, kısa bir süre önce kayalarda ve canlı organizmalarda yaşayan (kanımızda dahi bir miktar bulunmaktadır) gizemli nanobakteriler gibi bazı olasılıklar da incelenmiştir. Bunlar, elektron mikroskobu altında gözlemlenebilen küresel ya da oval canlılardır. Bakteri adı taşımalarının sebebi sadece benzerlikleridir, çünkü dış şekilleri bakterileri *andırır*. Hacimleri, sıradan bakterilerin yüzde biri kadardır. Büyüklükleri birkaç düzine nanometre dolaylarındadır (bir nanometre, 0,000001 milimetredir), adlarındaki nano ön eki bu nedenle eklenmiştir. İçlerinde ne olduğu ve nasıl çoğaldıkları konusunda henüz yeterli bir fikir sahibi değiliz. Basit kristaller midirler, mineralleşmiş bakteri parçacıkları ya da yaşamın ilk mikropları mıdırlar? Aslında, bu parçacıkların kaynağı ve işlevi konusunda fazla bir bilgiye sahip değiliz, bu alanda öne sürülen birkaç biyolojik varsayım da tartışmalı konumdadır.[28] Son olarak, bu nanobakterilerle bakteriler arasında herhangi bir ara kademe mevcut değildir.

En küçük canlı organizmalar üzerindeki bu araştırmaların açıklığa kavuşmasını beklerken, prebakteriyel olduğundan şüphe edilmeyen yapılar ile bakteri olduğu kesin olanlar arasındaki geçiş aşamalarının yokluğu sorununun üzerinde düşünmek gerekmektedir. Bundan dolayı, mikroorganizmaların boyut açısından alt sınırları hakkındaki varsayımlar üzerinde tartışma yapmak üzere, ABD Ulusal Bilimler Akademisi desteği ile 1998 yılında uzmanlardan oluşan uluslararası bir panel toplanmıştır. Bu panel, canlı organizmalarda en küçük çapın 0,0002 ile 0,0003 milimetre (200 ila 300 nanometre veya 0,2 ila 0,3 mikron) olduğuna karar vermiştir. Günümüzde bilinen en küçük bakterinin uzunluğu, 0,2 mikron civarındadır.[29]

Başka bilim insanları, kendi kendini kopyalama yeteneğine sahip, işlevli bir organizma için gereken asgari gen sayısını belirlemek üzere çalışma yapmışlardır. Örneğin, en küçük DNA'ya sahip bilinen bakterilerden hareketle, tahminler yaşamsal proteinlerin kodlanması için gerekli olan asgari gen sayısının 200 kadar olduğunu ortaya koymaktadır.[30]

Fakat, bir hiç olarak başlayan yaşam, nasıl olup ta 0,2 ila 0,3 mikron büyüklüğünde bir organizmanın içindeki genetik sermayeye doğru gelişmiştir?

Bu soru, bütün bakteriler için LUCA olarak isimlendirilen (last universal common ancestor – son evrensel ortak ata) evrensel, benzersiz bir ata olabileceği düşüncesini doğurmuştur.[31] Bakterilerin kökenine ilişkin bu görüşe göre, meydana gelen tek bir istisnai olay – bazı yazarlar bir mucizeden bahsetmektedir – tek bir bakterinin ortaya çıkmasına yol açmış, o da sonradan çoğalmış ve evrim tarafından çeşitlendirilmiş olabilir. Aslında, karmaşık organik moleküllerden meydana gelen çorbanın birkaç bakteri türü üretmiş olması, bunlardan da sadece bazılarının 3,5 milyardan fazla yıl önce Dünya üzerinde ortaya çıkan bakterilerin kökenini oluşturmuş olması, daha akla yatkın gelmektedir. Yani vurgulanması gereken şey, bütün yaşamın kökeni olarak tek bir bakterinin alımlı görüntüsü değil, o sırada gerçekleşen bütün süreçler olmalıdır.[32] Büyük olasılıkla, organik moleküllerin ortaklık kurması ve birleşmesinden ortaya çıkan bakteriyel yaşam, bir sağanak halinde gerçekleşiyordu. Bakterilerin ortaya çıkışına ilişkin bu süreç, bir otomobil fabrikasının işleyişini andırır: Montaj için gereken bütün parçalar hazır ve yerinde bulunmalı ve sistemin asıl merkezi (RNA ve DNA) kendini, ara ürünleri ve nihai ürünü kopyalamaya hazır olmalıdır. Son derece karmaşık bu kimyasal sistemin çıktısını tek bir ürün (LUCA) ile sınırlı görmek, birbirinden kaçınılmaz şekilde farklı olan, fakat hepsi de birbirine benzeyen ilk bakterilerin ortaya çıkışı sırasında iş başında olan süreçlerin muazzam potansiyelini göz ardı etmek olacaktır.

Şurası muhakkak ki, üçüncü binyılın başlangıcında bulunan bizler, bakterilerin ortaya çıkışı ile ilgili süreçleri ve aşamaları henüz tarif edememekte ve tanımlayamamaktayız. İlk bakterilerin kendiliğinden ortaya çıktığı kesin tarih ve yer de bilinmemektedir. Bakterilerin –kendi kendini kopyalama sistemi ile donanmış, kendileri son derece karmaşık moleküller olan DNA ve RNA'yı içeren, olağanüstü karmaşıklıkta biyokimyasal fabrikalar – tanımlanmış hiçbir ataları bulunmadığını kabullenmek zorundayız. Bakteriler, hem yaşayan en küçük yapı, hem de bir biyolojik ve kimyasal teknoloji harikası olarak kalmaktadır. Onları, Dünya üzerindeki yaşamın orijinal tohumları olarak düşünebiliriz.

Antik yaşam şekilleri olmalarına karşın yine de karmaşık bir yapıya sahip olan bakteriler ile inorganik maddeler arasında bir geçiş olduğunu gösteren kanıtların mevcut olmamasını açıklayabilecek iki olasılık bulunmaktadır.

1. Aradaki yaşam şekilleri veya bakterilerin üremesine yol açan süreç için uygun olan çevre koşulları, bilinmeyen nedenlerle ve hiçbir iz bırakmaksızın Dün-

ya'dan tamamen kaybolmuşlardır. Örneğin, bunların yaşadığı bölgede bir afet (bir meteor düşmesi veya volkanik püskürme) meydana geldiğini düşünebiliriz. Sadece bakteriler hayatta kalmıştır. Onlar da muhtemelen küresel olarak daha geniş bir dağılıma sahiptiler, ya da daha büyük bir olasılıkla afetlere veya çevre şartlarındaki diğer hızlı değişikliklere dayanacak kadar donanımlıydılar.

2. İnorganik maddeler ile bakteriler arasındaki geçiş canlıları, Dünya üzerinde hiçbir zaman mevcut olmamıştır. Kozmik yolculukların koşulları altında hayatta kalabilecek şekilde uyum sağlamış bakteriler, gezegenimize yalnız başına gelmişler, daha az dirençli olan türler bu yolculuk sırasında doğal seçilim vasıtası ile ortadan kaldırılmıştır.

Astrobiyoloji ve Yaşamın Dünya'da Başladığı İnancı

Yaşamın Dünya üzerinde doğduğunu ileri süren ilk varsayımın yalnızca dayanaksız bir varsayım olduğunu kabullenmeliyiz; onaylamak için yapılan bütün araştırmalar, çıkmaz bir sokakta son bulmuştur. Bu, sadece mantıksal ve gün gibi ortada görünen bir fikirdir. Öğretilen bir fikirdir. Bu fikir, bir inanca dönüşmüştür.

Bu düşünceler, bizi Dünya üzerinde ortaya çıkan tohumların başka bir yerden geldiği yolundaki öbür varsayımı daha yakından incelemeye sevk etmektedir. *Başka bir yer!* Bu görüş, konuya tamamen farklı bir bakış açısı getirmekte ve başka bir yerde yaşam kuvözlerinin varlığını ya da ilk genin kaynağının ve molekülleri bakterilere yol açacak şekilde birleştiren ilk sürecin arkasında bilinmeyen başka güçler bulunduğunu ima etmektedir. Bu, kolay bir çözümdür – köken sorununu (yaşamın ortaya çıkış yeri ve zamanı) çözmez; yerini değiştirir. Fakat fikir, çok baştan çıkarıcıdır; ayrıca hiçbir dayanağı da yoktur, sadece bir başka spekülatif varsayımdır. Bu varsayım, bir kuram haline gelmiştir. Bu kuramın öncüleri arasında Nobel ödülü kazanmış iki kişi vardır: İrlandalı Lord Kelvin (1824-1907) ve bu kurama *panspermia* (kelime anlamı olarak "her yere saçılmış tohumlar" demektir) adını veren İsveçli Svante Arrhenius (1859-1927).[33] Bu varsayım üzerinde çalışanlar, ekzobiyologlar (yaşamı başka yerlerde arayanlar) veya astrobiyologlardır. Bu, yerleşik inançlara aykırı bir görüştür ve Dünya'nın güneş etrafında döndüğünü 1513 yılında ileri süren (Galile bu görüşü 1615 yılında tekrar ileri sürmüş, fakat anlatma çabalarında daha başarılı olamamıştır) Nicolaus Copernicus'un ya da 1800 yılında maymunun insana dönüştüğünü ileri süren

(Darwin bu görüşü 1871 yılında tekrar ileri sürmüş ve bilimsel müritlerden oluşan bir çevreyi ikna etmeyi başarmıştır) Lamarck'ın görüşleri kadar rahatsız edicidir.

Panspermia kuramı, yirminci yüzyılın ikinci yarısında Nobel ödüllü pek çok bilim insanı tarafından savunulmuştur. Bunlar arasında en yaratıcı olan, DNA yapısının keşfine ortak olan Francis Crick'tir (1916-2004). Crick, içinde varsayımını büyük bir ciddiyetle ortaya attığı bir kitap yazmıştır; buna "yönlendirilmiş panspermia" adını vermişti.[34] Ona göre, bilinçli olarak bakterilerle doldurulmuş bir uzay gemisi dünya dışından gelmiş ve Dünya'ya düşmüş, büyük bir çeşitliliğe sahip mikroorganizmalar bu şekilde her tarafa yayılmış, bunlar arasından da bazı türler hayatta kalmayı başarmış ve çoğalmışlardır. Bu, semptomatik bir kitaptır. DNA'nın kaşifi ve uzmanı olan Crick, DNA'nın Dünya üzerinde, cansız maddelerden, kendi kendine ortaya çıktığı yolundaki varsayımı reddetmektedir. DNA'nın başka bir yerden geldiği sonucuna varmıştır. Meteorların "bulaştırıcı" yeteneğinin henüz farkında olmaksızın, Dünya'nın dünya dışı bir güç tarafından aşılandığını düşünmüş, bize yaşamı getiren uzay gemisinin özelliklerini tarif edecek kadar ileri gitmiştir. Bilim kurgu eserleri, bu varsayımın esin kaynağını oluşturmuş olabilir! Solunabilir bir atmosfer yaratmak üzere Mars'a bakteriler yollamayı tasavvur eden uzayın fethi mantığını uygulayarak, dünya dışı bir uygarlığın bakterilerin çoğalması ve evrim geçirmesi yolu ile oksijen içeren bir atmosfer (fotosentez sağ olsun) ve uygun bir çevre yaratarak yaşanabilir hale getirmek için Dünya'yı aşılamış olduğunu düşünebiliriz. Günün birinde buraya inerek ektiklerinin meyvesini toplamak isteyecek midirler acaba?

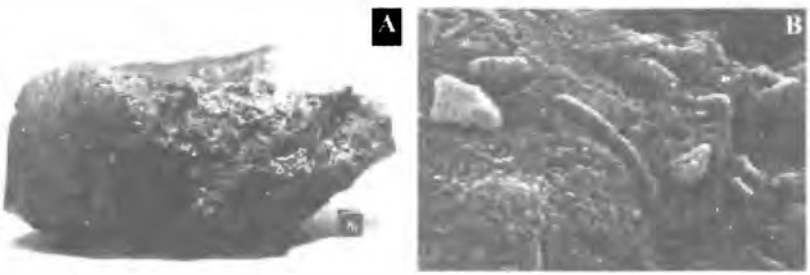
Mars'tan Gelen Bir Meteor mu?

Imre Friedmann (1921-2007), 1980 yılında Tallahassee'de Florida Eyalet Üniversitesinde biyoloji profesörü olarak çalışıyordu. Doktora tezimi değerlendiren jüriye katılması için kendisini Nice'e davet etmiştim. O sıralarda, üzerinde 10 yıldır çalışmakta olduğum, Caulerpales adlı garip bir yeşil alg ailesi konusunda uzmandı. Daha sonra mikroalgler üzerinde uzmanlaştı, sonra da soğuk ortam bakterileri üzerinde. Antarktika buzlarındaki mikroorganizmalar konusunun önde gelen uzmanı oldu.

O sıralarda, ABD'de NASA (National Aeronautics and Space Administration), Mars gezegenine ilgi duymaya başlıyor ve iki soruyu tekrar tekrar soruyordu: Orada yaşam var mı? Orada eskiden yaşam var mıydı?

Bununla birlikte, Mars soğuk bir gezegendir, çoğunlukla karbon dioksitten meydana gelen ince bir atmosfere sahiptir, uzak geçmişte bol olan suyu, günümüzde yüzey buzu olarak hâlâ mevcuttur. Su, kendi gezegenimizde içinde yaşamın ortaya çıktığı ortamdı. Dolayısıyla, yaşamın Mars'ta da paralel veya benzer bir şekilde gelişmesine ait kanıtlar aramak, mantıklı bir davranıştır. NASA, kırmızı gezegendeki toprağın ve havanın fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkında bilgi toplamak üzere Mars'a robotlar yerleştirmeyi başarmış olmakla beraber, 1984 yılında Antarktika'nın yüzen buz kitlelerinin üzerinde bulunan bir meteor, giderek artan bir ilgi toplamıştır. Bu, mütevazı bir kayadır, zar zor 1,9 kilogram gelmektedir, fakat diğer dünya dışı kayalardan çok farklı bir görünüme sahiptir (Şekil 3A). Bu kayadan kesilen küçük parçalar, çeşitli uzmanlara gönderilmiştir. NASA, Antarktika bakterileri üzerinde mevcut az sayıda uzmandan biri olan Friedmann'dan, meteor üzerinde yerel kökenli, yani Dünya'ya ait bakteriler tarafından meydana getirilmiş olabilecek kirlenmeyi tesbit etmesini istemiştir.

Yaşamımı zenginleştiren, tamamen şans eseri karşılaşmalar, beni sık sık etkilemiştir. Alışılagelmemiş bir olasılıklar zinciri, Friedmann'ı tekrar görmeme neden oldu.[35] Friedmann, 2001 Şubatında, doktora tezimin jürisine katıldıktan 20 yıl sonra, Nice'den geçerken bana uğrayarak o sırada yaşananları ve ondan sonra olan her şeyin aklıma gelmesine yol açtı ... tam da ben bu kitabı yazarken. Onu evime, akşam yemeğine davet ettim. Doğal olarak, konuşmamız yaptığı araştırmaya geldi ve bana meteorun hikâyesi ile kendisinin yaptığı dikkate değer keşfi anlattı. Bunları ALH84001 kod adlı bir polis soruşturması havasında aşağıda anlatacağım.



Şekil 3. A, Meteor ALH84001. B, Meteor ALH84001 üzerinde gözlenen garip solucanımsı şekiller, alelade bakterileri andırmaktadır, fakat hâlâ açıklanamamışlardır. Bunların Mars'ta ilkel yaşamın mevcut olduğuna işaret ettiği yolunda 1996 yılında Science dergisinde yayımlanan iddialara itiraz edilmiştir. (Fotoğraflar David S. McKay.)

ALH84001 Olayı

Friedman, ALH84001 kayasının iyi bildiği bir bölgede, Antarktika'nın kenarındaki Allan Hills (dolayısıyla ALH) adı verilen bir açık alanda bulunduğunu anlatarak beni bilgilendirmeye başladı. Bu, o bölgede 1984 yılında keşfedilen ilk meteordu (dolayısıyla 84 ve 001). Bana söylediğine göre bu, Mars'tan geldiğine inanılan on ikinci meteordu - Dünya'daki varlığı, binyıl başlamak üzereyken anlaşılmıştı.

Bu hikâyenin kötü bir şekilde başladığına işaret ederek onu durdurdum; "inanılan" kelimesi, daha şimdiden kuşku ifade ediyordu. Bana aslında çok az miktarda kuşku olduğunu anlattı. Meteorun bileşimi, kimyacılar ve fizikçiler tarafından incelenmişti. Kayadan ve gazdan meydana geliyordu, çünkü meteorlarda sıklıkla içinde minicik gaz kabarcıkları olan camlaşmış kaya parçacıkları bulunurdu. Kayaları ve gazları tarihlemek için birkaç yöntem kullanılır. Bunlardan birinde, yavaş yavaş daha kararlı atomlara dönüşen kararsız radyoaktif atomların oranı ölçülür.[36] Buna ek olarak, temel kimyasal elementlerin (atom) her biri için türlerinin (izotoplar) oranı ölçülür.[37] Çeşitli kararlı ve kararsız izotopların oranları, bir "genetik damga'ya" karşılık gelir. Meteorların özellikleri, 1976 yılında Mars yüzeyine inen Viking sondaları tarafından toplanan Mars toprağı ve atmosferindeki temel elementlerin özellikleri ile karşılaştırılmış ve ALH84001'in atomik ve izotopik bileşiminin, Mars'ınki ile aynı olduğu görülmüştü. Bu kanıtlar, ikna edicidir. Bu kayanın Mars kökenli olduğuna kanaat getirdim. Ayrıca, jeokimyacılar henüz bu görüşün aksini kanıtlamamışlardır.

Kimyasal imza, meteoru meydana getiren kayanın doğumunun da tarihlenmesine olanak sağlamaktadır (jeofizikçiler bunu izotopların doğal parçalanma hızını ölçerek yaparlar). Sürpriz: Güneş'imizin etrafında dönen gezegenlerin yaklaşık 4,56 milyar yıl önce şekillenmiş olmasına karşın, bilim insanları ALH84001'i 4,5 milyar yıl öncesine tarihlemişlerdi. İnsanın, meteorun kendi dikkat çekiciliğinin yanı sıra, jeokimyacıların çıkarımlarından da etkilenmemesi mümkün mü? Bu, güneş sistemine ait şimdiye kadar bulunmuş en eski kayaydı.[38]

Daha sonra Friedmann, bana bu kayanın 4 milyar yıl önce Mars üzerinde çatladığını anlattı. Meteorun çatlaklarına 3,9 milyar yıl önce karbon esaslı maddeler birikmişti. Bu çamurlu maddeler katılaşmış, içlerindekiler fosilleşmişti. Meteorun bileşimi üzerinde yapılan kimyasal analizler, bunu doğrulamaktadır.

Jeokimyacıların üstün başarılarına alışmaya başlıyorum!

Sonra Friedmann, 16 milyon yıl önce bir asteroitin Mars'a çarpmış olması gerektiğini, bunun sonucunda da içlerinden biri ALH84001 olan pek çok Mars kayası parçasının uzaya fırlamış olduğunu öne sürdü.

Biraz ileri gittin! Bunu nasıl söyleyebiliyorsun?

Basit: İlk olarak bu, Mars kayasının uzaya fırlaması için en akla yatkın açıklamadır. İkincisi, uzay boşluğunda gezerek geçirdiği süre, ölçülebilir izler bırakmıştı. İşin aslına bakılacak olursa, kayanın maruz kaldığı kozmik ışınlar, meteorun dışındaki atomları bazı şekillerde değişikliğe uğratmıştı. Bu değişikliklerin miktarı, radyasyona maruz kalma süresinin, yani uzaydaki konukluğunun uzunluğunun tahmin edilmesine olanak sağlamaktaydı.

Tekrar jeokimyacıların teknik başarıları hakkında hayaller kurmaya başlamıştım.

Friedmann, sözüne devam ederek meteorun Dünya'ya sadece 13.000 yıl önce düştüğünü, Allan Hills buzları üzerine indiğini açıkladı.

Açıklama çok basit. Meteorun etrafında bulunan buzun içindeki gaz kabarcıklarındaki izotopların analiz edilmesi yeter, düştüğü yıl bu şekilde birkaç yüzyıl hata ile belirlenebilir.

Friedmann, bana böyle meteorların Dünya'ya herhangi bir zaman düşmüş olabileceğini izah etti. Ve Dünya'da yaşamın ilk tohumlarının atılmış olduğu düşünülen dönemde (yaklaşık 3,85 ila 3,5 milyar yıl önce), ortam şimdikine kıyasla çok farklıydı. Asteroitlerin büyük kısmını Dünya'ya ulaşmalarından önce yakarak yok eden yoğun atmosfer (kayan yıldızlar, atmosferin üst katmanlarına girdikleri zaman alev alıp yanarak yok olan küçük meteorlardır), o dönemde mevcut değildi. Dünya, asteroitler ve kuyruklu yıldızlar tarafından bombardıman ediliyordu ve aynı zamanda lav, toz ve asal gazlar püskürtmekteydi. Yüzey katmanları kararsızdı - dalgalanıyordu, bazı kısımları yukarı kalkıyordu. Meydana gelen kabuklar, muazzam, derin jeolojik çatlaklar tarafından yutuluyor, sonra da büyük basınç ve sıcaklığın etkisi ile dönüşüme uğramış şekilde tekrar ortaya çıkıyordu. Bütün bu hareketler, büyük tümsekler (dağlar) ve içinde suların biriktiği büyük çukurlar (okyanuslar) meydana getiriyor, meteor kraterlerini silip yok ediyordu. Ay'da ve Mars'ta toprak çabucak soğudu ve tam olarak sabitleşti; çarpan asteroitlerin izleri (iyi bir dürbünle ayırt edebildiğimiz ay kraterleri), Dünya'da olanın aksine, yer hareketleri tarafından silinmedi.

Dünya'da yaşam bu koşullar altında, o sırada oksijen açısından fakir olan suyun içinde ortaya çıktı. Doğum mu, yaratılış mı? Ya da, yaşam için uygun malzemelerden meydana gelmiş bir çorbanın içine düşen bir asteroitin kalbinden çıkan, başka bir yerden gelen bir modelden doğan bir şey mi?

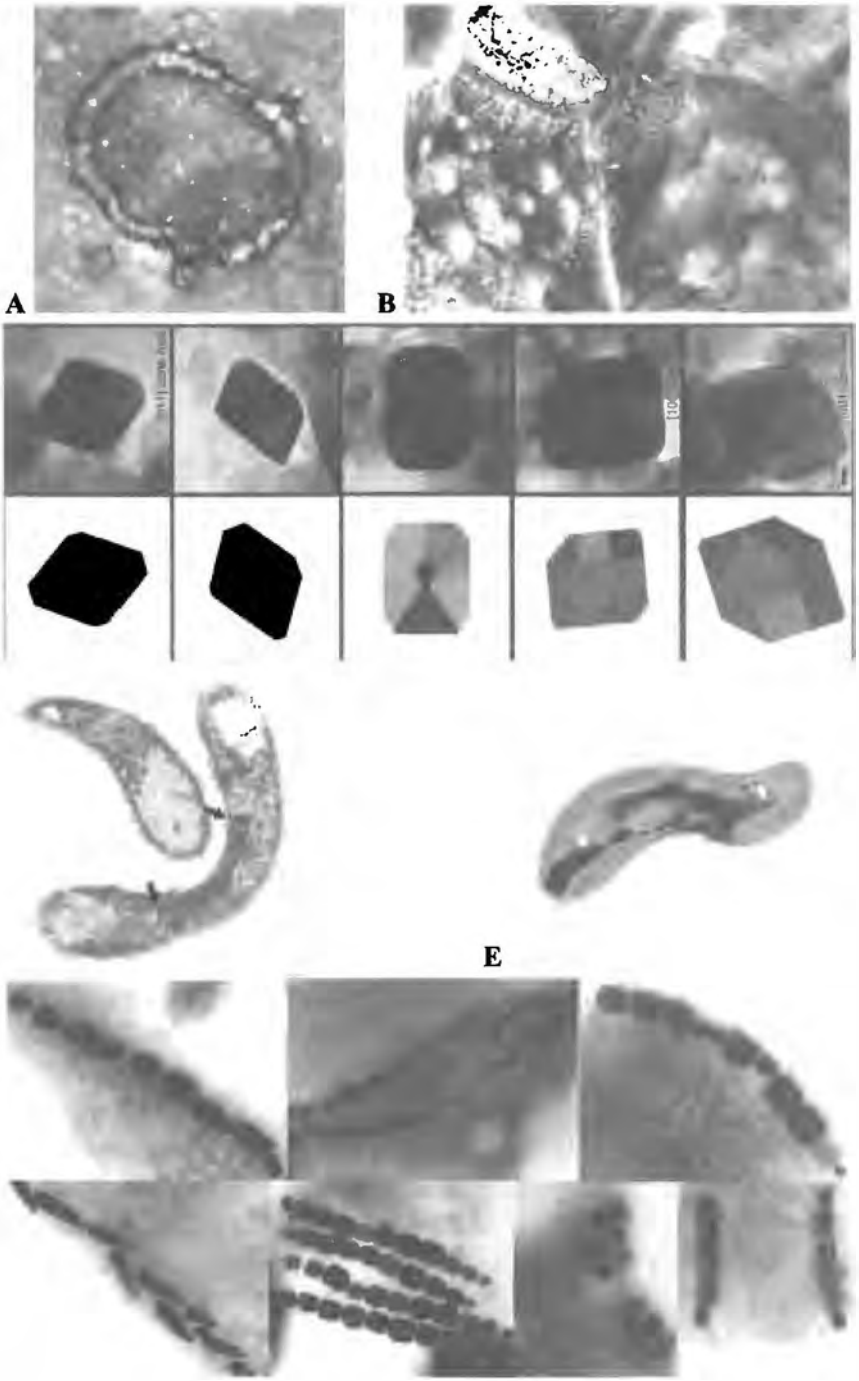
Astrobiyologlar, bu soruların yanıtını bulmak için ALH84001 meteorunun karbon içerikli çökeltilerinin içinde dünya dışı yaşamın izlerini aradılar. Bu sırada, birkaç şaşırtıcı öğe keşfedildi.[39]

Organik moleküller (karmaşık hidrokarbonlar), inorganik maddeden kendi kendine meydana gelebilecek olanlardan çok farklı moleküller bulundu. Dünya üzerinde bu moleküllerden binlercesi var, fakat hiçbiri, ALH84001'den alınanlara benzemiyordu.

Bu meteordan alınan karbon içerikli parçaların elektron mikroskobunun altında incelenmesi sonucunda, her biri 0,00002 milimetre çaplı küreciklerden meydana gelen 0,0002 milimetre uzunlukta solucan şekilli parçacıklar görüldü (Şekil 4B). Garip! Bu şekiller, günümüzdeki bakteri kolonilerini andırmaktadır. ALH840001'i inceleyen bilim insanları, ayrıca 0,00002 milimetre çapında, çok yüksek sayıda, minicik, bir başına küresel parçacık bulunduğuna da dikkat ettiler. Bu dizilmiş damlacıklar ve izole olmuş parçacıkların hacmi, günümüzdeki bakterilerin 1/200 katı civarındaydı. Bunlar, halihazırda bazı kayalarda veya mikroorganizmalarda bulunan nanobakterilerle aynı kategoriye dahil edildi. Ancak, daha önce söylediğim gibi, bu nanobakterilerin gizemi sürmektedir; bunların ne olduğunu bilmiyoruz. Basit kristaller mi? Bakteri parçaları mı? Minibakteriler mi?

Yine de NASA'nın ALH84001 üstünde, dolayısıyla Mars'ta yaşamın (bir zamanlar) mevcut olduğunu onaylamak için 1996 Ağustosunda yaptığı girişim, bu öğelere dayanmaktaydı.[40] Bütçe sıkıntılarının ortasında (NASA'nın Mars yüzeyine yapılacak keşif gezilerinin sayısını arttırmaya çalıştığı bir sırada) ortaya çıkan bu haberler 'tam zamanında ortaya çıkmış' görünüyordu ve dolayısıyla derhal şüphe uyandırdı. Daha sonra, başka uzmanlar bu varsayımın temelinde yatan öğelere şiddetle itiraz ettiler, eleştirilen araştırmacılar da tepki gösterdiler. Dizilmiş damlacıkların meteorun içine girmiş ve yakın bir zaman önce fosilleşmiş dünyalı bakterilerin kalıntıları *olabileceği de* kanıtlandı.[41] Mikroskobik parçacıklar nanobakteri *olmayabilirdi*, sadece inorganik kristaller olabilirdi.[42] Araştırma ekipleri, daha da ileri giderek, ALH84001 içinde bulunan karbon içerikli organik maddenin canlı organizmaların bulunmadığı bir ortamda kimyasal yöntemlerle *meydana gelmiş olabileceğini* kanıtlamayı dahi başardılar.[43] Son olarak, Antarktika'daki bakterilerin bulaşmış olabileceği dahi ileri sürüldü.[44]

NASA tarafından 1996 yılında ortaya atılan konunun çeşitli öğelerine karşı çıkan son derece teknik, eleştirici bu araştırmaların çapraz ateşi, NASA varsayımının üzerine şüphenin gölgesini düşürdü. Tam bir fiyaskoydu, heyecanla bu işe girişen yazarlar ve makaleyi yayımlamak için çok istekli olan *Science* dergisi edi-


A
B
C
D
E
F

törleri için muazzam bir fiyaskoydu. Bu, NASA ve haberi dünyaya açıklama şerefine erişmiş olan Bill Clinton için de berbat bir başarısızlık olmuştu.

Şaşırtıcı Bir Yaşam İzi

Friedmann, konu ile bu aşamada iken kişisel olarak ilgilenmeye başlamıştı. Kendisine, iyice reklamı yapılmış Mars kayasını inceleme görevi verildi. Mars'tan gelen tek meteor olmaktan çok uzak bu özel meteora duyulan ilgi, kısmen bileşiminden (karbon içeren bölgeler) ve kısmen de kayanın iç kısımlarının her türlü kirlenmeden uzak kalmış olmasından kaynaklanmaktaydı. Kaya, Friedmann'ın gayet iyi tanıdığı, yaşam açısından son derece düşmanca olan Antarktika buzlarının üstüne indiğinden itibaren donmuş durumda kalmıştı. Dolayısıyla Friedmann, dikkatini meteorun bazı iç kısımları üzerine odakladı: Karbon içeren garip yuvarlaklar (Şekil 4A). Daha önceki uzmanlar, karbon içeren bu yuvarlakların içinde magnetit adıyla bilinen çok sayıda küçücük demir oksit kristallerinin - çok küçük muknatıslar - bulunduğunu gördükleri zaman, hayretler içinde kalmışlardı.[45] Friedmann, bu magnetitlerin günümüz bakterilerinin içinde bol miktarda bulunduğunu biliyordu; ayrıca kuşların bazı hücrelerinde ve belirli bazı insan hücrelerinde de bulunmaktadır (Şekil 4D-F).[46] Bunlar, uyum becerimiz üzerinde bir role sahiptirler (bunu öğrendiğim zaman, neden bazı uyum yeteneklerinin kolayca kaybedildiğini, bazılarının da o kadar kolay kaybolmadığını anla-

Şekil 4. Magnetitler. A, ALH84001'den elde edilen ve içinde hidrokarbonlar ve magnetit zincirleri bulunan, yaklaşık 0,2 milimetre çapındaki karbonat damlacıkları. (Fotoğraf Kathie L. Thomas-Keprta.) B, ALH84001'in içindeki kristal zincirleri (magnetitler). Zincirin yapılanma şekli ve kristaller arasındaki son derece düzenli boşluklar, kökeninin biyolojik olduğu yolunda güçlü bir kanıt oluşturmaktadır. (Fotoğraf E. Imre Friedmann.) C, ALH84001'den elde edilen magnetit kristalleri. Şekillerin (tepesi kesilmiş altı-sekiz yüzeyli cisimler) düzgünlüğü ve boyutları, kökeninin biyolojik olduğu yolunda güçlü bir kanıt oluşturmaktadır. (Fotoğraf Kathie L.Thomas-Keprta.) D, Magnetit zinciri içeren günümüze ait bakteriler (iki okun arasında). (Fotoğraf David Balkwill.) E, Günümüze ait bir bakterinin içindeki magnetit zinciri (iki okun arasında). (Fotoğraf Hojatollah Vali.) F, Günümüze ait bakterilerin içinde bulunan ve değişik türlerde çok farklı ve spesifik boyutlar ve kristalleşme desenleri gösteren magnetit kristalleri (magnetozomlar). (Fotoğraf Dirk Schüler.)

mıştım: İnsanlara verilen bu uzman hücrelerin zaman içinde az ya da çok kaybolması kaçınılmazdı). Günümüzde canlı hücrelerde bulunan magnetitler, daima bir ip gibi dizilmiş, her eleman, ince bir zar ile diğerinden ayrılmıştır. Elimize elektron mikroskobu altında incelemek için iyi hazırlanmış iyi bir örnek geçtiği takdirde, dizili magnetitlerin uçları birbirine tutturulmamış bir inci kolyeyi andırdığını görürüz. Masanın üstüne serilmiş bir kolye gibi, magnetit zincirinin de hafif kıvrımları vardır. Daha önceki uzmanlar, ALH84001 parçalarından hazırlanan örneklerde magnetitlerin var olduğuna dikkat etmişlerdi, fakat bunlar dağınık ya da birbiri üstüne yığılmış haldeydiler.[47] Bu tür yapılanmalar, bunların canlı bir organizma tarafından oluşturulduğu izlenimi vermemekteydi. Fakat eski raporlar, kristallerin dikkat çekici ölçüde saf olduğuna ve şekillerinin düzenliliğine dikkat çekmekteydi; biyolojik kökenli magnetitlerde tekrar tekrar karşılaşılan bu özelliklerin mineralleşme (darbe veya ısınma ile) ile açıklanması zordur. ALH84001 içinde magnetitleri ilk keşfeden yazarlar, şu noktayı açıkça belirtmişlerdi: Daha sonra yapılacak araştırmalarda meteorun içinde magnetit zincirlerinin bulunduğu ortaya çıktığı takdirde, bu bulgu Mars'ta yaşam bulunduğu konusunda bir kanıt oluşturacaktı.

Friedmann'ın üzerinde çalıştığı konu, budur. Meteordan ince dilimler keserek yapılan hazırlıkta bir hata olduğundan kuşkulanmış ve meslektaşları tarafından kullanılan yöntemin kayada çok fazla çözülme meydana getirmiş olabileceğini düşünmüştü. Eğer bu doğruysa, kendilerini saran deli gömleğinden kurtulan mikro-mıknatıslar derhal dağılır ya da gruplar oluştururlardı.

Başka yöntemler kullanarak, şüphelerinin doğru olduğunu ortaya çıkardı. Aslında her magnetit yığını, çok güzel bir kristal zincirine karşılık gelmekteydi. Tıpkı kendi hücrelerimizde bulunanlar gibi, birbiri ardına düzgün bir şekilde ve her birinden yalıtılmış şekilde dizilmişlerdi (Şekil 4B). Fakat, hiçbir inorganik olayın, böylesine düzenli bir şekilde dizilmiş magnetit kolyeler üretmesi mümkün değildir. Friedmann ve ekibi, ALH84001'deki karbon içeren damlalarda bunlardan bol miktarda bulunduğunu gördüler. Bu, tesadüflerden ya da bulaşmadan kaynaklanmıyordu; bunlar, Dünya'ya düştüğü ve 13.000 yıl boyunca Antarktika'daki bir buz tarlasında tek başına beklediği sırada Mars kayasında mevcuttu. Magnetit içeren modern bakteriler, ALH84001'in yoğun, taş gibi kalbine girmeyi başaramamışlardı.

Bunu kanıtlamak için çok kaliteli fotoğraflara gerek vardı. Fakat, küçücük mıknatıslı kristaller, normal elektron mikroskoplarının sinyallerini şaşkına çeviriyordu. Friedmann, en iyi şekilde hazırlanmış örneklerle dahi bulanık, düşük çözünürlüklü resimler elde edebiliyordu. Sonra, aklına elektron mikroskobu uz-

manlarını bulmak geldi. Almanya'da bu makinelerin bazıları ünlü optik cihaz üreticilerinden biri tarafından yapılmaktadır: Zeiss. Elektron mikroskoplarını mükemmelleştirmekle görevli başmühendisin işbirliğini temin etti. Son derece gelişmiş deneysel bir model, iki gün boyunca Friedmann'a tahsis edildi. Art arda düzinelerce fotoğraf çekti, bunlardan bir tanesi mükemmeldi: Magnetit kolyeler mükemmel şekilde çıkmıştı. Nihayet keşfini yayımlamaya hazır duruma gelmişti. ALH84001 kayasının içine gömülü bakterilerin "iskeletlerini" gösterme olanağına sahipti.

Ne yazık ki bu keşif, çok talihsiz bir ortamda yapılmıştı. ALH84001 üzerinde yaptıkları ilk inceleme nedeniyle yakın zaman önce bir sürü itirazla karşılaşan astrobiyologlar, giderek artan bir şekilde "marjinal itibar sahibi" olarak değerlendirilmekteydiler. Birdenbire, UFO meraklıları - uçan daireler veya dünyaya inen uzaylılar gördüklerini (ya da görmeyi umduklarını) ileri süren kişiler - ile aynı kategoriye yerleştirilmişlerdi.

Friedmann ve çalışma arkadaşları, bilimsel bir kongrede bir ön makale ile bir poster* sundular, fakat bu, üzerine dikkat çekeceği yerde, kuşku çekti.[48] Bu keşfin daha detaylı ve daha özenle hazırlanmış bir sürümü, en saygın bilimsel dergilere, *Nature* ve *Science* dergilerine gönderildi. Aynı meteorla ilgili eski hayal kırıklığının ateşi ile yanan editörler, makaleyi değerlendirmeye dahi tabi tutmadan reddettiler, çünkü konu üzerinde çok fazla tartışma mevcuttu. Friedmann, bu haksız reddediş karşısında son derece üzülmüş ve sinirlenmişti.

Bu noktada aklıma, o dönemde bilime hükmeden kilise yetkililerinin karşısına çıkan Galile geliverdi. Amaçlar aynıydı: Tartışmayı önlemek. Olayların oluş sırası üzerine şüphenin gölgesini düşürmek, yasaktır.

Daha sonra Friedmann, makaleyi ülkesinin saygıdeğer Ulusal Bilimler Akademisi'ne göndermeye karar verdi. Önce, müsveddelerini ALH84001 üzerine daha önce yazılmış olan astrobiyolojik makalelere ateş etmek üzere kalemlerini kaldırmış olan bazı uzmanlara ve kilise karşıtı bilim insanlarına gönderdi. Makaleyi gönderirken, onlardan eleştirel kanaatlerini belirtmelerini ve bir makalenin sonunda yayımlanan teşekkürler bölümünde kendilerine atıfta bulunabilmek için izin vermelerini istedi. Hepsi de makaleyi kusursuz buldular. Bu uzmanların adından bahseden ve eleştirileri dolayısıyla kendilerine teşekkür eden makale, 2001 Ocak ayında *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*'da yayımlandı. Bu dergi, prestijli olmasına karşın *Science* veya

* Poster: Bilim insanlarının verilerini astıkları, deneylerini tanımladıkları sergi panoları. Ç.N.

Nature kadar çok tanınmamaktadır.[49] Bu derginin aynı sayısında bir başka ekip, ALH84001'deki magnetitlere dair bir başka tuhaflığı bildiriyordu.[50] Bu yazarlar, araştırmalarını magnetitlerin kristalleşme tarzı üzerine odaklamışlardı; onlara göre kristalleşme çok özgündü, her açıdan dünyadaki bakterilerde görülen kristalleşme ile aynıydı (Şekil 4E ve 4F). Bu ikinci ekibin yazarları, Friedmann'ın ekibi ile aynı sonuca ulaşmıştı: *Bu magnetitlerin, yaşamın bir imzası olarak kabul edilmesi gerekirdi!*

Friedmann ve çalışma arkadaşları, nihayet geniş bir kitle tarafından duyulan ve kabul edilen keşiflerinin tadını çıkartma olanağını artık elde etmişlerdi. Bu magnetit kolyeler, bu fosilleşmiş gerçek bakteri "iskeletleri", Mars kayalarında bulunmaktadır.

Bu makalenin yayımlanmasından bir ay sonra, Friedmann bana keşfini yayımlamasının ardından karşılaştığı zorluklan, şüpheleri ve kıskançlıkları bana anlattı. Bununla birlikte, emekliye ayrılışının üstünden çok zaman geçmiş, 80 yaşında bir adamla konuşuyordum. Sahip olduğu profesör emeritus* unvanı ve Antarktika bakterileri üzerindeki muazzam bilgisi, onu bu bilimsel maceraya itmişti. Ufak tefek, hatta çekingen, içten, desteklenecek bir laboratuarı ya da savunacak bir kariyeri olmayan, kendisini zorlayacak resmi ya da özel bir bağışçısı bulunmayan bu insan, yeni keşfi ile şaşırdığı ve heyecanlandığı kadar, keşfinin sebep olduğu düşmanlıkla da sarsılmıştı.

Magnetit kolyelere karşı duyduğum giderek artan ilgi devam ederken, Fransa'da Montauban yakınlarındaki Orgueil köyünde bulunan başka bir meteorun da incelendikçe akıllarda pek çok soru doğmasına yol açtığını öğrendim. 1864 yılında bulunmuş olan bu kaya, şu anda Paris Doğa Tarihi Müzesi'nde sergilenmektedir. 1967 yılında, bu meteorun içindeki boydan boya uzanan cisimciklerde, saydam olmayan kristallerden meydana gelen zincirlerin fotoğrafı çekilmişti.[51] Bir araştırma ekibinin bunlarla bakteriyel magnetit zincirleri arasındaki bağlantıyı[52] kurması, 1998 yılında gerçekleşti:[53] ALH84001 için yapılan ile aynı sonuç! Fakat, Friedmann'ın incelediği kayanın aksine, bunda çok az sayıda magnetit zinciri bulunmaktaydı. Daha da ötesi, meteor sert toprak üzerine düşmüştü ve Antarktika'nın yüzen buz kütleleri üzerindeki ALH84001'in başına gelene kıyasla çok daha büyük ölçüde yerel bakteri bulaşması ile karşılaşmıştı. Friedmann, bana söylediğine göre, varsayılan yaşam izlerinin dış kaynaklı olup olmadığına kesin şekilde karar verebilmek için bu meteorun parçalarını da incelemişti.[54]

---

* Emekli üniversite öğretim üyelerine verilen unvan. Ç.N.

Bununla beraber, gizemli nanobakterilere benzeyen, karbonatlardan meydana gelen ve bakteri büyüklüğünde silindirik şekillere sahip olan yuvarlak parçacıklar, dört başka Mars meteorunun içinde de bulunmuştur.[55]

Bu gözlemlerin bazılarına (özellikle Tunus'a düşmüş olan başka bir mars meteorunda dünyalı organizmalara ait kirlilik bulunduğunu gösteren kanıtlardan sonra)[56] itiraz edilmiş olsa dahi, bir yaşam imzası olarak kabul edilen Mars bakterilerinin fosilleşmiş iskeletleri, bizi başka, daha az duyulmuş gözlemleri kabul etmeye yönlendirmektedir. Kesin olan şey, Mars meteorları konusunda yakın zamanlarda yapılan keşiflerin araştırmacıların merakını ve hayal gücünü arttırdığıdır. Aynı zamanda bu keşifler, ihtiyatlı ya da aşırı ketum oldukları için yaşamın Mars'tan geldiği yolundaki varsayımı destekleyen gözlemleri üzerinde açıkça - ya da hiç - konuşmamış olanları da konuşmak zorunda bırakacaktır.

Yaşam ... Başka Bir Yerden

Doğrudur, incecik bir Mars meteoru diliminin içinde sıraya dizilmiş son derece küçük mıknatıslar insanı endişeye sevk edebilir. Bunlar, Mars üzerinde çok eski zamanlarda bakterilerin, canlı varlıkların mevcut olduğu anlamına gelir. Bu yaşam izleri, şimdiye kadar Dünya üzerinde bulunmuş olanlardan daha yaşlıdır. Ayrıca, magnetit zinciri içeren modern bakterilerin hepsi, en azından biraz oksijen içeren bir atmosferde yaşamaktadır. Günümüzde böyle bakterilerin bir kısmı, iyi havalanan çamurlu çökeltilerde hakim konuma dahi gelmektedir.[57] Dolayısıyla, Mars üzerinde magnetit kolyeli bakterilerin hayatta kalmış olabilmeleri için, oksijenin mevcut olmuş olması gerekir. Bu oksijen, sadece çok karmaşık bir moleküle, kendisini içeren organizmalara yeşil bir renk veren klorofile sahip olan başka bakteriler tarafından tetiklenen kimyasal tepkimeler sonucunda yeterli miktarda üretilmiş olabilir. Klorofil içeren bakteriler, halihazırda Dünya'da çok bol şekilde bulunmaktadır. Yeşil bitkilerin yaşamasına ve bizim yaşamak için ihtiyaç duyduğumuz oksijeni dışarı salmasına olanak sağlayan, bu klorofildir. Dolayısıyla, 3,9 milyar yıldan daha önceki zamanlarda, Mars üzerinde muhtemelen klorofilli bakterilerin mevcut olduğu sonucuna varabiliriz.

Bütün bu gerçekleri göz önünde bulundurarak, Dünya'da yaşamın ALH84001'e benzer bir meteor ile Mars'tan veya başka bir yerden oldukça evrimleşmiş bir bakteri topluluğunun gelmesi sonucunda ortaya çıkışını hayalimizde canlandırabiliriz.

Bununla birlikte, bu mantık silsilesi, sağduyulu bir soru ile yerle bir edilebilir: Başka yerden gelen bakterinin Dünya'da yaşamın tohumlarını ekmeden önce kozmik boşlukta bir süre hayatta kalmış olması gereklidir. Böyle bir şey mümkün olabilir mi?

Uzun zamandır biliyoruz ki, klorofilli olsun ya da olmasın, bazı bakteriler kendilerini bir kese içine alabilirler. Bu hücrelerin "uykusu" veya "kış uykusu", birkaç yıl sürebilir. Önce, kendilerini zorlu çevre koşullarına direnme yeteneğine sahip kalın bir kabuk içine alırlar. Yakın geçmişte öğrendiğimize göre, bazı bakteriler bu şekilde on milyonlarca yıl "uyuma" yeteneğine sahiptirler. 1995 yılında, 25 ila 40 milyon yıl öncesine tarihlenen kehribar içinde fosilleşmiş bir arının karın bölgesinden alınan bakterilerin "yaşama döndürülmesi" mümkün olmuştur.[58] 2000 yılının Ekim ayında başka araştırmacılar Dünya'nın yüzeyinin 600 metre altından kristal yapıya sahip tuz örnekleri çıkarttılar. 250 milyon yıl önce şekillenmiş olan bu kristallerde içinde bakteriler bulunan küçük sıvı kristal mercekler vardı. Bu bakteriler canlı kalmayı başarmışlar ve tuzdan yapılmış lahitlerinden çıkartılır çıkartılmaz çoğalmaya ve bölünmeye başlamışlardı.[59] Yakın geçmişte yapılan bu "hayata döndürülmüş" bakteri keşifleri, itirazlarla karşılaşmıştır,[60] fakat orijinal yazarların bazıları, kendi konumlarından emindirler.[61] Gerçek olan, saygın bakteriyologların bunun mümkün olduğuna inanmaları ve son derece kalifiye hakemler kullanan prestijli bilimsel dergilerin bu dikkat çekici keşifleri yayımlamış olmasıdır.

Başka bir keşif, bazı bakterilerin olağanüstü dayanıklılığını göstermektedir. Bu örnek, 1956 yılında keşfedilen, havasız ortamda büyüyebilen, susuz kalmaya dayanan, yoğun radyoaktif kaynakların yakınında gelişip serpilen ve hatta, yüz parçaya bölünen genomunu tekrar oluşturmayı dahi başarabilen *Deinococcus radiodurans* adlı bakteri ile ilişkilidir.[62] İnsan genomunun tüm dizilimi üzerindeki ilk çalışmalardan birini yayımlayan özel laboratuarın yöneticisi olan Craig Venter, *D. radiodurans* genomunun diziliminin belirlenmesi çalışmalarına katılmıştır ve bu bakteriyi yıldızlararası turizmin olası bir örneği olarak kabul etmektedir.[63]

Son olarak, yere iniş koşulları hakkında da sorular sormamız gerekir. Bakteriler, atmosfere giriş sırasında ortaya çıkan muazzam sıcaklığa ve yere çarpmanın şokuna dayanabilirler mi? Bu soruları yanıtlamak üzere çalışan araştırmacılar, ALH84001 meteorunun içindeki karbon içeren maddelerin 400°C üzerinde sıcaklıklarla karşılaşmadığını kanıtlamayı başardılar. Dolayısıyla, yere iniş sırasında herhangi bir sterilizasyon meydana gelmemişti.[64]

Ayrıca, başka bir ekip de saniyede 300 ila 600 metre hızlarla fırlatılan kayaları kullanarak bazı balistik testleri yaptı ve meteorun infilak etmeden ve dünyaya ulaşıncaya kadar yanıp kül olmadan yere ineceğinin açıkça belli olduğu sonucuna ulaştı.[65]

Bu durumda, direnci yüksek, bir astronot elbisesi kadar hava geçirmez bir kılıfa sahip, dünya dışı kayanın derin yarıklarının içinde kozmik ışınlardan korunan bazı bakterilerin yıldızlararası boşlukta gerçekten güvenli bir şekilde yolculuk yapabileceğini, yanmadan Dünya'ya düşebileceğini ve gezegenimize canlı olarak inebileceğini artık kabul edebiliriz. Tesadüfen elverişli koşulların içine, örneğin okyanusa veya karbon içerikli maddeler ve mineraller açısından zengin bir bataklık (ki, kimyasal açıdan organik maddeye benzer) gibi yerlere inenler, gerçekten büyüme şansı bulacaklardır.

Bir spekülasyondan başka bir spekülasyona geçerek, Mars üzerindeki yaşamın kökeni hakkında sorular da sorabiliriz. Her ne kadar, Mars üzerindeki bakteriyel yaşamın 3,9 milyar yıl önce ortaya çıktığını tahmin etmemize yol açan mantık silsilesini kabul etsek de, bu karmaşık yaşam biçiminin o gezegende sadece birkaç yüz milyon yılda evrimleştiğini kabul etmemiz, zordur. Bu sayıya, bakteriyel yaşamın ortaya çıkmış olabileceği zamanı (Dünya'da olduğu gibi, Mars'ta da yüzey kayaları 4,2 milyar yıl önce soğuyup katılaşmıştı) ve ortaya çıkıp gelişmeye başlamış olduğu zamanı (3,9 milyar yıldan daha önce, eğer o zamanlardan gelen Mars meteorlarındaki bakterileri hatırlayacak olursak) göz önünde bulundurarak ulaşmaktayız. Bu şekilde, Dünya'da yaşamın ortaya çıkışının Mars'tan ya da *başka bir yerden* gelen, fakat *başka bir yerde* doğmuş ve çeşitlenmiş olan, oldukça evrim geçirmiş bir grup bakterinin gelmesi ile gerçekleştiğini hayalimizde canlandırabiliriz. Başka bir yerde yaratılan, başka bir güneş sisteminden gelen, kendi güneş sistemimizden çok daha önce ortaya çıkmış başka bir yıldız ile ilişkili bir yaşam! Evrenimizin başlangıcı olan big bang, büyük patlama, 13,7 milyar yıl öncesine tarihlenmektedir. Hâlihazırda evrenimiz, her biri gezegenlerle çevrelenmiş milyarlarca yıldızdan meydana gelen milyarlarca galaksiden meydana gelmektedir. Bu durum, bir yerlerde elementler çorbasından yaşamın ortaya çıkabileceği ve bakterilerin evrimine yol açacak, bizim henüz anlayamadığımız muazzam bir süreyi ve çok sayıda olayı içine almaktadır.

Eğer yaşamın beşiği Dünya değilse, karbon içeren moleküllerden doğmuş, önce RNA, sonra da DNA tarafından yönlendirilen yaşamın kendiliğinden ortaya çıkışına ilişkin senaryolar başka bir yerde sahnelenmiş olmalıdır. O takdirde kafamızda, yaşamın hâlâ bilinmeyen bir ortamda ve bilinmeyen koşullar altında

ortaya çıkışı konusunda başka kuramlar ve başka mekanizmalar canlandırmamız gerekecektir.

Bu yeni verilerle birlikte yaşamın kapsamı genişlemiş olmaktadır. Bilim insanları, filozoflar, ilahiyatçılar, romancılar: Kalem (ya da bilgisayar) başına! Yaşamın çıkış noktası, *başka bir yerdedir*. Dünya üzerinde yaşamı üreten o tanrısal sihirli değnek, bir meteor şekline bürünmüştü! Eğer küçük yeşil adamların yerine küçük yeşil bakterileri koyacak olursak, romanlar - efsanevi Marslılar - gerçeğe dönüşecektir.

Yaşamın kökenine ilişkin araştırmalarda son 50 yılın bilançosu çok basittir. Yaşamın dünya üzerinde bir molekül çorbası dışında hiçbir şey olmadan, kendiliğinden ortaya çıktığını savunan varsayımları destekleyen gözleme dayalı hiçbir kanıt olmadığı gibi, bilimsel bilgilerde bu yönde hiçbir ilerleme de bulunmamaktadır. Eğer simyacılarımız günün birinde bakteriyel mekanizmaların ne şekilde ortaya çıktığı bulmacasının bir kısmını laboratuarlarında yeni baştan canlandırsalar dahi, Dünya'da işlerin bu şekilde gerçekleştiğini kanıtlamak, imkânsız olmasa dahi çok zor olacaktır. Aksine, alternatif bir varsayımı destekleyen yeni bir grup tezin ve yeni bir kanıtın (magnetit kolye) ortaya çıkışına tanıklık etmekteyiz: Dünya dışı bir köken. Eklemeliyim ki, eğer bu varsayım elle tutulur nitelikte diğer kanıtlar tarafından desteklenecek olursa, 1996 yılında yapılan ilk duyurulara karşı çıkan makalelerin çoğunun doğruluğunu sorgulamak gerekecektir. Sonuç olarak, eğer bir araştırma ekibi bir meteor üzerinde fosilleşmiş bakteri kalıntılarına ait işaretler bulur ve başka bir grup da bu kalıntıların inorganik veya dünya kökenli olduğunu kanıtlarsa, iki varsayım arasında seçim yapmayı sağlayabilecek kesin bir mantık yoktur - ortada şüphe vardır. İki ispat, birbirini geçersiz kılmaktadır. Bununla beraber, eğer başka araştırmalar kaya üzerinde gerçekten yaşam kalıntıları bulunduğunu kanıtladığı takdirde, daha önce anlaşmazlığa yol açmış olan bulguların tekrar incelenmesi, yerinde olacaktır.

Üstelik, ALH84001'in biyolojik yollardan meydana gelmiş olabileceği kadar mineralleşme yoluyla da meydana gelmiş olabilecek birkaç özelliği bulunmaktadır. Mineralleşmeden tamamen bağımsız olan, fakat canlılarda meydana gelenleri andıran ürünler üreten birkaç sürecin bu kadar küçük bir kayada meydana gelebileceğini kabullenmek, insana acı vermektedir. Hele bir de, bütün şüpheli özellikler alternatif varsayım - biyolojik bir köken - tarafından açıklanmaktayken.

Hiç şüphesiz, Mars üzerinde yaşam bulunduğu (ya da eskiden var olduğu) senaryosunu bu varsayımın ikincil düzeydeki (yaşamın Dünya'ya başka bir yerden geldiğine dair) diğer bütün yönleriyle birlikte kesin şekilde kabullenmek

için, diğer araştırmaları beklemek gereklidir. Bununla beraber, yirmi birinci yüzyılın şafağında, yaşamın kökenine ait sırları açıklamak için çaba gösteren bilim insanları üç gruba bölünmüşlerdir. Bu gruplardan küçük olan iki tanesi, sırayla kuşkuculardan ve ikna olmuş olanlardan meydana gelmektedir. Üçüncü grup ise, en büyük olanıdır: Daha fazla kanıtın ortaya çıkmasını bekleyen kararsız bireylerden meydana gelmektedir. Dolayısıyla, ne türlü düşünülürse düşünülsün, yaşamın Dünya üzerinde ortaya çıktığına dair asırlık bilimsel ve ruhani kesinliğin meteor keşifleri yüzünden alaşağı olduğunu anlamak gerekir. Ve artık, bu tartışmada dikkate alınması gerekenler, kıskanç bireylerin ya da kara cahillerin pespaye dedikoduları değildir. Aslında, bazı karşıt görüşlüler meteorlarda olası yaşam kalıntıları konusundaki bu son bulguları küçümsemek için koşa koşa gelmiş, dürüstlükten uzak tezler ileri sürmüşlerdir. Onlara göre, bu propagandanın tümü, araştırma fonu elde etmek ya da daha fazla ün kazanmak için ortaya atılan bir bilim ve medya yalanından başka bir şey değildir. Ne zaman bir bilimsel uyuşmazlık ortaya çıksa, birileri bu iki kırmızı bayrağı - fon artışı ve ün kazanma - hemen havaya kaldırmaktadır. Bilim insanları ve gazeteciler için bu eleştirileri çürütmek kolaydır, bunu yaptıkları zaman da ünleri artmaktadır.

Küçük bir kaya ve içindeki minicik mıknatıslar, rüyalarımıza giriyor. Fakat eğer Dünya üzerindeki yaşamın dünya dışı kökenli olduğu kanıtlanırsa, bu bilimsel keşfin insanlık ve şu Dünya üzerindeki yaşamımızı kavrayışımız için taşıyacağı önem, en azından Kopernik, Galile, Lamarck ve Darwin'in keşiflerinin önemi kadar büyük olacaktır. Bu isimlere yaşamın temeli olan DNA'nın yapısını belirleyen Watson ve Crick'i de eklemeliyim.

Friedmann hikâyesini bitirdi. Bir an, karşımda belki de bir yirmi birinci yüzyıl Galile'si ya da Darwin'i bulunduğunu düşündüm. Fakat o sadece, hâlâ fazla tanınmayan ve medya tarafından reklamı yapılmayan, bir Fransız ailesinin sofrasına ve havasına değer veren, sıradan bir insandı. O sadece, başka bir yerde yaşamın var olduğuna işaret eden yeni gerçekleri keşfedecek kadar şanslı iki ya da üç öncü ekibi oluşturan bir düzine araştırmacı içinden biriydi. Gözlemlerini ve çıkarımlarını uluslararası bilim topluluğuna bildiriyordu. Düşündüklerini tartışıyordu. Vardığı sonuçları vakitsiz olduğunu düşündükleri bir zamanda yayımlamaya cüret etmiş olduğu için kendisini yerden yere vuran meslektaşlarının nefret dolu şüpheci yaklaşımlarını anlamıyordu. Sonra konuyu değiştirdik, geçmişimiz, köklerimiz (onunki Macar, benimki Hollandalı), onun Amerika'ya, benim Fransa'ya uyum sağlamamız, çeşitli araştırma konularımız üzerine konuştuk. Fakat onun hassas bakışlarında, gözlüklerinin ardında belli bir sıkıntı, nasıl olup da entelektüel sahtekârlık kuşkularının odağı haline geldiğini anlayama-

ma sezinledim. Orada oturuyordu, öylesine seçkin ve sakin, görüşlerini nazik ve alçakgönüllü bir sesle ifade eden, açıkça söylemek gerekirse birtakım bilimsel 'Yanki'lerin kendisini her zaman kolayca tezgâhlanabilecek alçakça emeller isnat ederek alçaltmaya çalıştıkları fikrine tahammül edemeyen bir şekilde.

Friedmann, makalesinde yeterince vurgulanmayan bir noktayı tekrar vurgulamak için bana makalesine ait fotoğrafları tekrar gösterdi. Beni ikna etmeyi fena halde istiyordu. Mantık silsilesini tekrarladı. Kendisine derhal yanıtlayabildiği zor sorular yönelttiğim zaman, gözlerinde bir tatmin ışığı parladı. Tartışmamızın sonunda, gözlemlerinin beni ikna ettiğini ve o gözlemlerden çıkarttığı sonucun beni etkilediğini kabul etmek zorundaydım. Çok büyük olasılıkla haklıydı.

Bir emekli profesör olan Friedmann'ın çekişmelere değil, sükûnete ihtiyacı vardı. Keşfinin sonuç olarak kanıtlanması ya da reddedilmesi o kadar önemli değildi. Günümüzdeki bilimsel kanıtlar, onun haklı olduğunu göstermektedir; gözlemleri ve çıkarımları doğruydu ve saygın bir dergide yayımlanmıştı, en eleştirici hakemler tarafından incelenmişlerdi ve bunlara bugüne kadar itiraz eden olmamıştır.[66]

Panspermi'nin Diğer Kanıtlarını Arayış

Friedmann'ın keşfinden bu yana, magnetit zincirleri bir Mars meteoru içindeki hayat için en iyi kanıt olmayı sürdürmektedir. O zamandan bu yana, pek çok araştırma ekibi şimdi işlevi henüz bilinmeyen karmaşık bir hücre öğesi (organel: Magnetozom) olarak kabul edilen magnetit zincirleri konusundaki bilgilerimizi geliştirmiştir. Demiri kristal oluşturacak şekilde yoğunlaştıran (ve her kristali çevreleyen)[67] matris ve bir zincir şeklinde dizildikleri zaman kristaller arasında var olduğu kanıtlanmış olan gerçekten dikkate değer manyetik alanlar, magnetitlerin bir kolye şeklinde düzenlenişinin ve kristaller arasındaki düzgün aralıkların inorganik süreçler tarafından üretilmiş olamayacak önemli biyolojik sabitler olduğunu göstermektedir. Bu araştırma, Friedmann'ın gözlemlerini ve çıkarımlarını güçlendirmektedir: ALH84001'de magnetit zincirlerinin varlığı, 3,9 milyar yıl önce Mars üzerinde bakterilerin var olduğuna işaret etmektedir.

Pek çok diğerleri gibi, Friedmann da yeni, altüst edici kanıtları ilk kez anlatanların zorluklarla karşılaştığını görme olanağına sahipti.

Fransız şarkıcı Guy Béart'ın bu konudaki bir şarkısının sözleri, bu gerçeği gayet güzel bir şekilde betimlemektedir. Şarkı, "doğruyu ilk söyleyen ... idam edilir ..." diye başlar.

Pek çok durumda gerçek, herkes için böyledir, bilim insanları dahil.

Fakat artık Galile veya Darwin'in çağında değiliz; araştırmalar büyük adımlarla ilerliyor ve bütün keşifler sansüre uğramadan, büyük bir hızla, bütün dünyaya açıklanabiliyor. Karbon içeren meteorlar üzerindeki keşifler ve analizler Mars üzerindeki yaşam konusunda belirgin bir ilgi artışına yol açtıkça, bu konuda yapılacak araştırmalar uzay araştırmaları programı geliştiren ülkeler için en cazip hedefe dönüştü. Dolayısıyla, Mars'ta yaşam veya bakteri kalıntılarını aramak için önemli ölçüde çaba harcandı ve harcanmaya da devam edecek. 1998 Temmuz ayında Mars'a gönderilen Japon uzay aracı Nozomi'nin 2004 başlarında, ben bu kitabı tamamlayacağım sırada gezegene ulaşmış olması gerekiyordu, fakat kayboldu. 2003 yılında Mars'a gönderilen üç başka uzay aracı, bilgilerimizi arttıracaktır: Mars Express (2003 Noel günü iniş yaptıktan sonra sessiz kalarak hayal kırıklığı yaratan Beagle adlı robotu taşıyan bir Avrupa uzay aracı), Odyssey ve Global Surveyor (2004 Ocak ayında Mars üzerinde iyi konumlara yerleşen, Mars Exploration Rover robotları taşıyan iki Amerikan uzay aracı). Son olarak, ABD'den gelen basın bültenleri, tutkulu bir programı duyuruyor: Kaya örnekleri alıp dönecek başka uzay araçları göndermek, ve en sonunda insanlı bir araç göndermek.

Mars üzerinde yaşam kalıntıları bulmayı ümit dahi edebilmek için, insanın önce orada bir zamanlar su bulunduğunu ve şu anda da buz halinde bulunduğunu kanıtlaması gerekir. Bu, bazı dolaylı (örn. hidrolik erozyon izleri) ve doğrudan (ESA ve NASA'dan alınan spektrum analizleri ve yüksek çözünürlüklü stereo Mars Express fotoğrafları ve iki Mars Explorer Rover'den alınan fotoğrafların analizi) yöntemler vasıtası ile kanıtlanmıştır.[68] Geriye kalan şey, fosilleşmiş yaşam kalıntılarını (gezegen yüzeyinde) veya halen kaybolmamış yaşamı (suyun sıvı halde bulunabileceği derin kaya çatlaklarında) aramaktan ibarettir.

2004 yılından bu yana Mars'ı incelemekte olan robotlar, bugüne kadar büyük, antik denizlerin dibinde (ki, Dünya'da olduğunun aksine, yer kabuğu hareketleri yüzünden çamurlanmamıştır) kalabalık topluluklar halinde yaşama yeteneğine sahip bakterilerden geriye kalan tek şey olan magnetit dizilerini algılayabilecek cihazlarla donatılmış değildirler. Disiplinler arası (jeokimyacılar, mikrobiyologlara karşı) rekabet, dogmatizm ve Mars'ta uzay araçları vasıtası ile yaşam aramak için muazzam bütçelere sahip olan (ve bir kayanın basit bir şekilde incelenmesine gücenebilen) bazı ekiplerin küçümsemesi, Mars üzerindeki yaşama ait antik kalıntıları bulmak üzere manyetik fosillerden tam olarak yararlanmayı sadece birkaç yıl geciktirecek geçici olaylardan ibarettir.

Meteorlardaki magnetitlere ve Mars üzerinde su bulunup bulunmadığına ilişkin araştırmalar, dünya dışı bakterilerin bulunacağı konusunda iyimserlik

uyandırmaktadır. Son zamanlarda yapılan diğer çalışmalar, proteinleri oluşturan temel yaşam molekülleri (amino asitler) üzerine yoğunlaşmıştır. Bunlar, meteorlarda ve yıldızlar arası buzda bulunmuştu.[69] Araştırmalar açıkça gösteriyor ki, Dünya üzerindeki yaşamın bütün yapı taşlarının üç boyutlu yapısı, uzayda şekillenmiştir. Uzaydaki radyasyonun bu moleküllerin sağlak türlerini çok daha fazla etkilediği dahi kanıtlanmıştır. Dünya'da temel organik moleküllerin solak türlerinin daha yaygın görülmesinin sebebi, işte budur.[70]

Astrobiyologlar tarafından kullanılan yöntemlerin çeşitlenmesi, bilim toplumundaki olağanüstü büyüme ve konu üzerindeki rekabet, yaşam için dünya dışı bir köken olabileceği konusundaki düşüncelerin ilerleyişini gösteren güçlü işaretlerdir. İnanıyorum ki, kesin işaretler, hâlihazırda yürütülmekte olan çeşitli araştırma yaklaşımları sayesinde açığa çıkacaktır. Bununla beraber, halkın yirminci yüzyılda doktrinlere aykırı görünen bir varsayımın geçerliliği konusunda ikna edilmesi, hâlâ gereklidir. Yaşam, *başka bir yerden* gelmiştir. Bu fikrin herhangi bir kısıtlamaya uğramadan ders kitaplarına girmesi, biraz zaman alacaktır.

Bir entelektüel devrimin doğuşu üzerindeki bu bölümü bitiriyorum. Yakın geçmişteki bilimsel ilerlemeler, yaşamın dünya dışı kökeni varsayımına destek oluşturmaktadır. ALH84001 içindeki magnetit zincirlerini gözlemleyince, gözlerimizi açmak ve bu mütevazı keşfin ifade ettiği anlamın muazzamlığını anlamak zorunda kalmış bulunuyoruz. *Yaşamın tohumları buraya uyum sağlayan ve çoğalan yeni türler sayesinde Dünya'ya gelmiş olabilir.* Şu anda bu varsayım, yakın zamana kadar gün gibi açık görünen diğer seçenekten – inorganik malzemelerden, dünya kökenli, *ex nihilo** – *daha iyi desteklenmektedir.*

Başka yollardan gelecek kanıtları bekleyebiliriz. Eğer bu kanıtlar Friedmann'ı ve astrobiyolojinin diğer öncülerini desteklerse, Kopernik'in (Dünya, güneşin etrafında döner) ve Lamarck'ın (insanlar, maymunlardan türemiştir) varsayımının yavaş yükselişi tekrarlanacaktır. Bu durumda, yaşamın Dünya'ya dışardan geldiği yolundaki varsayımın kamu tarafından kabul edilişinin aşamalarını heyecanla izleyebiliriz. Aksine, eğer yeni kanıtlar Mars üzerinde yaşam izleri olduğunu yalanlarsa, hikâye sadece yaşamın kökleri üzerinde yapılan araştırmaların ilgi çekici bir bölümü olacaktır. Son bölümü olmayacağı üzerine bahse de girebiliriz.

Her ne olursa olsun, Dünya üzerindeki yaşamın 3,5 milyar yıldan daha önceye ait ilk kalıntıları kesinlikle bakterilere aittir ve daha o zaman dahi epeyce çeşitlenmiştir. Bir sonraki bölümde, bakterilerin Dünya üzerinde neredeyse bir milyar yıl tek başına hüküm sürdüklerini ve günümüzde hâlâ yaşama egemen olduklarını göreceğiz.

---

* ex nihilo: Latince, 'hiçlikten', 'yokluktan'. Ç.N.

Baba Bakteri Nedir?

Dünya'daki İlk Yaşam Üzerine

O sıralarda 12 yaşında olan kızım Coralie, bir gün İncil okulunda papazın Eski Ahit'in ilk sayfalarından, yaradılış'tan söz ettiğini duydu. Bu dikkat çekici hikâye, Tanrı'nın kurduğu yaşam bulmacasının bütün öğelerini kapsar. Pek çok dinin (İslam, Hıristiyanlık ve Musevilik dahil) müminleri, bilginin gelişmemiş olduğu dönemde yazılan bu hikâyelerin yazarlarının hiç şüphesiz ilahi vahiy almış olduklarına inanmaktadırlar. Yaşamın kökenine ilişkin bu mistik tarifi desteklemekle beraber, Dünya üzerinde yaşamın ortaya çıkışına ilişkin bilimsel varsayımları kendisine özetledim – ona bakterileri anlattım.

"Dünya üzerinde yaşam ne şekilde başlamış olursa olsun, gezegenimize ilk yerleşenler, bakterilerdi."

Coralie, afacan bir çocuktur. Uzun, can sıkıcı nutuklarımı engellemek için bir şaşırtmaca denedi: "Baba, bakteri nedir?"

"Mmmm." Çok basit bir soru, fakat cevabı o kadar da kolay değil. Kendisine bir soruyla cevap verdim: "Sen ne olduğunu düşünüyorsun?"

"Eeeee." Ve kısa bir tereddütten sonra: "Küçük bir şey, bir mikrop. Mikroplar, hastalanmamıza neden olan kötü şeylerdir. Vücudumuzda mikrop bulunmaması gerekir; bu yüzden ben yemekten önce ellerimi yıkarım."

"Fena değil!" O anda, sorunun ne denli soyut olduğunu anladım. Ve beni konudan uzaklaştırmayı başardığı için, onu papazın kuşkusuz çok iyi betimlemiş olduğu Yaradılış görüntüsü ile baş başa bıraktım.

"Başka bir zaman açıklarım."

Bunun ardından, ergenlik çağındaki çocuklarımın arkadaşları arasında küçük bir anket yaptım. "Bakteri nedir" sorusuna verilen yanıtlar, "umurumda değil!" ile günümüzde bakterilerin neden olduğu hastalıkların tarifleri arasında değişmekteydi.

Anladım ki, çoğu kişi için bakterilerin dünyası, gerçek dışı bir dünyadır. Biyolog olmayan kişilerin çoğunluğu için bu terim, en iyi olasılıkla görünmeyen, sağlıksız mikropları çağrıştırmaktadır. Bununla beraber, Antoni van Leeuwenhoek'in onları on yedinci yüzyılda görmesinden ve Fransız Biyolog Louis Pasteur'ün onların kendi kendine yoktan var olmayan mikroplar olduğunu anlamasından bu yana bakterilerin doğası pek çok araştırma sayesinde açıklığa kavuşmuştur.

İnsanların ilgisini bu konuya nasıl çekmeli? Bir yaz günü, ailece yüzmek için bir halk plajına gitmiştik. Aklıma, suyun sağlık analizi konusunda girişe asılmış olan duyuruyu Coralie'ye göstermek geldi. Zaten suyun sıcaklığını ve denizanası görülüp görülmediğini öğrenmek için ilan tahtasını incelemeyi adet edinmişti. Deniz analarından korkardı; bu jelatinimsi, yakıcı canavarlardan tek bir tanesinin varlığı dahi, onu yüzmekten vazgeçirmeye yeterliydi. Üç gün öncesine ait olan sağlık analiz raporu "yüksek kalitede su" sonucuna varıyordu ve aynı anlama gelen, Avrupa çapında standardize edilmiş bir de indeks verilmekteydi. Kendisine bu esrarengiz değerlendirmeyi gösterdim. Yüzme suyunun "kalitesi" nasıl belirlenebilirdi?

Kızıma, bu değerlendirmenin birincil olarak az ya da çok arıtıldıktan sonra, içinde deriye, kulaklara veya gözlere hastalık bulaştırabilecek olan bakterilerle birlikte denize boşaltılan lağım sularının neden olduğu kirliliği gösterdiğini anlattım. Bu kirliliği belirlemek için, atık sularda bulunan ve sağlığımıza zarar verebilecek bütün bakterileri temsilen seçilmiş birkaç tür bakterinin sayıları belirlenir. Her bir litre su içindeki bakteri sayısı, hastalanma rskimizle ilişkilidir.

"Buraya teknisyenler geldi, deniz suyundan örnekler aldılar ve bakterileri saydılar: *Koli basili* ve diğer koliform bakteriler, *Stafilokok* ve dışkı kökenli *Streptokok*. Üç gün önce bu sularda bunlardan çok az sayıda olduğu belirlenmişti - tehlikeli olabilecek sayıda değildiler. Bu, güven verici bir şey. Yüzenleri rahatlatıyor - tıpkı senin, deniz anası bulunmadığını öğrendiğinde olduğu gibi.

Tepkisini bekledim.

"Ama onları nasıl görüp sayabiliyorlar ve sudan örnek almak için bu sabah neden gelmemişler?"

O zaman ona öğrenciliğim sırasında bir halk sağlığı laboratuarında geçirdiğim dönemi anlattım. Üç ay boyunca, binlerce litre deniz suyu örneği almış ve incelemiştim.

İnsanların bakterileri çıplak gözle göremediklerini, çünkü bunların çok küçük olduklarını ona açıklayarak başladım. Çoğu, yaklaşık olarak bir milimetrenin binde biri kadar büyüklüktedir: Cetvelindeki 1 milimetreyi gözünün önüne getir, bunu bin eşit parçaya böl. Birbiri ardına dizilmiş bin tane bakterinin uzunluğu, bir milimetredir.

"Okulda biyoloji dersinde kullandığınıza benzeyen bir optik mikroskopla ve en yüksek büyütme ayarında, sadece hareket eden küçük noktalar görürsün. Hatta onları birbirinden ayırt edip doğru dürüst sayamazsın bile. Bununla beraber, üniversitelerde kullanılan tipte bir elektron mikroskobu ile onları gerçekten iyi şekilde görebilirsin, fakat o noktaya gelmeden önce zahmetli bir hazırlık yapmak gerekir ve hâlâ hepsini sayamazsın."

"Peki, sen nasıl sayıyordun?"

"Çok kolay. Sahilde gelişigüzel bir yerden, yüzeyin hemen altından bir litrenin onda biri kadar deniz suyu alıyordum. İçinde görünmeyen bakteriler bulunan deniz suyunu, laboratuarda çapı bir çay fincanı kadar olan bir filtre kağıdından geçirerek süzüyordum. Su filtreden geçer, fakat bakteriler kağıdın üstünde kalır - hem aradığımız kötü bakteriler, hem de diğerleri.

"Bilmelisin ki, tek bir damla suyun içinde ortalama olarak bir milyon taneden fazla "normal", kirlenmeden kaynaklanmayan bakteri bulunur!"

"Sonra, filtre kağıdını içinde saymaya çalıştığım bakterilerin gerçekten hoşlandığı bir tür jöle bulunan bir kabın içine yerleştiriyordum. Kapağını kapattıktan sonra, kabı aradığım türdeki bakterilerin en çok sevdiği sıcaklıktaki bir yere yerleştiriyordum. Bütün bunları yaparken çok dikkatli olmalısın. Başka kaynaklardan gelen bakterilerin bulaşmasını engellemek için filtre kağıdının, jölenin ve kabın dezenfekte edilmesi ve işlemlerin steril bir çekerocağın altında yapılması gerekir. Artık, türe bağlı olarak bir veya iki gün beklersin. Kağıdın üzerindeki görünmeyen bakteriler, bu süre içinde çoğalır. Bunu o kadar güzel yaparlar ki, her bir bakteriden çıplak gözle görebileceğin bir kütle, bir koloni elde edersin. Sadece sağlığımıza zararlı olan bakteriler çoğalmıştır, çünkü biz, belli kültür koşullarını kullanarak onları seçmiştik. Artık yapman gereken tek şey, kolonileri saymaktır."

"Bunu nasıl yapıyorsun? Çok hızlı gidiyorsun."

"Çok basit. Her koloni, suda olan bakterilerin birinden türemiştir. Yani, kolonileri saydığın zaman, iki gün önce topladığın ve süzdüğün miktardaki suyun içinde var olan bakteri sayısını bulursun. Sonra sonuçlar, asılmadan önce iki veya üç memur tarafından yorumlanır ve onaylanır. Bütün bu işlemlerin yapılması, genellikle üç gün sürer. Bu da, bilginin halka aktarılışındaki gecikmeyi açıklar."

"Peki, onları nasıl saydığını anlıyorum, ama çok fazla zaman alıyor ve . . . eeee, belki su bugün gerçekten kötü ve kimsenin bundan haberi yok."

"Çok doğru! Fakat bunu başka ne şekilde yapabileceğimizi bilmiyoruz. Fakat heyecanlanma - bir plajın suyu sık sık kötü çıkarsa, yüzmeyi yasaklar ve bölgedeki su arıtımını iyileştirmeye çalışırlar.."

Coralie'nin sonunda anladığı gibi, deniz suyu bakterilerle - mikroskobik, bazısı zararlı, bazısı zararsız - doludur. Fakat sadece orada bulunmazlar; bakteriler, gezegenimizde saltanat sürerler. Coralie bu dersi aldığı günden sonra, insanların bakterileri daha elle tutulur, daha "mevcut" hale getirerek basit yöntemlerle görebileceğini ortaya koymak için bu kişisel olayı pek çok kez anlattım.

Plajda yan yana oturuyor, denizi ve yüzenleri seyrediyorduk. Suya girmeden önce biraz ısındık.

Bakterilerin görünmeyen dünyasını tarif etmeye başladım. Beni dinleyip dinlemediğini artık hatırlamıyorum, tam olarak ne söylediğimi de çok iyi hatırlamıyorum.

En baştan başlamış olmalıyım.

Pek Çok Yaşam Tarzına Uyum Sağlayan Bakteriler

Dünya üzerinde bir iz bırakan en küçük bakteriden bugüne gelinceye kadar, 3,5 milyar yıldan fazla zaman geçmiştir.[1] Dünyada yaşamın var olduğu sürenin neredeyse üçte birinde, bakteriler tek başlarına hüküm sürmüşlerdir. Sadece değişik şekillere ve işlevlere sahip mikroplar vardı. Kaç tür mü? Bilmiyoruz, asla bilemeyeceğiz.

İşin başında, bugün en iyi tanınan bakterilerin kendilerini beslemek için kullanabileceği - yani, tıpkı küf mantarlarının yaptığı gibi, başka organizmalar tarafından yapılan maddeleri parçalayarak hayatta kalabilenler dışında - hiçbir organik madde yoktu.

Dolayısıyla, Dünya'da büyük miktarlarda çoğalabilen ilk organizmalar, gezegenimizin kalbinden çıkan sıcak sıvılardan veya başka aşırı ortamlardan oluşan

bölgelerde yaşama yeteneğine sahip bakterilerdi. Bu bakteriler, bu ortamlarda inorganik maddeleri oksijensiz sıvıların ve gazların içinde kimyasal tepkimeler vasıtası ile parçalıyorlardı. Onlara, kimyasal tepkimelere dayalı yaşam tarzları ile gayet iyi uyuşan basit bir ad vereceğim: *Kemobakteriler.*[2]

Böyle türleri bugün dahi hâlâ bulmaktayız. Şaşırtıcı koşullar altında bolca bulunmaktadırlar. Bazıları çok sıcak (80°C üzerinde) sularda bulunur.[3] Bunlardan bazıları, suyun kaynamasını engellemek için yeterli basınç mevcut olduğu takdirde, 113°C sıcaklığa kadar yaşayabilirler.[4] Bu bakterileri Dünya'nın kaynar, kükürtlü çamur sütunları saldığı sıcak su gayzerlerinin ve okyanus derinliklerindeki fayların çevresinde bulabiliriz.

Başka bakteriler, donma derecesindeki suyun içinde çok iyi gelişip büyür ve bazıları ortalama sıcaklığın -68°C civarında olduğu donmuş Antarktika çöllerindeki buzun altında yaşar.[5] Bazı bakteriler asiditesi sülfürik asit ile kıyaslanabilecek çözeltilerle marine edilerek hayatta kalabilirken,[6] bazıları da kristalleşmenin eşiğinde yaşadıkları çok tuzlu suda (salamurada) çoğalırlar.[7] Son olarak diğer bazı türler, hidrojeni enerji kaynağı olarak kullanıp karbon dioksiti parçalarlar; bizim pişirme ve ısınma için kullandığımız metan gazı çıkarırlar.[8] Bu bakterilerin hepsi, aşırı ortamların organizmaları olarak tanınırlar;[9] bunlar, *Guinness Dünya Rekorları* kitabının pek çok bölümünde açık ara önde gitmelerini sağlayacak özelliklere sahiptirler.

Bu son yirmi yıl içinde ayaklarımızın altında, çok derinlerde gömülü kemobakterilere ilişkin keşifler büyük bir artış göstermiştir. Yerin 10 kilometreye kadar derinliklerinde, sıcak, nemli kayaların göbeğinde bulunmuşlardır. Enerji sağlamak için, basınç altındaki sıcak su ile temas eden kayalarda değişikliğe yol açan bir kimyasal tepkime ile üretilen hidrojeni kullanmaktadırlar.[10] Gözle görülmeyen, sonsuz karanlıklarda, nadiren ziyaret edilen yaşam ortamlarında yaşayan bu bakterilerin sayısı o kadar çoktur ki, SLIME* adı verilen bir topluluk oluşturmaktadırlar.[11] İngiliz mizahının bu örneği, Subsurface Lithoautotrophic Microbial Ecosystem kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır (kısaca çevirisi: Yüzey altındaki kayaları yiyen mikroplardan meydana gelen ekosistem).

Amerikalı jeofizikçi Thomas Gold, toprak altında var olan bu mikroskobik yaşama ait yaşam ortamının hacmi için bir tahminde bulundu. Yaşam ortamının derinliğini 5 kilometre (bakteriler yüzeyin 10 km altına kadar yaşayabiliyor olmasına rağmen) kabul etti. Yüzey alanı, denizlerin ve okyanusların (gezegenimizin üçte ikiden fazlasını kapsar) altındaki bütün alt tabaka dahil olmak üzere,

* Slime: ingilizce'de çamur, balçık, sümüksü madde anlamına gelir. Ç.N.

Dünya'nın bütün yüzeyi kadardı. SLiME bakterileri için uygun yaşam alanının hacmini elde etmek için, derinlik ile yüzey alanını çarptı. Gold, boşluklar ve küçük oyuklar tarafından işgal edilen bakteri içerebilecek kısmı bu hacmin %3'ü olarak varsaydı. Son olarak, gerçekte bakterilerin bu hacmin %1'ini işgal edebileceklerini tahmin etti. Sonuç, şaşırtıcıydı: Kemobakterinin hacmi, gezegenimizdeki tüm kuru toprakların üstüne serildiği takdirde 1,5 metre yüksekliğe ulaşacak kadar büyüktü.[12] Bütün hayvan topluluğunun (insanlar dahil) ve bitki topluluğunun (ağaç gövdeleri dahil) hacminden daha fazla olan yapışkan bir yaşam tabakası, bir lapa gibi karıştırılmış ve aynı kara yüzeyinin üstüne yayılmış!

Yaşam bir anda, basit bir hesap yaparak, bambaşka bir bakış açısı kazanıyor. Artık, Dünya üzerindeki yaşamın oylumlu coşkusunu en iyi temsil eden şey sık ağaçlarıyla bir tropik orman değil, ayaklarımızın altında kaya yiyerek yaşayan görünmez bakterilerden oluşan bir örtüdür.

Bu kemobakteriler hakkında ne kadar çok şey öğrenirsek, dünya dışı yaşam varsayımı üzerinde o kadar fazla düşünürüz. En elverişsiz koşullar altında büyüyüp gelişen bu organizmalar, bazı gezegenlerin içinde gizli bir toplum oluşturmayı becermişlerdir ve yine becereceklerdir. Yaşamak için sadece suya ve kayalara ihtiyaçları bulunmaktadır. Güneş sistemimizde Dünya bu koşulları sağlamaktadır, fakat Mars, Venüs, Satürn'ün bir uydusu (Enceladus) ve Jüpiter'in üç uydusunun da (Europa, Callisto ve Ganymede) gereken çevre koşullarını sağlıyor olma olasılığı mevcuttur, buralarda su donmuş, buharlaşmış veya toprağa karışmış halde bulunabilir. ABD, Avrupa ve Japonya'nın 2003 yılında Mars'a gönderdiği uzay araçlarının birincil amacı, suyun ve yaşamın var olup olmadığı konusunda veri toplamak ve canlı ya da ölü kemobakterilere ait izler bulmak ümidiydi.

Dünya üzerindeki yaşam tarihinin ilk aşamalarında, 3,5 ila 2,5 milyar yıl önce,[13] çok değişik yaşam tarzlarına sahip diğer bakteri aileleri, bu kaya yiyicilerle birlikte sularda yaşamaktaydı. Bunların önde gelen özellikleri, ışık enerjisini yakalamaya ve dönüştürmeye yarayan pigmentlere sahip olmalarıydı. Karmaşık yapısı ve işlevi nedeniyle, en olağan dışı pigment, klorofildir. Klorofil, bu bakteriler tarafından 'icat' edilmişti. O klorofil, günümüzde marulda ve diğer yeşil bitkilerde bulunan kimyasal ile aynıdır. Bu molekül, inorganik maddeleri parçalamak için güneş enerjisini dönüştürür (ışık enerjisi, foton adı verilen parçacıklar şeklinde gelir - dolayısıyla ışık yardımıyla organik madde sentezlenmesi sürecini tanımlamak üzere "fotosentez" deyimi kullanılır). Bu tepkimenin ortaya çıkardığı oksijen, suda çözülür. Böylece, bu bitki benzeri bakteriler,[14] içinde yaşadıkları suya oksijen vermeye başladılar. O dönemde oksijen, bitki benzeri klorofilli

bakterilerin işlevlerini yerine getirmeleri sırasında ortaya çıkan bir atık ürün olarak kabul edilebilirdi. İlk küresel değişim, bu şekilde meydana geldi. Yaşamın sıvı durumdaki ortamı (hidrosfer), birkaç milyon yıl içinde önceleri fark edilemeyecek şekilde, daha sonra giderek artan bir hızla değişti. Denizlerde ve okyanuslarda, bitki benzeri bakterilerin yaşadığı üst kısımlar, diğer bakteriler için bir kirlilik anlamına gelen oksijen bakımından zenginleşti. Aradan binlerce yıl geçince, suyun üst metrelerindeki oksijen çok çürütücü (oksitleyici) hale geldi, sağlıkları için bu gazın zararlı olduğu hassas bakterileri öldürdü.

Bugün korktuğumuz şey - belirgin bir küresel değişim - bir kere zaten meydana geldi. Baskın bir organizmalar grubu (bitki benzeri bakteriler), atıklarıyla her şeyi zehirledi. O zamanlar olan şey ile insanların sera etkisi yaratan atık gazlar üreterek atmosferi değiştirmekte olduğu şimdiki durum arasındaki fark, tarih öncesi küresel değişimin çok yavaş meydana gelmiş olmasıdır. Aslına bakılacak olursa, Dünya üzerinde yaşamın bilinen şafağından, bitki benzeri bakterilerin zaten mevcut olduğu günlerden itibaren, bunların atıklarıyla diğer bakterileri zehirlemesi yüz milyonlarca yıl sürmüştür. Bunun aksine, halihazırda atmosfer gazlarında meydana gelen değişim, jeolojik zaman ölçeğine göre konuşacak olursak tam bir yarış içindedir; sera gazlarının artmaya devam eden konsantrasyonu yüzünden, son iki asırdır on senelerle ifade eden bir zaman ölçeği içinde önemli değişiklikler gözlemlenebilmektedir.

Zamanla bazı bakteriler oksijene karşı giderek dayanıklı hale geldi ve daha sonra, okyanusların üst kısımlarındaki sularda yaşamaya devam ederken oksijeni kullanmayı öğrendiler. Diğerleri, değişiklikle başa çıkamayıp, kendilerini oksitleyici gazdan koruyan çamurun içine gömülü kaldılar. Bu iki stratejiden birini seçen gruplar, - ilk küresel değişimden kaçan, ya da ona ayak uyduran bakterilerin torunları - bugün yaşamaktadırlar.

Günümüzde bildiğimiz bitki ve hayvanlar, oksijensiz hayatta kalamazlar ve varlıklarını sürdüren bu bitki benzeri bakteriler olmasaydı, asla evrim geçiremezlerdi.

Sonra, Dünya üzerinde bazıları yukarda anlattığımız türler tarafından oksijen yüklenmiş sulara uyum sağlamış, bazıları ise uyum sağlamamış üçüncü bir bakteri türü ortaya çıktı. Bunlar, bütün bakteri topluluğunun hep birlikte biriktirmeye başladığı organik maddeleri hazmetmekte uzmandılar. Diğer bakterilerin atıklarını ve cesetlerini (suda çözünmüş moleküller halinde olsalar dahi) parçalayarak enerji ve gıda temin ettiler. Bunları "mantarsı bakteriler" olarak adlandırıyoruz, çünkü tıpkı mantarlar gibi, organik maddeleri basit bir temas yoluyla içlerine alırlar.[15] Dünya üzerindeki yaşamın gelişim tarihinin çok daha ileri aşama-

larında, gözle görülebilen pek çok bitki ve hayvanın önce okyanuslarda, sonra da karada çoğaldığı 570 milyon yıl öncesinden itibaren, bu bakteriler öyle ya da böyle bu yeni organizmalarla yaşamak üzere evrim geçirdiler. Bazıları eylemsiz organik maddeleri (dışkı, hayvan kadavraları, ölü algler, yapraklar ve odun) parçalamaya devam etti. Diğerleri parazite dönüştü, canlı hayvanlara ve bitkilere zarar vererek yaşamaya başladı. Bunlardan pek çoğu, gayet iyi tanınmaktadır: Bunlar, bulaşıcı hastalıklara neden olurlar (şarbon, cüzzam, tüberküloz, kolera, veba, difteri, çiçek, tetanos, frengi, lejyoner hastalığı, gastroenterit, septisemi, apseler, bazı zatürree türleri, boğaz ağrısı, menenjit ve pek çok diğeri). Ayrıca, bitkilerin ve kendi hücrelerimizin de minicik mantarsı iplikleri andıran parazitleri mevcuttur.[16] Son olarak, diğer bazı mantarsı bakteriler de, "dosttur" - bunlar arasında sütün peynire ya da yoğurda dönüşmesine olanak sağlayanlar ve bağırsaklarımızda kaynaşan, hazmetmemize yardımcı olanlar (insanı rahatlatıcı "bağırsak bitki örtüsü" adıyla tanınırlar), ya da bitkilerle ilişkili olan ve onların havadan azot almalarına yardımcı olarak amonyağa dönüştürmelerini sağlayanlar (yonca, böyle bir bitkidir) bulunur.

Bu bakteriler, oldukça değişik şekillere sahiptirler: Küreyi ya da küremsi cisimleri, çubukları ya da silindirleri andırabilirler ve kamçıya benzer bir çıkıntıları mevcut olabilir. Bazı türlerde çubuklar uç uca dizilmiştir. Başka bakteriler kalabalık koloniler halinde yaşarlar, jöleye benzeyen, belirleyici olmayan bir kütle meydana getirirler. Başka bazıları, yan yana dizilerek dallanan ya da dallanmayan gerçek iplikçikler oluştururlar, çıplak gözle görülebilen koloniler üretirler (Şekil 5). Renkleri (büyük iplikçikler üreten türlerde veya mikroskobik hücreler yüz milyonlarca bireyden meydana gelen koloniler meydana getirdiği zaman görülebilir) siyah, beyaz, altuni, mavi, yeşil ya da kırmızı olabilir. Hücre büyüklükleri 0,0002 ile 0,66 milimetre arasında olabilir.

Günümüzde tanımlanmış ve bir sınıf ya da tür adı ile vaftiz edilmiş olan bakterilerin sayısı, 3000'in altındadır.[17] Bu sayının azlığı, tanımlama ve adlandırma konusunda uygulanan çok resmi kurallarla izah edilmektedir. Aslına bakılacak olursa, birkaç laboratuarda kültürü yapılmadan bir bakteri türüne isim verilmesi mümkün değildir. Bu şekilde, izole edilmiş ve adlandırılmış malzemenin değerlendirilmek, incelenmek ve deney yapmak üzere bilim toplumuna sağlanması mümkün olacaktır. Bu, yeni bir bakteri türünün adlandırılmış ve kültürler halinde hazır olan bakterilerle karşılaştırılmasına olanak sağlamanın tek yoludur. Bununla birlikte, bakterilerin büyük bölümünün kültürü yapılamamakta, bu yüzden adsız kalmaktadırlar. Farklı ortamlarda (toprak, humus, deniz çamuru, canlı organizmalar) yaşayan bakteriyel topluluğun birkaç değişik yöntemle yapı-

lan genetik analizleri, tanımlanması ve adlandırılması gereken muazzam sayıda farklı bakteri türünün mevcut olduğunu ortaya koymaktadır.[18] Bugün gezegenimizde milyonlarca, farklı tür ya da aile, bakterinin var olması gerekir.[19] Bunların her biri, küçücük bir hücrenin ortasına inşa edilmiş, kendine özgü genetik kodlarla yönlendirilen orijinal kimyasal ve biyolojik bir sistem meydana getirir. Araştırmacılar, kültürlerini hazırlayamasalar dahi, hiç olmazsa kabaca ayırt edebilmek için onların sayısını belirleme çalışmalarına başlamışlardır. Onlara, bir ya da birkaç genlerindeki DNA dizilimine karşılık gelen bir kod numarası vermektedirler. Bu dizilim tanımları, herkesin erişebildiği uluslararası genetik veri bankalarına yerleştirilmektedir.

Çıplak Gözle Görülebilen Bakteriler

Çok sayıda ve birbirinden farklı bu mikroplar mikroskobik ve çoğunlukla görünmez oldukları için, dikkatimizden kaçarlar. Soyut bir dünya, yaşam için bu kadar önemli bir dünya dahi olsa, fazla ilgi çekmez. Coralie, dikkatini başka konulara çevirmişti; açıklamalarımı dinlemiyordu. Denize, uzaktaki yelkenlilere, yüzenlerin şekillerine ve hareketlerine bakıyordu.

O zaman küçük bir şaşırtmaca tezgâhladım. Elini tutarak, bakteri toplamaya gitmeyi önerdim.

"Onları görebilecek ve onlara dokunabileceksin! Şu tarafa, şu kayalara doğru yürüyelim."

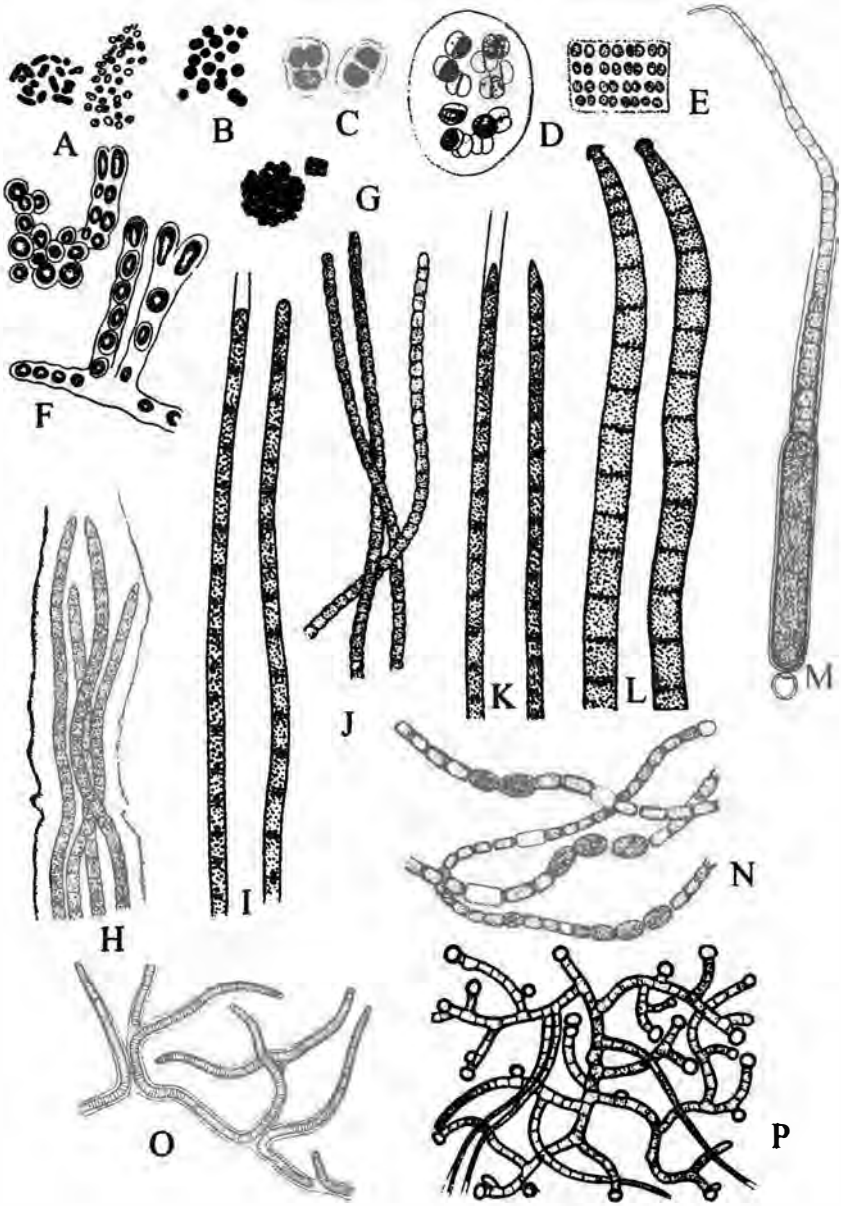
İnanmayan bir hava içinde, fakat merakı uyanmış bir halde, peşimden geldi. Kumsalı korumak için bir mendirek oluşturacak şekilde düzenlenmiş kayaların üzerinde, dalgaların kırıldığı düzeyde, çeşitli şekillerde ve özellikle kahverengi ve yeşil alglerden meydana gelen renkli bir alg çizgisi kolaylıkla fark edilebiliyordu. Bir tırnağımla küçük, yarım küre şeklinde, mavi-yeşil yığınlardan birini göz hizasına getirdim.[20]

"Küçük yarım bezelyelere benziyorlar!" diye bağırdı.

"İşte bunlar, bakteriler. Klorofil içeren ipliksi bakterilerden meydana gelen koloniler. Bunlar, bitkilere benzer şekilde yaşarlar, bitki benzeri bakterilerdir."

Sonra, şarap rengi iplikçikler buldum.[21] Bu tüylü bakteriler de bitki benzeri bakterilerdendir, diğer türlerden daha fazla kırmızı pigment içerirler. Coralie, avucunun içinde duran bu sert, zararsız bakterilere şaşkınlık içinde bakakalmıştı.

Bunlar bitki benzeri bakterilerin bir grubunun temsilcileridir. Uzun yıllar boyunca bir alg türü - çoğunlukla ilkel bir yapıya sahip olan, fakat içlerindeki hüc-



Şekil 5. Bakteriyel şekillerin çeşitliliğini gösteren, farklı tipte siyanobakterilere ait çizimler: Tek hücreli (A, B), koloni (C-G), çok hücreli (H-P) ve hücresel farklılaşma (L, M, N ve P). Farklı hücrelere dikkat ediniz: Akinet'ler ve heterosist'ler. (Çizimler: Pierre Fremy.)

reler bakterilerde bulunanlara kıyasla çok daha gelişmiş (özellikle, alglerde kromozomları içeren bir hücre çekirdeği mevcuttur) ve çeşitli olan bitkiler - olarak kabul edilmişlerdi.

Bütün bunlara rağmen bu bitki benzeri bakterilerin genleri, yan yana birkaç hücreden, bazen de farklı tipte hücrelerden -bunlar, hücresel farklılaşma durumlarıdır (Şekil 5)- oluşan iplikçiklerin yapılmasını organize etmek için gereken bütün bilgilere sahiptir.

"Eğer Hollanda'da, Kuzey Denizi'ndeki lagünlerin kenarında olsaydık, sana sürünen bitki benzeri bakterileri gösterme olanağı bulabilirdim. Bunlar çamurda yaşarlar ve tirbuşon şeklinde kıvrılmış iplikçiklerden meydana gelmişlerdir.[22] Gel-git sırasında deniz yükseldiği zaman bunlar su altında kalır ve çamurun üstünü örterek ona yeşilimsi bir renk kazandırırlar. Deniz alçaldığında bunlar suyun dışında kalır ve havanın etkilerine açık duruma gelirler. Kendilerini korumak için, büzülme yolu ile çamurun altına "sürünür" ve geçici olarak ortadan kaybolurlar. Bu durumda çamur, bej rengi ya da gri bir görünüm kazanır. Gördüğün gibi, bakteriler, hiç beklemediğin şekillere bürünmüş olarak ve her yerde bulunabilirler.

Coralie, renkli, biraz ağdalı görünen bakterileri ablası Marjorie'ye göstermek için koştu, fakat o, bunların ilgi çekici değil, iğrenç olduğunu düşünüyordu.

"Babam bunları bana zaten gösterdi. Bu sümüklü şeylerden kurtul da yüzmeye gidelim!" Marjorie, ihtiyar, hayalci bir profesörün bitmek tükenmek bilmeyen nutuklarından korumak için Coralie'yi alıp götürdü. Gülümsedim, çünkü anlattığım şeylerin bir kısmını unutmayacaklarını biliyordum.

Bakterilerin Dünya'da Yavaş Yavaş Koloni Kurması ve Bakterilerin Evrimi

Yüzüm denize dönük, düşüncelerimi tekrar toparladım ve gezegenimizde bakterilerin koloni kurmasına dair senaryoyu hayalimde canlandırmaya başladım. Dünya üzerinde ortaya çıkan ilk bakteriler, bu işi çok elverişli bir noktada yapmış olmalılar. Bir meteorun üzerinde başka bir yerden geldilerse, tek bir noktaya inmiş olmaları gerekir. O dönemde iniş noktasından başlayarak bütün elverişli bölgeleri fethetmek, uzun bir zaman almış olmalı. Peki, neden her biri yaşam taşıyan ve hepsi farklı bir yere inen iki ya da daha fazla meteor olmasın?

Bu senaryolardan hangisi doğru olursa olsun, Dünya üzerindeki ilk bakteriler çoğaldılar, sonra da dağıldılar: Fosilleşmiş kalıntılarının iyice dağılmış olduğuna bakılacak olursa, gezegenimizin pek çok bölgesine ulaşmışlardı.[23]

Bu minicik hücreler, suda yüzebilir ve akıntılar tarafından taşınabilirler. Ayrıca, nemli, sıcak yerküre kabuğunun en ince çatlaklarının içlerine de sızabilirler. Havada, rüzgâr onları uzak mesafelere taşıyabilir. Çok daha sonraları, paraziti oldukları ya da işbirliği kurdukları hayvanlar da gayet iyi bir nakliyat olanağı sağlayacaklardı. Bu sayede bakteriler, hâlihazırda hayvanların ve bitkilerin bulunduğu yerlere kıyasla çok daha büyük hacimlerde ve alanlarda koloni kurma olanağı bulmuşlardır.

Bu yolculuklar sırasında pek çok yaşam ortamı ve koşulu ile temas kurmaları, bakterilerin çeşitlenmesine neden olmuştur.

Şu bir gerçek: Bakterilerin olağanüstü çeşitliliği, yayılmalarını kolaylaştıran minicik boyutları ile bağlantılıdır. Bu hareketlilik bazı soyların izole olmasına olanak sağlamış, bunun ardından da en dirençli ve en doğurgan tiplerin çeşitli ortamlarda doğal seçilime tabi tutulmaları gerçekleşmiştir. Evrim sayesinde son derece değişken koşullara sağlanan bu uyum, hücre değişimine yönelik çok belirgin bir potansiyel tarafından teşvik edilmiştir. Bugün hâlâ değişim halindedirler. Evrim ilkeleri, bütün canlı organizmalar için olduğu gibi, bakteriler için de geçerlidir.

Evrim, dinamik bir süreçtir. Bir değişikliğin iyice yerleşmek ve kendisini sürekli kılmak için zamana ihtiyacı vardır. Bu organizmalar on milyonlarca yüzyıl boyunca ısrarla canlı kaldılar, boyutlarını sabit tutarken içlerinde evrimi gerçekleştirdiler.

Evrilmek için üremek gerekir. Bakterilerin büyük bir çoğunluğu, son derece basit bir şekilde ürer: Kendilerini ikiye bölerler. Genler ve diğer maddeler kopyalanır ve adil bir şekilde paylaşılır. Bu durumda, eşeyli üreme yoktur. Hücrelerin kopyalanması, bir erkek bakteri ile bir dişi bakterinin birbiri ile kaynaşmasının ardından gerçekleşmez. Soyların karışması yoktur, melezleşme yoktur; bu, onların evrimi açısından bir dezavantaj oluşturur. Aslına bakılacak olursa, çok basit üreme yöntemlerinin yol açtığı dezavantaj, çoğalma hızları tarafından dengelenir. Bir saat içinde birkaç bölünme, birkaç nesil ortaya çıkarır. Her bölünmede minik hatalar meydana gelebilir. Bu kopyalama hataları, genetik düzeydeki mutasyonlardır. Dolayısıyla, bölünme sayısı ne kadar fazla olursa, hata sayısı da o kadar fazla olur. Değişken çevre koşullarının yol açtığı stres, kopyalanma sırasında genlerin yazılışında hata oluşmasını kolaylaştırabilir. Bazı bakterilerin yarım saatten daha kısa sürede bölündüklerini ve dünyada bu olayın 3,5 milyar yıl önce başlamış olduğunu bildiğimize göre, muazzam sayıda değişim meydana geldiğini görebiliriz. Dolayısıyla, bu basit kopyalanma sistemi, yaratıcı olma potansiyeli taşıyan muazzam sayıda genetik değişiklik üretebilir. Yeni çevre koşul-

larına uyum sağlamayı kolaylaştıran, kopyalama hatalarına dayalı bu sistem, bir gen alışverişi ile tam bir nitelik kazanmaktadır. Bakteriler, gerçek anlamda cinsel üreme olmaksızın, genellikle aracı olarak bir virüsü kullanmak suretiyle, birbirleri ile gen alıp verebilirler.[24]

Bütün bu gen transferleri, değiş tokuşları veya değişiklikleri, şekil ya da davranış üzerinde küçük değişiklikler meydana getirir. Sonra bu değişiklikler, bakterinin içinde yaşadığı çevre ile karşı karşıya gelir. Sadece yaşayabilecek koşullara – avantajlı ya da hiç olmazsa nötr – sahip olan değişiklikler hayatta kalır.

Bakterilerin dönüşüm konusunda sahip oldukları büyük potansiyeli gösteren klasik bir örnek vardır. Bakteriler nedeniyle boğazınız ağrımaktadır, bu nedenle doktor, onları öldürmek için bir ilaç (bir antibiyotik) yazar. İki gün sonra kendinizi iyi hissedersiniz ve talimatlara aykırı olarak, ilacı kullanmayı bırakırsınız. Bu büyük bir hatadır, çünkü boğazınızda üremiş olan milyarlarca bakteri arasında bazıları, genetik kodlarındaki sonsuz derecede küçük farklılıklar nedeniyle biraz daha dirençlidir. Artık antibiyotikle uğraşmak zorunda kalmadıkları için bu bakteriler, yani ölenlerden farklı olanlar çoğalacaktır ve antibiyotik, onlara karşı daha etkisiz olacaktır. Aşırı ve tekrarlayan antibiyotik kullanımının, mevcut antibiyotiklerin kendilerine karşı faydasız kaldığı yeni patojen bakteri aileleri işte bu şekilde ortaya çıkar ve yeni ilaçların icat edilmesi zorunlu olur. Bunlar da sırası gelince aynı şekilde sık sık ve uygun olmayan şekillerde kullanılır ve yeni başka dirençli soyların ortaya çıkmasına sebep olurlar.

Dirençli soyların ortaya çıkması o kadar çabuk olur ki, bilim insanları bazı durumlarda kazanılmış özelliklerin kalıtım yoluyla aktarıldığı düşüncesini ortaya atmışlardır. Bu düşünce, kısacık var oluş süresi içerisinde bir bakterinin kendini "savunmayı" bir şekilde öğrendiği varsayımına dayanmaktadır. Bu "bilgi" daha sonra onun genetik şifresinde bir şekilde değişiklik meydana getirmiştir. Bu bakteriler, kazandıkları avantajları bu şekilde kendilerinden sonra gelenlere aktarırlar: Bu, Lamarck tarafından ortaya atılan evrim mekanizmasıdır.[25]

Yukarıda anlatılanlarla ilgili gerçek ne olursa olsun, şurası bir gerçektir ki, bakteri türlerinin ve yaşam şekillerinin muazzam çeşitliliği, iki özelliğin bir araya gelmesinden kaynaklanmaktadır: Küçük boyutları (çok değişik çevrelerde yaygınlaşmalarını kolaylaştırır) ve bölünme hızlarının yüksekliği genlerinde değişiklik meydana gelmesini kolaylaştırır. Dolayısıyla bakteriler, fırsatçı gezginlerdir, değişmelerine, ortaya sonsuz yenilikler çıkartmalarına ve dolayısıyla yeni koşullara hızlı bir şekilde uyum sağlamalarına olanak veren bir otomatik genetik değişim mekanizmasına sahiptirler.

Bakterilerin yaşam şekillerinin hayret uyandırıcı çeşitliliği, bazı sorulara yol açmaktadır: Bir kemobakteri, evrime uğrayarak bir bitki benzeri bakteriye ya da bir mantarsı bakteriye dönüşmüş müdür? Basit evrim, bakterilerin yapısında mı mevcuttur? Yoksa Dünya, birkaç farklı bakteri soyu ile mi aşılanmıştı?

Günümüzde birkaç yüz araştırmacı, yaşamını varsayımlar üretmeye ve bu gizemleri çözmeye adamıştır. Bu bakteri türlerinin temsilcileri halen hayatta oldukları için, genomları üzerinde çalışma yapılması mümkündür. Bu şekilde, bu üç grup için ortak olan özellikleri belirleyebiliriz (benzerlik olduğu zaten ortadadır, çünkü bütün bakteriler aynı iç bileşenlere sahiptirler). Bilim insanları, en büyük genetik farklılıkları ve en büyük genetik benzerlikleri inceleyerek, bunlar arasındaki akrabalık ilişkisinin derecesini belirlemek için de çalışma yapmışlardır. Bu çalışmalar, şaşırtıcı bir gözlem doğurmuştur: Kemobakterilerin büyük çoğunluğu, diğer bütün bakterilerden epeyce farklıdırlar. Kemobakterilerin genellikle en uç çevrelerde yaşayan bu grubuna *arkebakteriler* adı verilmiş, diğerlerine, diğer bakterilerin hepsi için de *öbakteriler* adı uygun görülmüştür.[26] Bu şekilde bakteriler topluluğu, bir soy ağacının aynı temel plana göre fakat değişik motorlar ve malzemeler kullanılarak inşa edilmiş iki farklı biyolojik fabrikayı temsil eden iki farklı gövdesini (organizmaları sınıflandıran uzmanlar, *âlem* kelimesini kullanırlar) oluşturacak şekilde bölünebilir.[27] Fakat iki alem, ya da evrimsel gövde, birbirine o kadar yakındır ki, küçük genetik bilgi dizilimleri birbirinin aynıdır. İşte bunlar, virüsler tarafından değiş tokuş edilen, aktarılan veya aşılanan genlerin kalıtımsal mirası olabilirler. Genetikçiler, iki yaşam âleminin aynı tabandan ortaya çıktığını düşünmektedirler: Arkebakterilerin ve öbakterilerin ortak atalara sahip olmaları gerekir. Fakat genetikçilerin yeteneklerinin de bir sınırı vardır, bu nedenle bu iki ayrı soyun ortak temelinin ne zaman, hangi koşullar altında ve nerede şekillendiğine ilişkin tartışmalar bir türlü çözüme kavuşamamıştır. Şu anda Dünya üzerinde mevcut bakteriler arasında bazıları 3,5 milyar yıldan bu yana eğer çok az evrime uğramış ya da hiç uğramamış olanlar (nemli ve ılık kaya yarıklarında yaşayanlar gibi) varsa, diğerleri hiç durmadan evrime uğramışlardır. Bu durum, milyonlarca makroskopik türün, gezegenimizin üzerinde görece geç (yaklaşık 570 milyon yıl önce) ortaya çıkmış olan bitki ve hayvan örtüsünü meydana getiren çok hücreli organizmaların yaşamı pahasına hayatta kalacak şekilde evrime uğramış olan türler için özellikle geçerlidir. Kendilerinden korktuğumuz patojen bakterilerin büyük bölümü, buna bir örnek oluşturur; bunlar, bizim türümüze özeldir ve insanlara zarar vermedikleri takdirde hayatta kalamazlar. Dolayısıyla, bu türler, insanların öncülleri ile beraber ya da onlardan sonra ortaya çıkmışlardır, yani olsa olsa birkaç milyon yıl önceden bu yana var

olmuşlardır. Tıpkı bizden önce başka primatlar var olduğu gibi, onlardan önce de başka bakteriler vardı.

Bakterilere ilişkin bilgiler, bizi yaşamın evriminin daima karmaşık organizmalar üretmeye yönelik olmadığını anlamaya yönlendirmektedir.[28] Evrimin sistematik olarak çok hücreli, büyük, zeki türlere doğru gitmesi şart değildir. Bakteriler söz konusu olduğunda 3,5 milyar yıldan fazla bir süredir, üstelik çoğunlukla pek hızlı meydana gelen evrim, işleyiş şekilleri açısından çok farklılık gösterseler de onların minicik boyutlarda kalması ve Dünya'nın her yanına yayılması ile sonuçlanmıştır. Bu değişik yaşam ortamlarına uyum sağlamaları içsel olarak gerçekleşmiş, bir başına yaşayan mikroskobik hücrelerin içindeki hücresel biyokimyasal fabrikanın değişime uğraması ile sağlanmıştır.

Bitkiler ve hayvanlar, başka evrim yollarının, başka yaratılışların sonuçlarıdır. Bunlar, yaşam tarihinin çok ileri dönemlerinde ortaya çıkmış ve bakterilerin muazzam aleminin içinde büyümüşlerdir.

Bakteriler: Yaşam Formlarının (Bütün Kategorilerde) Şampiyonları

Biraz önce yazdıklarımı göz önünde bulundurarak, *evrime uğramak* ifadesinin çağrıştırdığı anlamın, insanın standart olarak alınmasından kaynaklandığı sonucuna ulaşmam gerekiyor. Gerçekten de, bize sanki en üst düzeyde evrime uğramış canlı organizmalar bizmişiz gibi gelmektedir. En yaygın şekilde bilinen evrim kavramının hareket noktasında bizlerin bulunduğu bir değerler ölçeğinin bulunmasının nedeni, budur. Öyle olsa dahi, insan bu çağrışımla ters düşmektedir.

Evrim düzeylerini sıralamak için organizmaların büyüklüklerine bakarız (fakat eğer bu kriter tek başına kullanılıyor olsaydı, dinozorların, balinaların ve fillerin bizden daha ileri bir evrim düzeyinde olmaları gerekirdi). Bizimkinin en karmaşık, en üst düzeyde evrime uğramış olduğunu (oysa diğer memelilerin yapısı da bizimkine benzer) varsayarak, organizmanın yapısını da göz önünde bulundururuz. Her şeyin ötesinde, kendi zekâmızı diğer yaşam şekillerinin zekâları ile karşılaştırırız. Bu bağlamda, bazı tanıdık memelilerin (şempanzeler, köpekler, atlar ve yunuslar gibi), kuşların (papağanlar gibi) ve hatta bazı omurgasızların (ahtapotlar gibi) zekâ eseri olduğunu düşündüğümüz davranışlar sergilediğini kabul ederiz. Bizimkine kıyasla çok alt düzeyde olsa dahi, onların da belli bir ölçüde evrime uğradığını hissederiz.

İşin aslına bakılacak olursa, evrimsel sıralamayı belirlerken başka kriterleri göz önünde bulundurduğumuz takdirde, farklı bir sıralama elde ederiz. Örneğin, eğer bir organizma ailesinin ortaya ilk çıktığı zamandan bu yana geçen süreyi ve o ailenin üyelerinin günümüzdeki çeşitli çevrelere uyum sağlamasına yol açan nesillerin ve değişikliklerin sayısını da işin içine katacak olursak, hiç şüphe yok ki bakteriler, Dünya üzerinde en üst düzeyde evrim ile karşılaşmış organizma ailesini oluşturacaktır.

Bilincimizin yanı sıra diğer yaşam formları üzerindeki göze çarpan üstünlüğümüzü betimlemek için kullanılan *evrime uğramış* ifadesi, derinlere kök salmış ideolojik ve felsefi bir hükmetme görüntüsüne de karşılık gelmektedir. Bizi diğer bütün yaşam formlarının üzerinde betimleyen Yahudi-Hıristiyan ve İslam dinlerinin bir ürünü olan insanın üstünlüğü görüşü, genel olarak kabul gören bir görüştür. Tanrı'nın bize Yaratılış ile verdiği amaca erişmiş olduğumuza inanırız: Hayvanlar âlemine ve bitkiler âlemine hükmederiz. Sosyal örgütlenmemiz, sayılarımız ve teknolojimizin gücü de, Dünya üzerindeki hükümdarlığımıza ilişkin izlenimimizi güçlendirir. Bununla birlikte, bakteriler,

- İşgal ettikleri alan ve hacim açısından
- Küresel kütleleri açısından
- Sayıları açısından[29]
- Her türün nüfusu açısından[30]

hiç şüphesiz gezegenimizin gerçek hükümdarı olan organizmalardır.

Her türlü afet karşısında hayatta kalacak şekilde daha iyi inşa edilmiş, daha iyi koşulların ortaya çıkmasını beklerken yavaş çekimde yaşama olanağına sahip (bir tuz kristalinin içinde kalan bir su damlasında 250 milyon yıl dinlendikten sonra tekrar canlandırılan o bakteriler gibi)[31] ve beslenme şekilleri açısından son derece çeşitlilik gösteren (beslenme kaynakları sınırsızdır) bakteriler, Dünya üzerinde sonsuza kadar dayanmak için gerek duyulan bütün özelliklere sahiptirler.

Buradaki mütevazı konumlarını bilselerdi, varoluşlarına ilişkin hiçbir korku duymazlardı. Nüfusları, yüzlerce ya da binlerce milyon yıldır içinde yaşadıkları çevrelerle denge halindedir ve kendilerinden sonra gelen nesiller, kendi kendini yok etmeye yol açacak şekilde gelişmenin ortaya çıkartacağı sınırlamalara asla kafa tutmayacaklardır. Büyük çeşitlilikleri ve hızlı evrimleşmeleri sayesinde, gelecek milyarlarca yıl boyunca ya da güneşimiz sönünceye veya patlayıncaya kadar Dünya üzerinde yaşamanın bir yolunu bulacak bakteriler daima mevcut olacaktır.

Bakterilerin hakim durumda olması, sahip olduğumuz yenilmezlik duygusunun da sorgulanmasına yol açmalıdır. Eğer bir nükleer bomba tufanı yüzünden Dünya tümüyle radyasyona maruz kalırsa, eğer dev bir meteor gezegenimize çarparsa, ya da yıldızlarla ilgili bir olay Dünya'nın güneş etrafındaki yörüngesindeki konumunu birazcık dahi değiştirecek olursa, uygarlığımızın, sosyal yapılarımızın, zekâmızın, bilincimizin ve bilgilerimizin hiçbir yararı olmaz. Sonsuza kadar yok oluruz. Buna karşın, bakteriler direnecektir; hayatta kalanlar çoğalma, çeşitlenme, yayılma ve - neden olmasın? - başka bitkilere ve hayvanlara doğru evrim geçirme yeteneğine sahip olacaklardır.

Ve unutmayalım ki, yaşamlarımız vücudumuzun içinde yaşayan bakterilere de bağlıdır. Aynı nedenle, yaşamlarımız diğerlerinden daha fırsatçı olan, insanı içinde çoğalabileceği ve bu arada yok edeceği bir cennet olarak gören yeni bir patojen bakterinin insafına da kalmış durumdadır.

Son olarak, göze görünmeyen dünyalarının soyut alemi, karmaşıklığa ya da gelişime doğru önceden belirlenmiş bir yönün olmayışı (evrimin ağır basan yolu, minik boyutlarda kalmaktır, çünkü küçük boyutlar dünya üzerindeki bütün yaşam ortamlarında çoğalmak için daha uygundur) ve ortadan kalkmamızdan sonra da hayatta kalacakları kesin olan bakterilerin bizi tehdit etmekte olduğu, mütevazı ve belirsiz durumumuz üzerine derin düşüncelere dalmak için muhteşem bir konudur.

Bu nedenle, biyosferdeki türleri üstün olan ya da olmayan şeklinde ayırmaya çalışmamamız gerekir. Bazılarında ilerleme, bazılarında da gerileme yoktur. Gelişmiş türler ve az gelişmiş türler yoktur. Her tür, kendine özgü bir evrim tarihine ve gelişebileceği bir ortam içinde diğer türlerin arasında bir yere sahiptir.

Hayal dünyasından çıkıp kumsalda tekrar kendime geldim, mavi denizi seyrediyor ve bir taş parçasını bir elden bir ele atıp tutuyordum. Efsanevi tanrılarının mevcut olmadığını ve insanoğlunun dünyada gerçekten tek başına bulunduğunu, kaderi ile yüz yüze olduğunu anlayan bazı Yunan filozoflarını düşünmeye başladım. Eğer bugün, benimle beraber olsalardı, düşünceleri gezegenimize sessizce hükmeden yaşamların o sessiz dünyasına yönelirdi. İnsanoğlu hâlâ tek başına kaderi ile yüzleşiyor, fakat günümüzde şunun anlaşılması gerekir ki, bu gezegen üzerinde hâkim konumdaki yaşamı kendisi oluşturmamaktadır. İnsan, yalnızca yaşamın kırılgan bir öğesidir ve kaderi, küçük bir astronomik olayın ya da diğerlerinden daha patojen olan bir parazit bakterinin insafına kalmıştır. Kaderi, çevresini saran başka yaşamlara ve son zamanlarda da kendisinin onlar üzerine yaptığı etkilere bağlıdır.

Kendime gelişimi ve çevremde olup bitenlerin farkına varışımı hatırlıyorum. Çıplak göğüslü güzel bir kadın, yerinden kalktı ve denize gitti. Coraile ve Marjorie, gülümseyen yüzleriyle ve üstlerinden sular damlayarak sahile çıktılar. Onlara şöyle dediğimi hatırlıyorum:

"İnşallah bakterilerden korkmamışsınızdır."

Sonra: "Deniz anası gördünüz mü hiç?"

Görmemişlerdi. Büyük bir gülümsemeyle onlara cevap verdim: "Güzel! Öyleyse ben yüzmeye gidiyorum."

Maskemi ve şnorkelimi takmak, suya atlamak ve birkaç metre yüzmek için zar zor zaman bulabildim.

Evrimin ne kadar etkileyici olduğunu ve etrafımızı saran ve bizimle çok derin bağlara sahip olan bakteriler dünyasının gücünü hatırlattıktan sonra, Dünya üzerinde yaşamın gelişmesine ilişkin bir başka temel adım üzerinde konuşmam gerekiyor. Yani, bakteriler ve bitkiler ya da hayvanlar arasındaki şaşırtıcı dönüşüme. Bu da başka bir yaratılıştır.

Katil Alglerin Vampir Deniz Tavşanı

Tek Hücreli Hayvaların ve Bitkilerin Yaratılışı: Evrimsel Devrim

Oditoryum, üniversitede oldukları için gurur duyan, üst düzey bir profesyonel olma hayalleri kuran, birinci sınıf biyoloji dersi için gelmiş genç öğrencilerle doludur. 150 gencin sohbeti, arka planda oldukça büyük bir gürültüye neden olur. Onların altında, bir çift büyük yazı tahtasının önünde, geç gelenlerin oturmasını beklerken notlarımı karıştırıyormuş gibi yaparım.

Öğrenciler yerleşip açıkça dikkat etmeye başladıkları zaman, gür bir sesle sorarım:

"Söyleyin bakalım! Bir bitkiyle bir hayvan arasında ne fark vardır?"

Sessiz bir şekilde beklerken gelişigüzel birkaç öğrenciye bakar ve onların bakışlarını yakalarım. Bu, onları derhal sindirir. Bir derse soru sorarak başlamak, normal değildir. Daha şimdiden, öğrencilerin çoğu benim ilginç bir tip olduğumu düşünür. Bir tuzak sezdikleri için, hiç kimse cevap vermez. Sessizliği için için gülerek dinlerim. Sert ve kızgın bir ifade ile kükrerim:

"Ne o? Birinci sınıf biyoloji dersindesiniz ve bir bitkiyi bir hayvandan ayırt edemiyor musunuz?"

İçlerinden en az gözü korkmuş olan, riske girmeye karar verir:

"Fakat hocam, hepimiz biliyoruz ki bitkiler yeşildir, klorofilleri vardır ve fotosentez yaparak yaşarlar, fakat hayvanlar öyle değildir!"

"Doğru. Fakat ya mantarlar? Onları hayvan olarak mı sınıflandırıyorsun?"[1]

Oditoryumda gülüşler duyulur.

"Daha iyi bir tanım istiyorum."

Yine uzun bir sessizlik. Birkaç öğrenci, şanslarını denemeye karar vererek ellerini kaldırır. Kararlı ve kendine güvenir görünen bir kıza işaret ederim.

"Bitkiler sabittir, hayvanlar değil!"

"Fena değil."

Dalga geçen birkaç ıslık duyulur. Öğrencinin yüzü pembeleşir. Öğrencilerin bazıları kalemlerini çıkartırlar. Onlara yazacak zaman bırakmam.

"Küçük hanım, eğer sizi doğru anlıyorsam, hareketsiz süngerleri ve mercanları bitki olarak sınıflandırırdınız. Ve kamçıları sayesinde yüzen binlerce tür mikroskobik, tek hücreli alg, bunlar hayvan mıdır?"

Oditoryumdaki öğrencilerin gülmesi kesilir; sessizlik, kulakları sağır eder. Neyi gerçekten bildiklerini sorgulamaya başlarlar. Canları yandığı için, artık konuşmak istemezler. Sonra bir ipucu veririm.

"Şu tanımı nasıl bulursunuz: Bitkiler, selülozdan yapılmış sert hücre duvarı olan hücrelere sahiptir, hayvanlar ise değildir?"

Mırıltılar, kabul ifade eden baş sallamalar; öğrenciler kalemlerini alır ve yazmaya başlarlar. Yazmalarına izin veririm, sonra müdahale ederim.

"Ne yazık ki bu da, yeterince iyi değil. Çok fazla istisnası var. Mantarların çoğunun selüloz duvarları yoktur; onun yerine kabukluların ve böceklerin kabuğunu meydana getiren kitin kullanılmıştır. Ve bazı hayvanlar, selüloz tabakalar inşa ederler."[2]

Gerginlik, elle tutulabilir bir düzeye erişir. Bazıları yanlış tanımı siler, bazıları üstünü karalar. Endişelere bir son verme, doğru cevabı söyleme zamanı gelmiştir.

"Aslına bakacak olursanız, bir hayvanı bir bitkiden basit bir tanımlama yolu ile ayırt etmeniz mümkün değildir. Kökenlerine bakmanız ve çekirdek içeren hücrelere sahip bütün tür gruplarının (bütün hayvanların ve bitkilerin) aslında birbirinden bağımsız şekilde tanımlanması gereken birkaç farklı soydan meydana geldiğini bilmeniz gerekir."

"Eğer sadece bir ya da birkaç basit özelliği ele alacak olursak, az önce bahsettiğim bazı istisnalar dışında, bu soyların hayvan ya da bitki olarak kabaca sınıflandırılmasının mümkün olacağı doğrudur. Bitki örtüsü ve hayvan örtüsü, bitki

ve hayvan gibi tanımlanması mümkün olmayan ifadeler, halk dilinde temel, basit ayrımlar olarak daima kalacaktır. Bu nedenle biz de, ayırt edici özelliklerini ve geçmişlerini bilerek, bu ifadeleri kullanmaya devam edeceğiz."

Ortakyaşarlık İlkesi: İki Organizma Arasındaki Sıkı Birliktelik

Sonra, "hayvanların" ve "bitkilerin" kökenleri konulu dersime başladım. Bitkilerin ve hayvanların çok basit mikroorganizmalar olan bakterilerden nasıl türediğini açıklamam gerekiyor. Bunların yaratılışına ilişkin gizemler, artık büyük ölçüde çözümlenmiş bulunuyor. Doğa tarihi, muhteşem bir şeydir. Kendisine atıfta bulunmak zorunda kalacağım yeni mekanizmayı daha iyi açıklayabilmek için, konudan biraz sapmak gerekecek. Kişisel bir deneyimimi anlatacağım.

Akdeniz'e gelen *Caulerpa taxifolia* adlı tropik alg'in acımasız istilası karşısında, sesimi duyurmakta fena halde sorun yaşamıştım. Alg istilasının kaynağı konusunda yapılmakta olan ateşli tartışmaların gölgesinde kalan uyarılarımı hiç kimse umursamamış ve iş işten geçinceye kadar hiç kimse bu istilayı kontrol altına almak için bir strateji geliştirmek için çaba göstermemişti.[3]

Bir türün istilasını azaltacak ya da kontrol altına alacak fiziksel veya kimyasal yöntemler artık işe yaramaz duruma geldiği zaman, onun doğal bölgesinde saldırılarını istilacı üzerine odaklayan doğal bir düşmanın, örneğin bir yırtıcı hayvanın, aranması gerekir. Başarının temel şartı budur: Ortadan kaldırılmak istenen bir kenarda dururken, başka türlere, yerel türlere saldıracak bir düşmanı getirme olasılığı kesinlikle olmamalıdır.

Bu "biyolojik kontrol", genellikle ziraat alanında kullanılır (örneğin, uğur böcekleri, yaprak bitlerine karşı kullanılmaktadır). Biyolojik kontrol, Güney Amerikalı kaynanadili bitkisinin yol açtığı gibi, büyük arazilerin dönüşmesine yol açan birkaç istilayı durdurmakta başarılı olmuştur. 1926 yılında Avustralya'da 24 milyon hektardan daha büyük bir alanı istila etmiş olmasına karşın, tırtılı sadece bu kaktüsü yiyen küçük bir güve sayesinde engellenerek küçük, izole edilmiş topluluklar haline getirilmiştir.[4] Fakat biyolojik kontrolün tehlikeleri de yok değildir: Aynı güve, istilacı kaktüsleri yok etmek için Küçük Antiller'e getirilmesinin ardından Florida'ya ulaşmış, oradan yerel kaktüsleri yiyerek Güney Carolina'ya ve Alabama'ya kadar ilerlemiştir.[5] Şimdi biyologlar, bu güvenin daha da ilerlemesinden ve kaktüsün değerli bir bitki olduğu kadar toprağın da sembollerinden

biri olduğu güneybatı ABD bölgesine ve Meksika'ya ulaşacağından endişe etmektedirler.

İstilacı algler konusuna gelince, onu yediği bilinen tek hayvan, tropik deniz tavşanıydı (Resim 5). Bu hayvanın Akdeniz'e bırakılmasının tehlike yaratmayacağının ve deniz tavşanlarının beslenme rejimlerini değiştirerek diğer algleri yemeye başlamayacağının kanıtlanması gerekiyordu.[6]

Deniz tavşanlarını incelememizin nedeni buydu.

Seçilen deniz tavşanının -bir *Elysia* türü- bir dizi diş gibi şekillenmiş keskin bir parçasını içine geçirebilmek için alg parçalarını ağzıyla sarıp sarınaladığı kolayca görülebilir. Deniz tavşanı, yaptığı bu kesiğin içinden çok kaslı gırtlağı sayesinde *Caulerpa taxifolia*'nın vücut sıvısını ya da "özsuyunu" (sitoplazmasını) emer. Sıvının koyu kıvamlı oluşu ve alg'in tepkisi (yarayı bir pıhtı ile tıkar), deniz tavşanının delme işlemini sık sık tekrarlamasına yol açar. Deniz tavşanı, bunu sağlamak için alg yüzeyinde birkaç milimetre hareket ederek yeni bir sondaj yapar.

Bir *Caulerpa taxifolia* yaprağı birkaç saat içinde bu şekilde birkaç düzine kez delinir ve sitoplazması emilerek alınır. Boşalan ve beyazımsı halkalar halinde lekelenen yaprak, yumuşak bir hal alır ve tekrar filiz vermeden ölür.

Bu deniz tavşanı, katil alglerin bu vampiri, başka algleri yiyemez. Ya alg duvarı çok kalındır, ya da alg yapraklarındaki damarların çapı o kadar büyüktür ki, yaprağın ağza sığması mümkün değildir. Fakat hepsinden önemlisi, diğer alglerin anatomileri, deniz tavşanlarının emerek hazmetme sistemi ile hiç uyumlu değildir. Aslında, bütün çiçekli deniz bitkileri ve kıyıya yakın yerlerde bulunan alglerin %95'i, çok hücrelidir. Mimarileri, bizimki ile aynı ilkelere dayalıdır: Değişik şekillere sahip minicik hücrelerin genetik olarak programlanmış bir şekilde üst üste yığılması. Bu mikroskobik hücrelerin sitoplazmaları, deniz tavşanları tarafından emilemez. Buna karşılık, Caulerpales takımına mensup türlerde (*Caulerpa* türü dahil), her bir bitki tek bir dev hücreden meydana gelir. Bu hücre, temel olarak alg şeklindeki bir borudur. Bütün sıvı (sitoplazma), borunun içinde bir uçtan diğerine serbestçe hareket eder. Bu deniz tavşanlarının *Caulerpa*'yı bir otçulun yiyeceği şekilde yememelerinin nedeni, budur. Hiç de bizim marul yerken yaptığımız gibi davranmazlar. Alg'i ısırmazlar, onu delerler ve sitoplazmayı emerler, tıpkı bir sivrisineğin bizi "sokup" kanımızı emmesi gibi. Bu, yüz binlerce ya da milyonlarca yıl önce ortaya çıkmış olması gereken çok gelişmiş bir uyarlamadır. Farklı yeme şekillerinin gelişmesi, uzun zaman alır.

Sırf bu nedenle, deniz tavşanlarının diğer algleri yiyeceklerinden korkanlara rahatlıkla güvence verebiliyorduk. Fakat bir çeşit gıda tüketecek şekilde uzmanlaşmaları, bu deniz tavşanlarının tek alışılmamış özelliği değildir.

Caulerpa arayışları sırasında, deniz tavşanları düzinelerce avcının yutmak için kendilerini beklediği düşman arazisinden geçmek zorundadır. Kuramsal olarak balık, kabuklu ve diğer omurgasızlar, onları yutabilir. Deniz tavşanları, *Caulerpa* avı için hareket ederken büyük bir risk altındadırlar. Uzun yolculuklar sırasında kolay bir av olarak görünürler. Aslında onları yiyen çıkmaz, çünkü *Caulerpa*'nın sitoplazmasını emerken, bu algler tarafından üretilen toksinleri de emerler. Sadece bu toksinlerin etkilerine karşı koymakla kalmaz, onları ayırıp bir kenarda depolarlar. *Caulerpa* vampirlerinin deniz etoburları için zehirli olmasının nedeni, budur. Hayvanlar bunu bilir ve onları rahat bırakırlar. Birkaç gün boyunca aç bırakılmış birkaç Akdeniz balığı türü ile akvaryum deneyleri yapmıştık. Balıkların ilk refleksi, avlarının üstüne atlamak oluyordu. İkinci refleks ise, deniz tavşanını aynı hızla geri tükürmekti. Ondan sonra, onlara bir daha asla dokunmuyorlardı. Deniz tavşanları, onların "tat alma cisimcikleri" üzerinde oldukça kötü bir hatıra bırakmış olmalıydı. Deniz tavşanları, kendilerini ısırılmaya karşı dahi korurlar: Rahatsız edildikleri anda, kendilerini etrafa yaydıkları beyaz bir toksin bulutu ile sararlar. Dokunulmaz ve iğrenç deniz tavşanları, bu sayede avcı saldırılarından korkmadan yollarına gidebilirler.

Bu yumuşakçaları devreye sokmanın risklerini değerlendirmek açısından yararlı olan bir başka özellik daha var: Deniz tavşanları gerçekten belirli bir besine gerek duyarlar. *Caulerpa*'nın oldukça özel zehirleri olmaksızın, hayatta kalamazlar.

Hepsi bu kadar da değil. Deniz tavşanlarımızın en olağan dışı özelliği, "başkalaşma" (metamorfoz) yoluyla bitkiye dönüşmeleridir! Bu süreç, tropik denizlerde *Caulerpa* ile pek sık olmayan bir şekilde karşılaşmalarından kaynaklanır. Tek gıdası olan bir öbek *Caulerpa* alg'ini tüketen bir deniz tavşanı, başka bir *Caulerpa* öbeği buluncaya kadar birkaç gün boyunca hiçbir şey yemeden uzun bir yolculuk yapmak zorundadır. Küçük deniz tavşanlarımız, bu uzun kıtlıkları şaşırtıcı bir yöntem uygulayarak atlatır. *Caulerpa*'nın sitoplazmasını yutarken, alg içindeki kloroplast'ları da içine çeker. Kloroplast'lar, klorofil içeren minik organellerdir; bütün yeşil bitkilerin hücrelerinde bulunur.

Bu organeller, bitkinin yaşaması için gerekli olan şeker stoklarını sentezlemek için güneş enerjisi, su ve karbondioksit kullanan küçük fabrikalardır ve bir yandan da kimyasal reaksiyonun bir yan ürününü salgılarlar: Oksijen. Normal olarak, yeşil bitkiler yiyen bütün hayvanlar, bitki hücrelerinin içindeki kloroplastları basit bir şekilde hazmederler. Hücreleri kloroplastlarla dolu olan marulu yediğimiz zaman biz de öyle yaparız. Fakat *Elysia*, kloroplastları hazmedeceği yerde, onları ayırır ve deri altında yüzeye yakın bir yerdeki barsak keselerinde saklar.

Bir öbekteki *Caulerpa*'nın tümünü yedikten sonra renkleri yeşile dönen deniz tavşanları, yeni bir öbek aramak için yola çıkarken, hazmedilmeyen ve depolanan kloroplastlar tarafından temsil edilen güneş pillerini harekete geçirirler. O zamana kadar klasik bir vejetaryen diyet uygulamakta olan deniz tavşanları bitki türü beslenmeye geçerler, güneş ışığını mümkün olduğu kadar çok yakalayabilmek için derilerini olabildiğince yayarlar. Derileri, bitkilerdeki yaprakların görevini görür! Yeterince güneş aldıkları takdirde (gün ışığı yeterlidir), denizin tabanında 1 aydan fazla bir süre yemeden gezebilir ve hayatta kalabilirler. Fakat ışık yoksa ve *Caulerpa* yiyemiyorlarsa, birkaç gün içinde ölürler.

Benzer bir özellik biz insanlarda var olsaydı, iki salata yedikten sonra rengimiz yeşile döner ve her gün güneş banyosu yaptığımız takdirde bir ay boyunca hiçbir şey yemeden yaşamayı başarabilirdik.

Aslında, türler arasındaki bu olağan dışı ortaklık, birkaç tek hücreli hayvanda (silliler)[7] ve biraz daha derme çatma şekilde olsa da, diğer organizmalarda da ortaya çıkmıştır. Örneğin ağaç kabuklarına yapışan veya kayaların üzerinde bir kabuk meydana getiren bütün likenler, ortak yaşam kurmuş iki türden meydana gelir: Bir mantar ve bir alg veya bitki benzeri bakteri. Benzer şekilde, pek çok deniz hayvanı, klorofil içeren tek hücreli türlerle ortaklık kurar. Örneğin, tropik denizlerdeki mercan kayalıkları, yumuşak bedenleri ile çok yakından bütünleşmiş minicik algler olmasaydı yaşama olanağı bulamayacak olan omurgasız hayvanlardan meydana gelir. Pek çok tropik bölgede son birkaç yıldır olduğu gibi sıcaklık çok yükseldiği takdirde, alg kökenli ortak ya ölür, ya da mercan kayalığını terk eder. Fotosentez yapılmasını sağlayan ve bu sayede mercan kayalıklarına şeker üreten bitki hücrelerinin ayrılışı, hayvan için bir ölüm emri demektir: Mercan beyazlaşır, sonra da dağılır. Bu ortaklıklar (alg-mantar, bitki benzeri bakteri-mantar ve alg-mercan), bir ortağın diğeri olmadan hayatta kalamayacağı birlikteliklerdir. Böyle bir birlikteliğe sembiyoz* (Yunanca birlikte anlamına gelen *sun* ve yaşamak anlamına gelen *bioum* kelimelerinden türetilmiş *sunbiôsi* kelimesinden) adı verilir. Deniz tavşanlarımız, daha gelişmiş bir ortakyaşarlık "icat" etmiştir. Minik alglerle birlikte yaşamaktansa, yuttukları alglerin işe yarar tek parçasını, kloroplast'ı seçerek saklarlar. Bu, alışmışın dışında bir ortakyaşarlıktır, çünkü ortaklardan biri (kloroplast), bir birey (örneğin bir alg türü) değil, bir bitki hücre-

* Türkçe'de sembiyoz (bazen de simbiyoz) olarak da kullanılmakla birlikte, Türk Dil Kurumu tarafından *ortakyaşarlık* kelimesi tercih edilmiştir. Kitabın bundan sonraki bölümlerinde bu karşılık kullanılacaktır. Ç.N.

sinin parçasıdır. Ayrıca yine alışılmışın dışında bir ortakyaşarlıktır, çünkü ortaklar yan yana değil, biri (kloroplast) diğerinin (deniz tavşanı) hücrelerinin içinde bulunmaktadır. İçteki ortak (kloroplast), taşıyıcı (deniz tavşanı) tarafından kullanılmaktadır. Buna, *endosembiyoz* adı verilir.[8] Ortakyaşarlık, iki organizma arasında, birbirlerine bağımlı olmalarına yol açan ortak bir yaşam şeklidir: Karşılıklı olarak, biri olmadan diğeri hayatta kalamaz. Endosembiyoz, ortakyaşarlığın en gelişmiş şeklidir: Ortaklardan biri, diğerinin içinde yaşar (Yunanca içinde anlamına gelen *endon* kelimesinden gelen *endo* ön eki bunu belirtir).

Bu olay, Dünya'da yaşamın çeşitlenmesine giden yolun en belirleyici adımıdır. Bu adım, türlerin Darwin tarafından çok güzel şekilde tanımlandığı şekilde yavaş yavaş evrim geçirmesinden çok farklıdır. Bir bakteri ailesinin daha iyi beslenmesini, daha fazla üremesini, yayılmasını, hâkimiyet kurmasını, bir bitki ya da hayvan olmasını sağlayan, her biri son derece küçük etkiye sahip bir dizi mutasyondan veya ustaca yapılan bir soy karışımından kaynaklanmaz. Bu adım, yaşamın evriminde yeni bir başlangıçtır. Bir devrim, bir bölünüş, yeni bir yaratılıştır.

Hikâyenin sonuna geldiğimizi vurgulamak için yazı tahtasından uzaklaşır ve öğrencilerin arasına yürürüm. Öğrencilerin daima saklamayı tercih ettiği notlardan bazılarını okurum ve tekrarlarım:

"Bir devrimdir! Bir bölünüştür! Sözümü not edin!"

Sonra, hayvan ve bitki devriminin olağanüstü hikâyesini anlatmaya başlarım. Vurguladığım ilk nokta, bir bakteri hücresi ile bir hayvan veya bitki hücresi arasındaki önemli sayıdaki farklardır. Bu, eğitim programının klasik bir bölümüdür. Kişinin bu konuda bilmesi gerekenler, özetle şunlardır.

Bakteri Hücreleri ve Hayvan ve Bitki Hücreleri

Bütün bakteriler (arkeler ve öbakteriler), çok basit hücrelere sahiptirler. Bu hücrelerin içinde organel bulunmaz, bakteri hücresinin içindekiler macun gibidir. Bakterilerin çoğunda, hücrenin ortasında, genellikle yuvarlanarak top şeklini almış tek bir DNA iplikçiği bulunur. Bakterilerin tümünün, çekirdeği olanlardan önceki organizmalar anlamına gelen *prokaryotlar* olarak adlandırılmasının nedeni, budur. Karyon ya da çekirdek, görece karmaşık hücrelerin (hayvan ve bitki hücrelerinin) iç kısmında bulunan ve kromozomlar halinde yoğunlaşmış genetik bilgiyi içeren "paketleri" ifade etmektedir (bu ön ek, çekirdek bilimi demek olan karyoloji ve kromozomlarla ilgili anomalileri tespit eden doğum öncesi karyolojik muayene gibi pek çok kelimede kullanılır).

Bitki ve hayvan türleri, daha karmaşık hücreler olarak inşa edilmiştir. Bunlar, hücrelerinde gerçek bir çekirdek bulunduğu anlamına gelen *ökaryotlar* grubunu oluştururlar (Yunanca'da *eu* ön eki - ö olarak okunur - "*iyi*" ya da "*güzel*" anlamına gelir). Algler, çiçekli bitkiler, mantarlar, mayalar, amipler, denizanaları, süngerler, deniz kestaneleri, balıklar, kuşlar ve hepimiz, her birinin içinde bir çekirdek bulunan ökaryotik hücrelerden meydana geliriz. Bir tür gözenekli kutu olan çekirdekte kromozomlar vardır. Her kromozom, bilgi taşıyan küçük birimlerden meydana gelir: Genlerden. Genetik bilgiler, DNA tarafından taşınır. Bu temel farklılığı tarif etmek için eski biyologlar tarafından kullanılan terminoloji, hücreyi bir meyveye benzetiyordu. Bakterilerin (prokaryotlar) hücrelerinde çekirdek yoktu, hayvanların ve bitkilerin (ökaryotlar) hücrelerinde ise, vardı. Bu benzetiş, uygundu.

Bir hücredeki DNA'nın büyük kısmını içeren çekirdek, eğer mikroişlemci, bellek, ana kart ve işletim sistemi rollerini üstleniyorsa, diğer kartlar da yaşam bilgisayarına, bitki veya hayvan hücresinin içine takılmaktadır. Gerçekten de, ökaryotik hücrenin içinde çekirdekten başka, ana karta takılan bağımsız kartlar gibi "paketler" de bulunur - klorofil içeren paketler (yani kloroplast'lar) için güneş pili olarak, ya da diğer paketler (mitokondriya adı verilir) için solunum cihazı olarak görev yapmak gibi açık işlevlere sahip olan *organeller*.

Mitokondriya! İşte size sadece biyologların bildiği bir kelime. Bütün hayvan ve bitki türlerinin oksijen yüklü bir atmosferde nefes alabilmeleri, bu organeller sayesinde mümkün olmaktadır.[9] Bunlar, hücrelerimizin akciğerleridir. Daha iyi tanınmayı hak eden bu kelimeyi kozmetik firmalarının halka yaygınlaştırmasını öneriyorum: Tıpkı mitokondriyal özler içeren bir losyonun derinin daha iyi nefes almasını sağlayacağı gibi, mitokondriya'lı bir saç spreyi de saçın daha iyi havalanacağı anlamına gelecektir.

İki yaşam sisteminin ana hatlarını çizdikten sonra, sanki onun üstünde düşünüp taşınıyormuşum gibi yaparım. Öğrenciler not almaya ara verir, gözlerini kaldırırlar. Bir ders, bir tiyatro eseridir. Aklınızda bir metin bulunması ve onu iyi ifade etmeniz gerekir. Ayrıca, dinleyicileri ikna etmek, belleklerini harekete geçirmek gereklidir. Bunu elde etmek için, seyircilerle empati kurmak, kendinizi onların düzeyine getirmek, bir mantık silsilesi üzerindeki şüpheleri veya onu anlamanın zorluklarını önceden tahmin etmek, meraklarını uyandırmak, onları şaşırtmak, tempoyu bozmak, dikkat etmelerini sağlamak şarttır. Bir ders ne kadar önceden kestirilemez olursa, dikkatleri o kadar çok olacaktır. Mutlak sessizlik hüküm sürmeye başlayınca, ciddi bir sesle tekrar başlarım:

"Sorulması gereken soru, bir sistemden diğerine geçişi nasıl açıklayabiliriz, olmalıdır. Bakteriler, nasıl olup ta hayvan ya da bitki hücresi haline geldiler? Diğer bir deyişle, prokaryotlar, ökaryotlara nasıl dönüştüler?"

Bu, cep tipi bir hesap makinesinin acımasız bir şekilde nasıl bir Cray XD1 süper bilgisayara dönüştüğünü açıklamaya çalışmak gibi bir şeydir. Araştırmacıların, kafalarında bir bakteri hücresi ile bir hayvan veya bitki hücresi arasında yavaş ve aşamalı bir geçiş canlandırdıklarına şüphe yoktur. Bütün hücresel yaşamın (bakterilerin) atalarının ardışık, aşamalı, yavaş mutasyonlara uğraması sonucunda ökaryotlara dönüştüğünü ileri süren bu varsayımın temelinde sadece birkaç tane, inandırıcı olmaktan uzak, genetik temelli görüş vardır.[10] Fakat bu, yanlış bir ipucudur!

Mantıksal bir düşünce silsilesine sahip ve numaralandırılmış bölümlere ayrılmış, iyi yapılandırılmış bir derse alışık olan öğrencilerden bazılarının şaşkınlığı açıkça belli olur. Görünüşte birbirinden bağımsız parçalara sahip olan sunuşum, onları rahatsız etmiştir. Bazıları, "bitkilerle hayvanlar arasındaki fark konusundaki gösterinin ardından deniz tavşanı üzerine uzun bir nutuk, sonra da devrim konusundaki vurgu, şimdi kafamıza ne fırlatacak acaba?" diye düşünmeye başlamış olmalıdır.

Demek ki, artık sorulara son verme zamanı gelmiştir.

Söylediğim her şeyin doğruluğunu göstermek için, şöyle devam ederim: "Aslında, yaşam tarihinde devrimi açıklamak için, katil alglerin vampir deniz tavşanları tarafından benimsenen endosembiyoz olayına bakabiliriz.

Bakteriler Birliği

Bakterilerin endosembiyoz yolu ile başkalaşım geçirerek hayvan veya bitki hücresine dönüştüğü, çok cılız ipuçları üzerinden yola çıkılarak olsa dahi, yirminci yüzyılın başlarından bu yana düşünülmekteydi.[11] Bu düşünce, endosembiyoz kuramı olarak bilinir.[12] 1970'li yıllardan itibaren bu kuram, yaptığı pek çok yayım ve genetik analizlerden elde ettiği verileri ve elektron mikroskobu ile çekilmiş fotoğrafları kullanarak biriktirdiği kanıtlarla ün kazanan Amerikalı araştırmacı Lynn Margulis tarafından güçlendirilmiş ve tanınması sağlanmıştır.[13] Dünya üzerinde yeni evrimsel yaşam patikalarının ortaya çıkışının bu aşamasındaki adımları özetleyeceğim.

İlk olarak, "devrim/başkalaşma" konusunda ilk aktörlerin bakteriler, yani Dünya'ya yerleşen ilk organizmalar olduğunu hatırlayınız. Bu basit organizma-

ların davranış ve beslenme şekilleri ile, 2,7 milyar yıldan daha önce hüküm süren çevre faktörleri üzerinde günümüzde mevcut olan bilgi nedeniyle, aşağıdaki iki senaryo önerilmiştir.

Mitokondri Nasıl Ortaya Çıktı

Endosembiyoz kuramının kurucuları tarafından ana hatları çizilmiş olan ilk senaryo, sığ bir lagünün çamurları içinde geçmektedir (Şekil 6 ve 7). Bakteriler orada son derece bol miktarda bulunmaktadır, öylesine bol ki, öldükleri zaman organik maddelerinin kalıntıları, lagünün dibinde birikmektedir. Bazı fırsatçı bakteriler, diğer bakterilerin atıklarından veya cesetlerinin çürümesinden ortaya çıkan hareketsiz organik maddelerden yararlanma konusunda uzmanlaştılar. Yaşamın yapıtaşı olan bu maddeleri önce parçaladılar, sonra da hazmettiler. Organik maddeleri "yiyen" bakteriler, bu işi tıpkı mantarların yaptığı gibi, sadece temas ederek yapıyorlardı. Bu bakteriler, organik maddelere yapışıyorlardı ve hazmetmeyi sağlayan sıvıları, her iki yönde duvarlarının içinden geçiyordu.

Verimi arttırmak için bakterilerle organik maddeler arasındaki temas yüzeyini arttırmak yeterlidir. Bunun olması için, önemli bir dönüşüm meydana gelmesi gerekir. Bir bakteri türü, çoğu bakterinin olağan bir özelliği olan kabuğunu kaybetmiş, heykeltıraş çamuru gibi esnek bir hal almış olmalıdır.[14] Bu ilk adım, bu bakterilerin yayılarak basit temas yolu ile daha fazla organik madde emmesine olanak sağlamıştır.

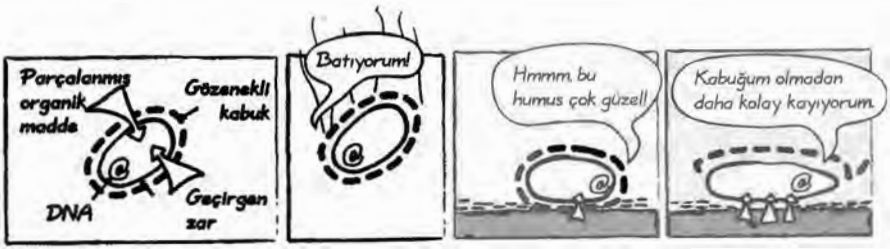
Bu avantajdan yararlanan bu mantarsı bakteri (önceki bölümde açıklanan bir terim), daha sonra kendini deforme ederek temas yüzeyini daha da arttırma özelliğini, doğal seçilim yoluyla elde etmiştir. Hücrenin sürünmesini (altında bulunan her şeyi hazmettikten sonra, bu hücre yeni besin aramak için yakın bir mesafeye hareket ediyordu) sağlayan hareketleri koordine etmek için kas benzeri mikroliflerden[15] meydana gelen bir sistemin gelişmiş olması gerekmektedir.

Hücrenin bu davranışı, hayal ürünü değildir. Günümüzde bazı mantarlar, tam olarak bu besleme şeklini uygulamaktadırlar.[16] Bu grubun temsilcileri yumuşak bir yapıya sahiptir ve ölü bir ağacın üzerinde sürünerek hareket ederler. Organik maddeler temas yolu ile hazmedilir ve enerji içeren moleküller esnek mantar zarı üzerinden aktarılır.

Yumuşak, sürüngen bakterilerin temsilcileri, bunun ardından bakteriyel mezarlıklarda yaşayıp besleniyor olmaları sayesinde, daha etkili başka bir beslenme şekli denediler.



2,7 milyar yıl kadar önce, okyanusun bir yerlerinde, sahilin yakınlarında...



Mantarsı bir bakteri, temas ettiği organik maddeleri hazmetmeye hazırlanıyor.



Birkaç milyon yıl sonra... artık daha iyi beslenmek için hareket etmeye başlıyor.



Birkaç milyon yıl sonra... şimdi de organik maddeyi yutmaya başlıyor (fagositoz).

Şekil 6. Endosembiyoz: İlk hayvan hücresinin kökeni. (Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)



Birkaç milyon yıl sonra... artık ölmekte olan bakterileri sarmalayıp yutuyor



Yüzeye yakın yaşayan bakteriler de batar ve onlar da yakalanır



Şekil 7. Endosembiyoz: İlk hayvan hücresinin kökeni (devam). (Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

Süregelen evrim, bakteri leşlerinin mantarsı bakterinin yumuşak duvarından içeri girmesine olanak sağladı.[17] Hareketsiz olan avlar, böylece kendilerini bir leş yiyici haline gelmiş olan bakterinin içinde tek parça halinde, bir bütün olarak buluverdiler. Kimyasal salgılar, bu şekilde içeri alınan organik maddelerin parçalanmasına ve hazmedilmesine olanak sağlıyordu. Sistem çok etkiliydi, çünkü içeri alınan madde ile temas yüzeyi, besinin etrafı sarıldığı zamana kıyasla daha büyük oluyordu. Hareketsiz organik maddeleri yakalamakta uzmanlaşan mantarsı bakteriler, bu şekilde etobur oldular. Canlı avları, diğer küçük bakterileri sardılar, içlerine aldılar ve hazmettiler. Davranışsal evrimin bu temel aşaması, amipler ve akyuvarlar gibi bazı hayvan hücrelerinde hâlâ yaygın olan bir yaşam şekline karşılık gelir.

Son aşama, endosembiyozdur. Bu aşama, yutulan bazı canlı bakterilerin hazmedilecekleri yerde hazım sıvıları tarafından rahat bırakılmaları sonucunda başladı. Bu konuda üç açıklama önerilmiştir:

- Etobur bakteri, evcilleştirdiği avından yarar sağlamış ve ona bir tür ev kölesi gibi davranmıştır.
- Daha iyi inşa edilmiş olduğu için etobur bakterinin hazım sıvılarına direnen bazı avlar, onun asalağı haline gelmiştir.
- Hem taşıyıcı, hem de av, birlikte yaşamaktan karşılıklı çıkar sağlamıştır (gerçek ortakyaşarlık).

Şüphesiz, bakteriler herhangi bir şey "hissetmediler" ve ortaklığın avantaj ve dezavantajlarını hesaplamadılar. Aksine, bu evrim her zamanki gibi, iki tür bakterinin yaşamlarını şekillendiren ve davranışlarını düzenleyen çevre kısıtlamaları tarafından seçilen bir dizi rastlantısal mutasyon vasıtası ile meydana geldi.

Hangi varsayım doğru olursa olsun, sonuç basit ve aynıdır: Bazı canlı avlar, etobur bakterilerin içine kesinlikle uyum sağlamıştır. İki hücre – taşıyıcı hücre ve av hücre – sistemli bir şekilde ve kesinlikle birbirlerine ayak uydurarak öyle bölündüler ki, taşıyıcı hücrelerin soyundan gelenler, daima "evcilleştirilmiş" av hücrelerine sahipti.

Oksijensiz bir ortamda yaşamaya alışmış yeni bir tür olan büyük bakterinin (taşıyıcı), oksijenli bir ortamda dolaşmasına olanak sağlayan fizyolojik işlevlerle donatılmış küçük bir bakteriyle ortaklık kurması, bu şekilde oldu.[18] Bu, tamamen kokuşmuş oksijensiz suda evrim geçiren taşıyıcı mantarsı bakterinin, bitki benzeri bakteriler sayesinde oksijenin ortaya çıkmaya başladığı yüzeye yakın yerlerde, ışığın yakınında yaşayabilmek için bir akciğer edinmesi gibi bir şeydi. Yutu-

lan küçük bakteri, bir kez etrafı sarıldıktan ve tamamen evcilleştirildikten sonra kabuğunu kaybetti. Hücrenin bir organeli - mitokondri - oldu. Taşıyıcı hak sahibi, bu değişiklik nedeniyle bitki benzeri bakterilerin yüzeye yakın, oksijenli sularındaki otlaklarda otlama yeteneğini nihayet kazanan bir ilk örnek hayvan hücresi haline geldi.

İkinci senaryo, 1998 yılında önerilmiştir.[19] Bu senaryo, ilk hayvan hücrelerinin suda, Dünya'nın derinliklerinden yükselen sıcak, kükürtlü çamur gaz sütunlarının yakınlarında ya da Dünya kabuğunun ılık, nemli çatlaklarının çevresinde (Şekil 8) ortaya çıkmış olmasını ön şart olarak ileri sürmektedir. Buralarda, kayaların basınçlı sıcak su tarafından parçalanması sırasında ortaya çıkan gazı kullanan bakteriler kaynaşmaktaydı (ve hâlâ kaynaşmaktadır).

Bu varsayıma göre, enerji kaynaklarının ve atıkların ortak şekilde kullanılması için yapılan bir ortaklık, ortakyaşarlığın kaynağını kamçılamıştır. İki ortak, şunlardır:

- Bir kemobakteri (arkebakteri). Bir "kaya yiyici" olarak kendisini hidrojenle besliyor ve organik atıklar üretiyordu.
- Bir mantarsı bakteri (öbakteri). Ortağından daha küçük olan bu bakteri, kemobakteri tarafından üretilen organik maddeleri (atıklarını) hücre duvarı aracılığıyla yok eden bir azınlık hissedar rolü oynar. Her zaman her yerde bulunan bu ortak, oksijensiz suda yaşayabilir ve bu koşullar altında atık ürünleri arasında ortağı için yararlı olan hidrojen çıkartabilir. Oksijenli ortamda da yaşayabilir ve bu durumda oksijeni enerji üretiminin yan ürünlerini üretmek için kullanır.

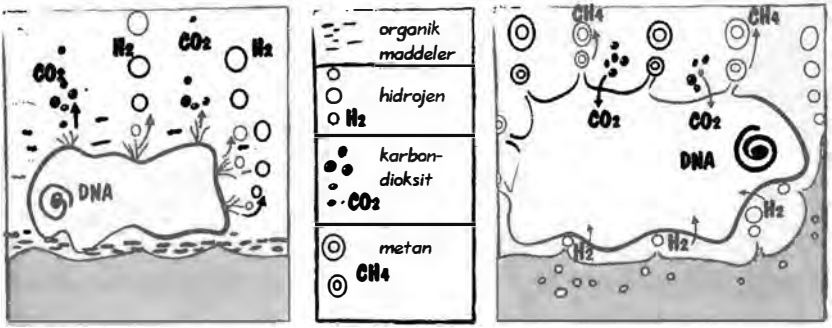
Bu iki bakteri türü, günümüzde hâlâ mevcuttur.

İki bakteri ortak, başlangıçta birbirlerine yapışık olarak, her biri komşusunun atıkları (biri için hidrojen, öbürü için organik maddeler) ile beslenerek yaşamış olmalıdır. Atıkların geri kazanılması için kurulan bu ortaklık, "hidrojenyiyen" bakterinin hidrojen üreten ortağını kucaklamasına yol açmıştır. Sonunda, ortağının etrafını sarmıştır.

Azınlık ortağı olan mantarımsı bakteri, yakıtını (organik maddeler) taşıyıcı hücrenin içinden alırken, taşıyıcısına doğrudan hidrojen temin etmeye başlamıştır.[20] Bu endosembiyoz, ortak beslenme kaynaklarından daha akılcı bir şekilde yararlanılmasını sağlamıştır.

Taşıyıcı, giderek artan bir şekilde sadık hidrojen sağlayıcısının kölesi olmuş ve normal beslenme ortamlarından (su ve yüksek basınç tarafından ayrıştırılarak hidrojen açığa çıkartan kayalar) giderek artan bir şekilde kaçınıyordu. Taşıyıcı,

2,7 milyar yıl kadar önce, deniz tabanında



Organik maddeleri temas yoluyla yutan ve atık ürün olarak hidrojen ve karbondioksit açığa çıkartan mantarsı bakteri

Sıcak kayaların ürettiği hidrojeni yutan ve atık ürün olarak metan açığa çıkartan kemobakteri



İki bakteri, birbirleriyle tesadüfen temas ederler

Birkaç milyon yıl sonra...



Yakalanan bakteri, hidrojenin tek sağlayıcısı (hidrogenozom) olur. Taşıyıcı bakteri, zeminden artık ayrılabilir.

Yüzeyden çok uzak olmayan bir yerde oksijenli suyu bulur.

Yakalanan bakteri bir mitokondri haline gelir, ikisi birlikte bir ilk örnek hayvan hücresi olurlar.

Şekil 8. İlk hayvan hücresinin şekillenmesi: Atık geri kazanıcı varsayımı. (Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

vücudu (hücresi) içinde yaşayan ortağının verimli çalışmasını güvence altına almak için, yaşam ortamını ve beslenmesini yukarıda anlatılan senaryoya uygun olarak değiştirdi. Mantarsı bakterinin fena halde ihtiyaç duyduğu organik maddeleri tüketmeye başladı. Taşıyıcı, yumuşaklaştı, organik maddeleri temas yolu ile hazmedebilecek bir hal aldı. Sonra canlı, hareketsiz avları yutabilecek hale geldi - yırtıcı bir hayvan hücresi oldu.[21] Taşıyıcı, bu yeni yaşam tarzı içinde yüzeye, oksijenli sulara doğru yükseldi. Taşıyıcının içindeki ortamına uyum sağlayan ve şimdiye kadar hidrojen sağlamış olan becerikli bakteri, beslenme rejimini ve atık ürünlerini değiştirdi. Oksijeni kullanmaya ve taşıyıcısı için enerji kaynağı görevi yapan maddeler salgılamaya başladı. Tutsak bakteri, taşıyıcısının nefes almasını, oksijeni hazmetmesini bu şekilde sağlıyordu - tutsak, bir mitokondri olmuştu. Ve artık, birleşen iki bakteri ortak, bir hayvan hücresi olmuşlardı.

Endosembiyoz için hangi senaryo geçerli olursa olsun, hücrelerimizin eski etobur bakteriler olduğu konusunda açık olmakta yarar vardır. İçlerinde bu ortaklığın ve beslenmelerinin izlerini hâlâ bulmaktayız, çünkü hücrelerimizin içinde mitokondriler, yani hâlâ üreyen eskiden evcilleşmiş bakteriler kaynamaktadır. Bu bakteriler, oksijenli ortamlardaki bütün hayvan ve bitki hücrelerinin içinde bulunur. Onlar olmadan hücrelerimiz yaşayamazdı, dolayısıyla biz de hayatta kalamazdık. Onlar, hücrelerimizin akciğerleridir.[22]

Endosembiyoz için ileri sürülen bu iki basitleştirilmiş senaryo, pek çok kanıta dayanmaktadır:

- Mitokondriler, aynı şekilde işleyen bakterilerle aynı boyutlara sahiptir.
- Mitokondriler, bağımsızlıklarını bir ölçüde korumuşlardır, çünkü taşıyıcı hayvan veya bitki hücrelerinin içinde tıpkı bakteriler gibi bölünürler.
- Mitokondrilerin bir hücreden deneysel amaçlarla çıkartılması, vazgeçilmez nitelik kazanmış olan bu bağımsız öğeleri yeniden oluşturma olanağına sahip olmayan hücrenin ölümüne yol açar.
- Günümüzde, bitki ve hayvan hücrelerinin bütün mitokondrilerinde hâlâ az bir miktar bakteri tipi DNA bulunmaktadır. Fakat bu miktar, bağımsız kalmış bakterilerdekilere kıyasla çok azdır. Bu durum, bakteri-mitokondriden taşıyıcı hücre çekirdeğine bir DNA transferi meydana gelmiş olduğunu (ve taşıyıcı hücrenin gen sayısını arttırdığını) düşündürmektedir. Bu varsayım doğrulanmıştır ve araştırmacılar tarafından yaygın şekilde kabul görmektedir.

Kloroplastlar Nasıl Ortaya Çıktı

Bütün sürecin neredeyse 2,7 milyar yıl önce başlamış olması gerekir. Yaşamın tarihindeki bu uzak zamanda, bakteriler ve etobur gibi davranan ilk örnek hayvan hücreleri, oksijenli ve oksijensiz suların karıştığı yerlerde birlikte yaşamaya başladılar. O zaman, klorofil içeren bitki benzeri bakterilerin endosembiyoz yolu ile asimile edilmesi, yaşamın çeşitlenmesinin ikinci aşamasını başlattı.

Bu süreç, şu şekilde meydana gelmiş olabilir.

Hayvan ilk örnekleri, içinde bitki benzeri bakterilerin bol miktarda bulunduğu sığ lagünlerin oksijenli sularında mitokondriler sayesinde evrime uğramaya başladılar (Şekil 9). Bu bitki benzeri bakteriler görece hareketsizdiler, doymak bilmeyen bu avcılar için kolay bir av oluşturuyorlardı. Vejetaryen hayvan hücresi, bu bitki benzeri bakteriyi yutup bir bütün olarak korumak (sadece sert bakteri duvarı hazmedilmişti) suretiyle kendisini bir bitki hücresi haline dönüştürmeyi başardı.

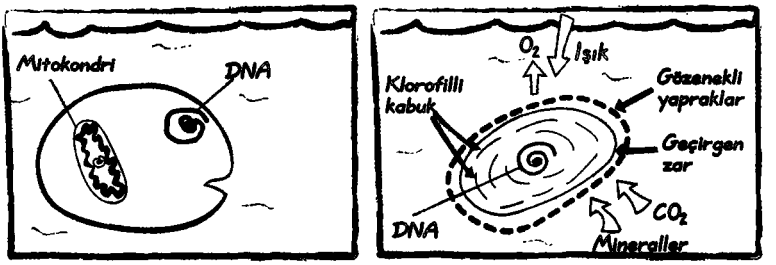
Aslında bu yırtıcı, bir bitki benzeri bakteriyi asimile ettiği zaman, artık av peşinde koşmak zorunda kalmıyordu. Vejetaryen hayvan hücresi kendisini güneş ışığına çıkartıyor, güneş pilinin işlevini yapmasına olanak sağlıyordu – bu da klorofil içeren bir organele dönüşen evcilleşmiş eski bitki benzeri bakteriydi.

Evcilleşmiş bitki benzeri bakteriler bu şekilde kloroplastlara (klorofil paketlerine) dönüştü, onları kullanan hücreler de durum değiştirdiler. *Otçul hayvanların ilk örnekleri, bitki hücrelerinin ilk örneği oldular. Aklımızda tutmak için tekrarlayalım, otçul hayvanlar, bitkilerin temelidir.*

Her alg ve yeşil bitki, kendisine bu yeşil rengi veren bu eski bakterileri hücrelerinin kalbinde taşır. Tıpkı mitokondrilerde olduğu gibi, kloroplastlarda da bakteriyel türde DNA bulunur. Bunlar, taşıyıcı hücreden bağımsız olarak kendilerini öyle bir şekilde kopyalarlar ki, taşıyıcı hücrelerin soyundan gelenlere daima miras olarak geçerler. Kloroplastlar modern bitki benzeri bakterilerle aynı büyüklüktedir ve deneysel olarak ortadan kaldırıldıkları takdirde hücre onları sentezleyemez. Bu endosembiyotik süreci doğrulayan pek çok kanıt toplanmıştır ve bunların bir kısmı da son derece ayrıntılıdır.

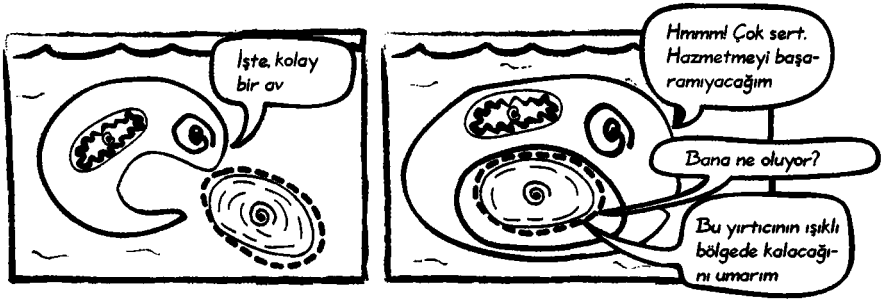
Kloroplastın hâlâ sert bir duvarla sarılı olduğu birkaç türe bakıldığı zaman, kloroplastların bakteriyel kökeni daha da belirginleşmektedir.[23] Bu türlerde endosembiyoz mekanizması tamamlanmamış gibi görünmektedir.

Bu, deniz tavşanlarının alglerden emilen klorofil paketlerini kullanması ile tıpatıp aynı olan bir süreçtir. Deniz tavşanları, etçil hayvan hücrelerini hiç bilmeden kopyalamışlardır: Bütün yaptıkları, *Caulerpa* alglerinden emdikleri sıvıların

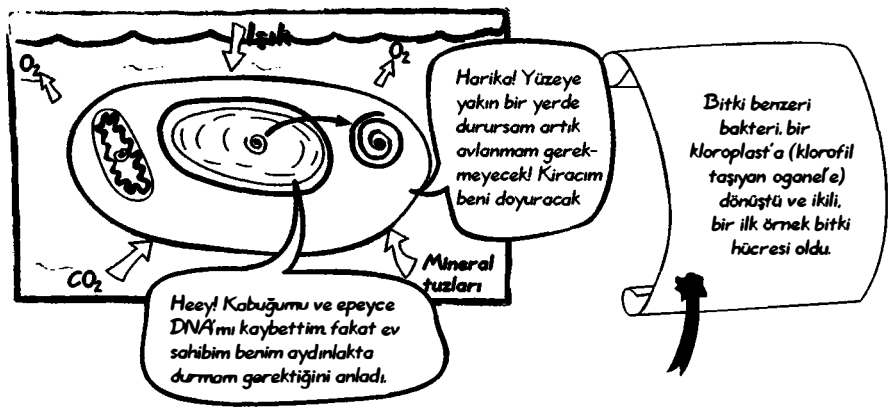


Yüzeyin altındaki oksijenli suda yüzen ilk örnek hayvan hücresi.

Bitki benzeri bakteri (siyanobakteri)



2,7 milyar yıl kadar önce, okyanusun bir yerlerinde, yüzeyin yakınlarında



Birkaç milyon yıl sonra...

Şekil 9. İlk bitki hücrelerinin endosembiyoz yolu ile ortaya çıkması. (Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

içinde bulunan kloroplastları almak ve sonra da kendileri kullanmaktır. Uzun zaman önce *Caulerpa* tarafından evcilleştirilmiş olan yeşil kloroplastlar, yani eski bitki benzeri bakteriler, sadece sahip değiştirmişlerdir.

İlk etobur hayvan hücreleri için listedeki tek yemek, bakterilerdi. Yemek listesi, daha sonra daha karmaşık hücreleri kapsayacak şekilde zenginleşti. Bu şekilde, mitokondri ve onun sonucu olan genetik malzemeyle donanmış bir ilk örnek hayvan hücresi, mitokondri ve kloroplastla donanmış pasif ilk örnek bitki hücrelerini mideye indirmeye geldiler. Bir ökaryot, ilk kez başka bir ökaryotu yedi! Bazı büyük avlar, ehlileştirildi (her şey görecelidir: Bu bağlamda yamyam hayvan hücreleri bir milimetrenin yüzde birkaçı kadar bir çapa ulaşabiliyorken, avları bunun onda biri büyüklüğündeydi.

Bir ökaryotik bitki bir ökaryotik hayvanın içinde hayatta kaldı ve bu birlik, onların soyundan gelenlerde de aynı şekilde süregeldi. Dolayısıyla bu canavarlar art arda iki endosembiyozun sonucudurlar. Günümüzdeki alglerin bazı soyları, bu endosembiyoz ikilemesinden ortaya çıkmıştır. Bunlar arasında, iki çekirdekli hücreler görürüz; büyük olan hücre "yamyamdan", etkisizleşmiş ve çekinikleşmiş olan küçük hücre ise avdan türer.[24]

Sınıf şimdi artık tüm dikkatini vermiş ve bu doğa tarihine kendini kaptırmış durumdadır. Öğrencilerin hepsi hummalı bir şekilde not almakla ve tahtaya çizdiğim şekilleri kopyalamakla uğraşmaktadır.

Devam ederim, "Bu tarihin şimdiye kadar çözülemeyen muammaları vardır."

"Çekirdek nasıl meydana geldi? Bakterilerden ilk örnek hayvan ve bitkilere geçerken, genomun büyüklüğü nasıl oldu da yüz kat arttı?"

Çekirdeğin Kökeni

Mitokondrilerin ve kloroplastların endosembiyotik kökenli olduğunun bütün biyologlar tarafından kabul ediliyor olmasına karşın, günümüzde çekirdeğin kökeni için ileri sürülen kuramsal mekanizmalar saymakla bitmez.

Genetikçiler, genlerin sayısındaki büyük artışın tek bir büyük kromozom ya da birkaç kromozom oluşmasına yol açma sürecini anlamak için çok basit hayvan ve bitki hücrelerinin genomlarını deşifre ettiler. Bu genomların birbirinden çok farklı tipte bakteriden gelen genlerin bir karışımı olduğunu öğrenmek, onları hayrete düşürdü. Bu durum nasıl açıklanabilir? Varsayımlardan iki tanesi özellikle ikna edicidir:

- Bir etobur, yuttuğu bakterilerin bazı genlerini "nüfusuna geçirme" olanağı bulmuştur. Bu yeteneğin varlığı, mitokondrilerin ve kloroplastların endosembiyozları ile kanıtlanmıştır. Aynı işlem, ehlileştirilmemiş ama sadece yutulmuş olan çeşitli bakterilere ait genomların küçük parçalarıyla birkaç kere tekrarlanmıştır.
- Bakteri virüsleri[25] bir bakteriden küçük bir gen çalmayı, taşımayı ve başka bir bakterinin ya da bir ilk örnek ökaryot hücresinin içine yerleştirmeyi başarmışlardır. Böyle bir olayın olabileceği de kanıtlanmıştır. Virüsler, öbür bakterilere ya da ökaryotlara musallat olan yozlaşmış bakteriyel parazitlerdir. Artık kendi başlarına yaşama ve çoğalma olanakları kalmamıştır. Yaşamaları ve çoğalmaları, tümüyle paraziti oldukları diğer bakterilere veya hayvan veya bitki hücrelerine bağlıdır.

Genom, bu şekilde nakillerle büyümüş, belirgin parçalara ayrıştırılabilen büyük bir kromozom halinde dokunmuş heterojen bir yama işi gibi şekillenmiştir.

Fakat, hayvanlarda ve bitkilerde kromozomlar, ikili bir zardan oluşan gözenekli bir paketin içinde bulunur: Çekirdekte. Kuramcılar, bunun oluşumunu hücre zarının meydana getirdiği bir kılıfın sonucu olarak, böylece ortaya çıkan kesenin kromozomu veya kromozomları içine alması olarak, açıklarlar. Çekirdeğin de bir endosembiyozun ürünü olduğu varsayımını ileri sürenler vardır. Bu görüşe göre, çekirdeğin yutulmuş bir bakteri olması gerekir (Şekil 10). Bu bakterinin genomu, taşıyıcısının, mitokondrilerin ve diğer avların ve virüslerin genomları ile zenginleştirilmiş olabilir. Her iki varsayım da bizi aynı sonuca götürmektedir: Bir ya da daha fazla kromozom içeren bir çekirdeğe sahip bir ilk örnek tek hücreli hayvanın ortaya çıkmasına.

Biraz sağda, oditoryumun beşinci sırasına doğru, bir grup öğrenci bir şey üzerinde tartışmaktadır. İçlerinden biri, elini kaldırır.

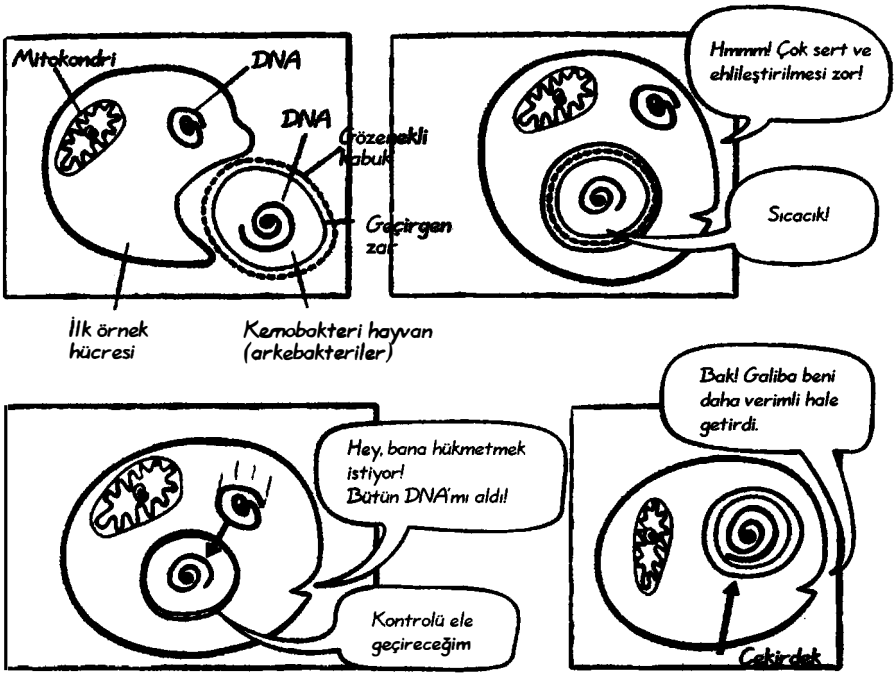
Ona seslenirim: "Bir soru mu var?"

"Peki ya eşeyli üreme? O ne zaman başladı?"

İşte, iyi bir soru. Bilimsel kaynakların bu konuda ne kadar tedbirli ve ağzı sıkı olduğunu görmek, insana garip geliyor. Elde fazla kanıt yok, bu yüzden hayal gücü serbestçe hüküm sürmektedir.

Eşeyli Çoğalmanın Kökeni

Bütün bitkilerde ve hayvanlarda hücre bölünmesinin iki farklı şekilde meydana geldiğini hatırlayalım. Önce, basit olanı: Bir hücre ikiye bölündüğü zaman, her



Şekil 10. Çekirdeğin endosembiyoz yolu ile ortaya çıkması. (Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

şey hiç değişmeden kopyalanır (iki kromozomlu bir hücre, her biri ikişer kromozoma sahip iki hücre üretir).[26] Bu mekanizma, hücrelerimizin tümü için geçerlidir. Büyümemizi ve hücrelerimizi tıpatıp yedeklerle yenilememizi sağlayan şey, budur. Ayrıca bu, hücre bölündüğü zaman genetik bilginin hiçbir değişiklik olmaksızın kopyalandığı bütün bakterilerde de ortak olarak görülür. Bu, bir tür "bitkisel," eşeysiz üremedir.

Hücre bölünmesinin daha karmaşık olan başka bir türü, kromozom sayılarının ikiye bölünmesine yol açar. Genomun azalmasını içeren bu şekil, bütün bitkilerde ve hayvanlarda görülen eşeyli üremenin başlangıcıdır. Bu eşeyli *(mayotik)* bölünme, üreme organlarında (insanlarda testislerde ve yumurtalıklarda) meydana gelir. Birbirinin aynı iki takım kromozoma sahip bir hücre ile başlayan süreç, tek bir takıma sahip hücrelerle sona erer. Örneğin bizim hücrelerimizde

46 kromozom bulunur, bunlar birbirinin aynı 23 çift kromozom olarak yapılanmıştır. Bu şekilde bölünmeleri sonucunda ortaya her biri 23 kromozoma sahip hücreler çıkar. Bu hücreler, bizim spermlerimiz ve yumurtalarımızdır. Bu, bir "boşanma", genomun ikiye bölünmesi, kromozomların sayısında adil bir şekilde yapılan indirimdir.[27]

Artık biliyoruz ki, üreme hücrelerimiz (spermler ve yumurtalar) yalnızca birbirlerine rastladıkları zaman hayatta kalabilirler. Böyle bir durumda ise, sayısı azaltılmış kromozomlarını birleştirerek birbirine benzer iki takım kromozoma sahip olan tek bir hücre meydana getirirler. Bu bir "evliliktir,"[28] bir birleşmedir, eşeyli üremenin nihai adımıdır.

Bilim insanları, bu ikili sürecin (kromozomların boşanması ve tekrar evlenmesi) kaynağını açıklamak için, elde kesin kanıt olmadığı zaman hayalimizi kullanmamız ve tahmin yürütmemiz gerektiğini söylemektedirler.

Her şey, kromozom sayısının ikiye katlanması ile başlamış olsa gerektir.

Basit bir kromozom takımından yola çıkarak sayılarının iki kat oluşuna geçiş, kopyalanışları sırasında meydana gelen bir zamanlama hatası ile açıklanabilir.

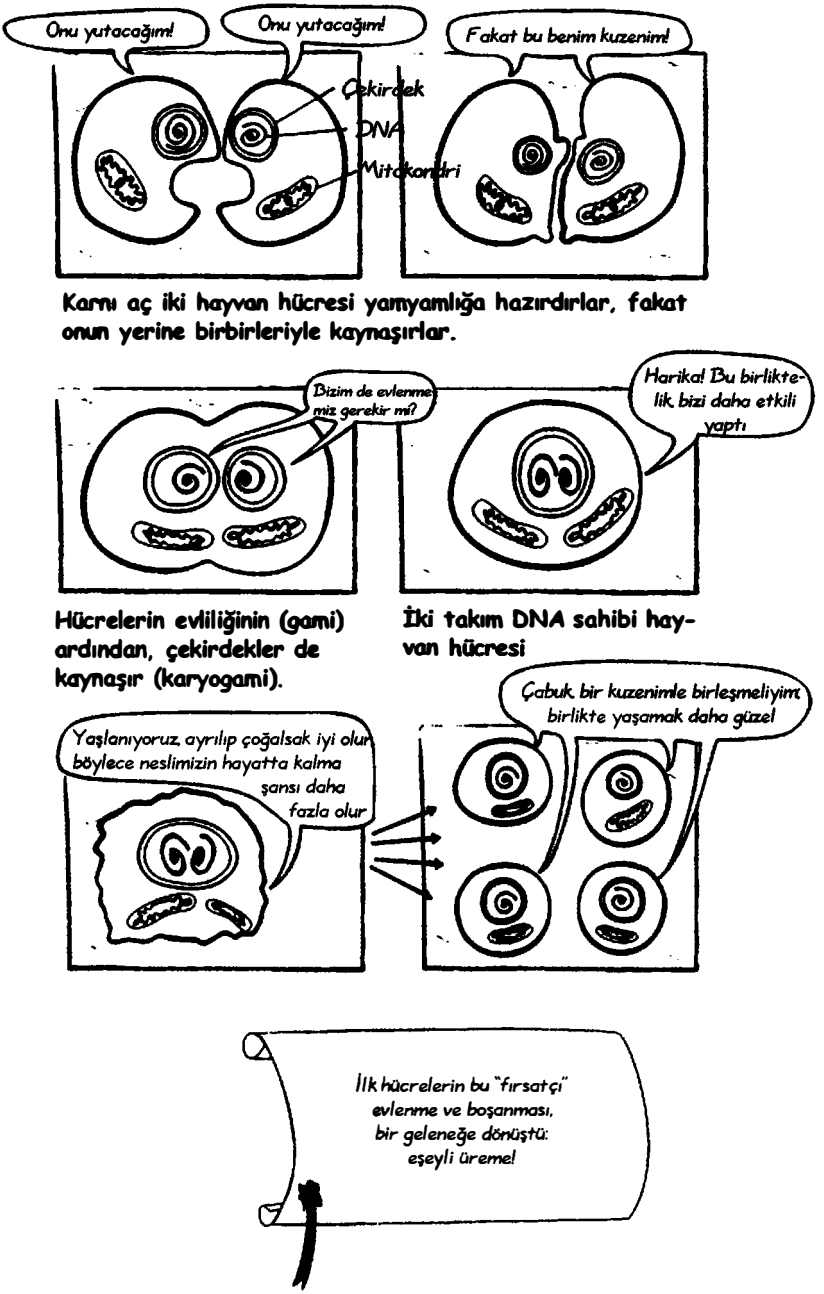
Bütün organizmaların hücreleri, ikiye bölünme yeteneğine sahiptir; bu mekanizmada bütün genetik bilgilerin korunması ve aktarılması şarttır. Bunu sağlamak için - *mitoz* adı verilen - bir süreç, hücre bir bütün olarak bölünmeden hemen önce kromozomların kopyalanmasına (sayılarının iki ile çarpılmasına) olanak sağlar. Genetik bilgiler, böylece hiçbir değişikliğe uğramadan iki yavru hücre arasında eşit şekilde dağıtılmış olur.

Fakat, bir hücrenin bölünmesi ile kromozomlarının bölünmesi arasında kötü bir eşzamanlılık meydana geldiğini hayalimizde canlandırabiliriz. Eğer kromozomlar hücrenin içinde kopyalanır, fakat hücre bölünmezse, oyun kazanılmış olur! Çekirdekte bir takım kromozomdan iki takıma geçmiş oluruz.[29]

Fakat, hayvan ve bitki hücrelerinin öncüllerinin sergilediği yamyamca davranışları esas alan bir başka varsayım daha vardır.[30] Birbirinin aynısı olan, bağımsız iki hayvan hücresinin karşılaştığını düşünün; bunlar, aynı soydan gelen, her ikisinde de sadece birer takım kromozom içeren bir çekirdek bulunan, gözü doymak bilmez ilk örneklerdir (Şekil 11).

Birbirlerini yemeye hazırdırlar. Varsayım, bu iki hücrenin birbirlerini yiyecekleri yerde, birbirleri ile kaynaştığını öngörmektedir.

Bu davranış şekli (bir başarısız yamyamlık), bir tür bileşim ortakyaşarlığına, mutlu bir birlikteliğe yol açar. Bunun ardından, "evlilikten" ortaya çıkan tek hücrenin içindeki iki benzer çekirdek de birbirine yaklaşır, onlar da kaynaşır.[31] Bu durumda, birbirinin aynı olan iki takım kromozom, sayılarında bir azalma ya da



Şekil 11 Hücrelerin "evlenmesi" ve "boşanması": Eşeyli üremenin ilk kez ortaya çıkışı. (Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

içlerinden birinde bir silinme olmaksızın birbirine karışmış olur: Kromozom sayısı ikiye katlanmıştır.

İki takım kromozomla donanmış bir hücre, orijinal hücrelere kıyasla daha gayretli, daha etkindir, çünkü bir kromozomda zayıf kalan bir genin rolü, onun kardeş kromozomunda taşınan bilgi tarafından telafi edilebilir. Hücre, sadece bir takım kromozoma sahip olan aynı tür hücrelerden daha uzun yaşar ve onlar üstünde hâkimiyet kurar.

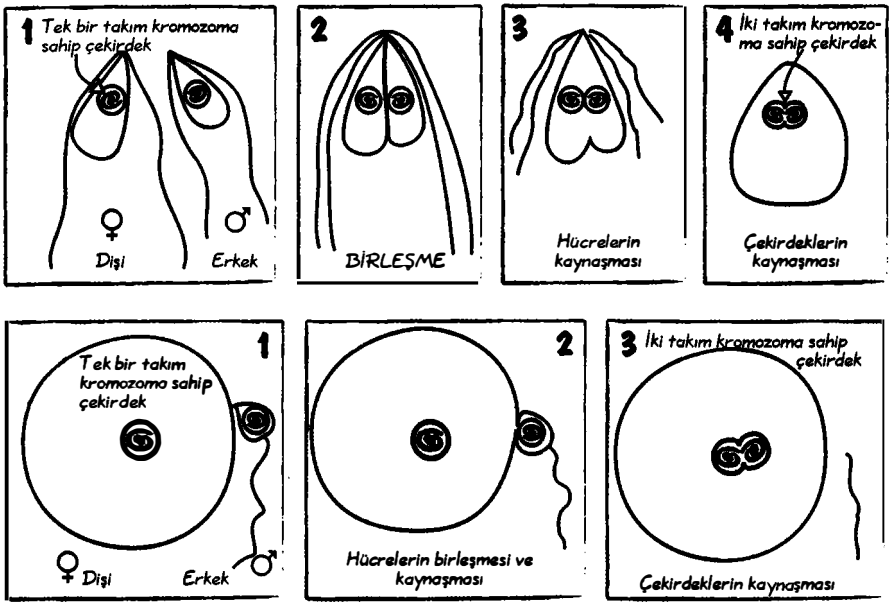
Fakat, enerjik hücreler kromozom sayısını azaltma potansiyellerini muhafaza ederler. Bu nedenle, sıkıntılı bir dönemde veya bir yaşam ortamı değişikliği sırasında iki takım kromozoma sahip olan hücre ikiye bölünür (hücre, çekirdek ve kromozomlar), bu da tek bir takım kromozoma sahip birbirinin aynı olan hücrelerin ortaya çıkmasına yol açar (bu işlem, *eşeyli (mayöz) bölünme* veya *redüksiyon bölünmesi* olarak adlandırılır). Bu noktadan itibaren bu hücrelere eşey hücresi adı verilmesi gerekir, çünkü bunların kurtuluşa giden tek bir alın yazıları, tek bir yolları vardır: Kendileri ile aynı, uyumlu bir hücre bulup evlenmek. Aslına bakılacak olursa, ebeveynlerinin ve büyük ebeveynlerinin başarısız yamyamlık senaryosunu yeni baştan oynamaya başlamak. Eşeyli üremenin ortaya çıkışı, bu şekilde olmuştur.

İlk bağımsız hayvan ve bitki hücrelerinde ortaya çıkmış olan eşeyli davranış, başlangıçta yalnızca atalardan gelen bir davranış, farklı yaşama sorununa bulunan basit, fakat çok kırılgan bir çözümün bir anısıydı, çünkü hücrede mevcut genetik bilgi, sadece bir takımdı.

Bana soracak olursanız, ben hayvan ve bitki hücrelerinin evrensel olarak bölünmesini açıklayan varsayımı kuvvetle destekliyorum. Bunların bütün eşey hücreleri aynı şekilde davranır: Yumuşak duvarlara sahiptirler, bir araya gelirler ve kaynaşırlar (Şekil 12). İnsanlarda, büyük olan yumurta, küçük olan spermi kolayca içine alır. Sperm yumurtanın içine girer girmez, çekirdeği yumurtanın çekirdeğine yapışır ve daha sonra onunla kaynaşarak tek bir hücrede bileşik bir genom üretir.

İki eşey hücresi arasında meydana gelen bu evlilik, aslında bir tür *kaynaşmalı ortakyaşarlık*tır: Sperm ve yumurta, kaynaşmadıkları takdirde yaşamlarını sürdüremezler.

Bu varsayımı anlatabilmek için, ilk kaynaşmalı ortakyaşarlıkların zamanında ortaya çıkmış olması gereken davranışa çok benzer, dikkat çekici bir davranıştan bahsetmeliyim. Bu davranış, başta yediğimiz türler olmak üzere, bazı mantar gruplarında görülebilir.[32]



Şekil 12. Çok hücreli organizmaların günümüzde zarların (plazmogami) ve çekirdeklerin (karyogami) birleşmesi ve kaynaşması sureti ile üremesi. Üstte, Yeşil alglerin bazı türlerinde eşeyli üreme yapan hücreler (gametler), birbirinin aynıdır. Altta, Çok hücreli hayvan türlerinin hepsinde (metazoa), hareketsiz dişi gamet (yumurta), çok hareketli olan erkek gametten (sperm hücresi) çok daha büyüktür. (Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

Alelade (bir sapı ve bir şapkası olan) mantarlar, belirli organlarda üretilen eşey hücrelerine sahip değildirler, fakat yer altındaki bazı iplikçiklerinin (miselyum) hücreleri, *tek bir takım kromozom içeren tek bir çekirdeğe sahiptir.*

Miselyum hücreleri, kendileriyle uyumlu benzer hücrelerle kaynaşmak gibi olağan dışı bir yeteneğe sahiptir.[33] Sanki bu iplikçiklerin azaltılmış bir genoma sahip bir çekirdek taşıyan hücrelerinin hepsi, birbirinin aynı eşey hücreleriymiş gibi. Fakat bu durumda, iki hücrenin evliliği mükemmel olmaktan uzaktır: Her ne kadar iki hücre bir araya gelerek tek bir hücre oluşturmak üzere kaynaşmışsa da, kaynaşan iki hücrenin çekirdekleri birbirinden ayrı, yan yana kalır.[34] Kaynaşmalı ortakyaşarlık, iki hücrenin içindekilerin birbirine karışması, *çekirdeklerin bir-*

leşmesine yol açmaz (Şekil 13). İki hücre "çiftleşerek" tek bir hücre üretmiştir, fakat yeni hücrenin içindeki iki çekirdek, "ayrı yatak odalarına" sahiptir.

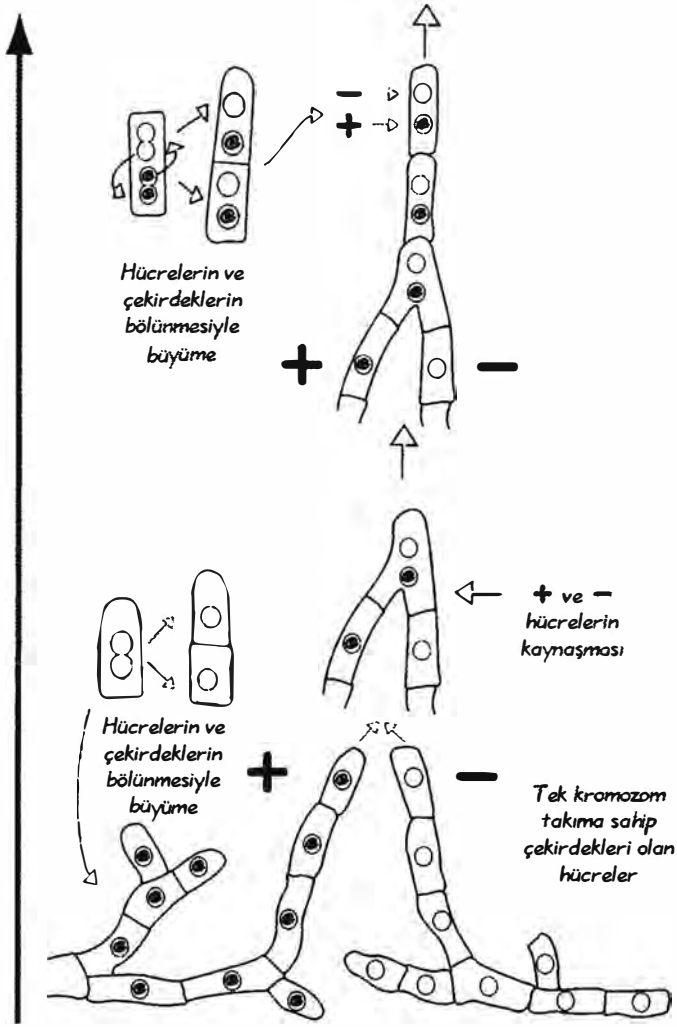
İki çekirdeği taşıyan hücreler, tek çekirdekli iplikçik hücrelerine kıyasla daha karmaşık yapısal özellikler geliştirirler. Sadece iki çekirdekli yer altı hücreleri büyük bir mantar üretebilir. Şapkası ve sapı göz önüne alındığı zaman kişinin hayalinde kolaylıkla canlandırabileceği gibi, mantar, iki çekirdek içeren miselyumlardan meydana gelen küçük bir yapıdan başka bir şey değildir; bu hücrelerin bazılarının kaderinde spor üretmek vardır. Sporlar, şapkanın altında, lamellerin (solungaçlar) üzerinde, ya da kapağın gözeneklerinin içinde (bolete'ler için) üretilir. Bu özel yerde, iki çekirdek içeren hücreler değişim geçirir ve iki çekirdek, spor oluşumundan hemen önce kaynaşır. Daha sonra, kromozom takımları hızla birbirine karışır ve kromozomlar, parçalarını kendi karşılıkları ile takas eder. İki takım kromozoma sahip olan yeni inşa edilmiş çekirdek, hücrenin spor oluşturmak için mayöz bölünme yapışı sırasında bölünür, her biri yine tek bir kromozom takımına sahip tek çekirdekli iki hücre üretir. Sporlar toprakta çimlenerek miselyumlar, yani her biri tek bir çekirdek içeren hücrelerden meydana gelen iplikçikler üretirler. Bu, alelade mantarların yaşam döngüsüdür.

Birkaç alg soyunda erkek ve dişi eşey hücreleri spermler gibi yüzerler ve sanki aynıymış gibi görünürler; sadece küçük farklar, erkek ve dişi gametleri birbirinden ayırır: Bu farklar, ilk eşey özellikleridir (alglerin büyük bir bölümünde iki tür eşey hücresi birbirinden çok farklıdır - erkek hücreler küçüktür ve kamçıları vardır, dişi hücreler daha büyüktür ve çoğunlukla kamçıları yoktur). Bu durumların hepsinde iki eşey hücresinin birleşmesi için aynı türden olmaları, aynı tür kromozomlara sahip olmaları gerekir.

Gördüğüm en olağan dışı soya çekim olayı ile, deniz tavşanlarının çok sevdiği Caulerpales türünden olanlarda karşılaşmıştım. Bu yeşil algler alelade bitkilere benzer, fakat hücreleri yoktur - içlerinde hücre duvarı yoktur. Bunlar yalnızca, bitki şeklini almış birer borudur. Boruda bir özsu (sitoplazma) bulunur. Özsuyun içinde çekirdekler, kloroplastlar, mitokondriler ve bitki hücrelerinin diğer bütün bileşenleri vardır.

Eşeyli üreme zamanı geldiğinde, ortalığı toplayın! Bir nikâh töreni başlar.

Her biri tek bir kromozom takımına sahip olan çekirdekler, orijinal hücrenin bütün parçalarını bir araya toplarlar: Kloroplastlar ve mitokondriler. Daha sonra her çekirdek, kendisini ve yardımcılarını bir zar ile sararak bir eşey hücresi meydana getirir. Alglerin bütün içerikleri, böylece üreme hücrelerine aktarılmış olur. Bir işaret (gün doğuşu) geldiğinde, dışarı, açık sulara kaçarlar. İçi boşaltılan algin



Şekil 13. "Evliliğin" iki aşamada meydan geldiği gerçek mantarlar ve bazitli mantarların günümüzdeki üreme şekli. Farklı sporlardan ortaya çıkan iplikçikler eşeysel özelliklere sahip değildirler, faka birleşme (ya da birleşmeme) yetenekleri vardır. Uyumlu iplikçikler (bir +, bir – ile uyumludur, fakat başka bir + ile uyumlu değildir) birleşir ve kaynaşır (plazmogami veya somatogami), fakat çekirdekler birleşmez. İki çekirdek (dikaryonlar) içeren iplikçikler, görünen mantarları (karpoforlar) oluşturur. Karyogami ve onun hemen ardından mayöz bölünme, mantarın şapkasının altındaki lamellerin içinde gerçekleşen spor oluşumundan önce meydana gelir. (Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

varlığı sona erer: Artık sadece boş bir borunun beyazlaşmış duvarı kalmıştır, o da hızla yok olur, gider.

Minicik eşey hücrelerinin suda hayatta kalmak için tek bir ümitleri vardır: Kaynaşabilecekleri, evlenebilecekleri benzer ve uyumlu bir eşey hücresi bulmak. Bu birleşme, yeni bir alg oluşmasına yol açacaktır.

Bunlar, bir bireyin bütün çekirdeklerinin geleneksel düğün törenine katıldığı tek büyük organizmalar grubudur. Birey, yaşamının sonuna geldiği ya da çevre koşulları kötüleştiği zaman, genlerini ölümsüzleştirmek için çırpınmaya başlar. İçindeki her şey, yumurtalara veya spermlere dönüşür! Yaşayan cismin tümü parçalanır, fakat var olmaya devam eder; sadece "deri" terk edilir.

Kromozom sayısının azaltılması ve sonra onların kaynaşması işlemleri, karışımdaki kromozomların ve diğer kısımların takas edilmesine olanak sağlar; benzer parçalar, uç uca veya yan yana gelen kromozom ile onun eşleniği arasında alınıp verilir (bu birleşme işlemine *çaprazlama* adı verilir).[35] Bu işlem, bir genetik harmanlama sağlar. Bu sayede hayvanlar ve bitkiler, bazı mutasyonları dengeleyen, en sapkın olanları silen fakat bireyden bireye değişiklik gösteren özelliklerin kalıcı hale gelmesine izin veren bir mekanizma sahibi olmuşlardır. Yenilikler açısından elverişli olan bu sistem, iyice yerleşmiştir ve kullanılmaktadır. Genetik bilgilerdeki bu büyük harmanlama avantajlıdır, değişken ve düşman bir çevrede evrime olanak sağlar. Zorlu doğal koşullar, çeşitlenme konusunda böylesine inanılmaz bir potansiyele sahip olan türlerin seçilmesine yol açmıştır. Eşeyli üreme, yaşama bu şekilde empoze edilmiş, hayvan ve bitki türlerinin yenilenme döngülerinde zorunlu hale gelmiştir (türlerin çoğunda).

Kararlı ortamlarda yaşayan tek hücreli hayvan ve bitkilerde eşeyli üremeye geçiş çok nadirdir. Böyle türlerde genellikle hücreler tıpkı bakterilerde olduğu gibi bölünerek hücrelerin ve içlerindeki genetik malzemenin kopyalanmasını sağlar.

Dersin sonu gelir; saatime bakmadan bunu hissederim. Dikkatler dağılmaya başlar. Dinleyicilerimle tekrar bağlantı kurmam gerekmektedir. Bir an sessiz beklerim. Ta ki, şaşıran öğrenciler hep birlikte bana bakmaya başlayıncaya kadar.

"Bitmedi!"

Onları cesaretlendiririm:

"Bakın, yalnızca beş dakika daha ve endosembiyozun bütün tarihçesi sona erecek. Aslına bakacak olursanız, hâlâ üzerinden geçmemiz gereken bir endosembiyoz daha var."

Kamçının Kökeni

Hayvan hücresinin ilk örneği, yani bakteri, avlanabilmek için hareket etmek zorundaydı. Önce, emeklemesi gerekiyordu. Sonra suda asılı durmayı başarabilecekti, fakat kendisini yönlendirme olanağına sahip olmayacaktı. Büyük bir olasılıkla, başka bir endosembiyoz, ona çoğu hayvan ve bitki soyları için tipik olan özelliklerden birini kazanma olanağı sağladı: Hücrenin hareket etmesini sağlayan kamçı veya tüyler (sil'ler).[36]

Günümüz bakterilerinden bazıları hareket edebilir. Bunlar, itici güç sağlayan bir kasılma özelliğine sahip şeritler olarak şekillenmişlerdir.[37] Muhtemelen bu yetenek, yutulan benzer bir bakteriden kaynaklanmaktadır. Bu bakterinin dışarıda kalan bir kısmı, taşıyıcı bakteri tarafından kendisini hareket ettirmek amacıyla kullanılmıştı. Bu endosembiyoz varsayımının tam olarak kabul edilmesini desteklemek için yeterli kanıt henüz mevcut değildir, fakat farklı soylardan gelen hayvan ve bitki hücrelerindeki bütün kamçıların ve bütün tüylerin son derece karmaşık aynı iç yapıya ve aynı işlevsel mekanizmaya sahip olduğuna dikkat edilmesi yararlı olacaktır.

Başta kırmızı algler ve bazı mantarlar (yemeklik mantarlar bu gruptandır) olmak üzere bazı soylar (yaşam soy ağaçları), tüylerden ve kamçılardan tamamen yoksundur.[38] Bu gruplarda, hareketli bakteriler, ataları olan etobur bakterilerin yemek listesinde asla yer almamıştır.

Yeşil bitki soylarına gelince, yeşil alglerde, yosunlarda ve eğrelti otlarında kamçılı spermlerin mevcut olduğunu gözlemlemekteyiz (bunlar, yumurtaya erişmek için yüzmek zorundadır, kuru yerlerde yosun ve eğrelti otu bulunmamasının nedeni, budur). Alglerden, yosunlardan ve eğrelti otlarından daha sonra ortaya çıkmış olan çiçekli bitkilerde, polen tanesi (birkaç hücre içerir) erkek gamet hücresini üretir. Polen tanesi, rüzgâr veya böcekler tarafından dişi çiçek organına, pistil'e taşınır. Erkek gamet, polen tanesinin içinde şekillenir ve sonunda gelişerek bir tohuma dönüşecek yapı olan yumurta hücresine temas edecek şekilde pistilin içine giren bir boru (polen borusu) vasıtasıyla yumurtaya ulaşır. Kamçıya gerek olmadığı için, kamçılar evrim süreci içinde yok olmuştur.

Yaşamın İkinci Doğuşu

İzin verirseniz, durumu özetleyeyim: Hayvan ve bitki hücrelerinin ataları, daha küçük bakterilerle (bunlar, zamanla hücrenin akciğerleri olan mitokondriler ha-

line geldiler) ortaklık kuran bakterilerdi. Yumuşak gövdeli bu atalar, etoburlara dönüştü. Gen aktarması ve gen sayılarında meydana gelen bir artış (kardeşleri olan diğer hücrelerle kaynaşmaları sonucunda) nedeni ile, bir çekirdekte toplanan kromozom çiftlerine sahip oldular. Eşeyli olarak üreyen tek hücreli hayvanlar oldular. Bunlardan bazıları, etobur hücrelerin içine kloroplast olarak eklenen çeşitli bitki benzeri bakterilerle beslendi. Bu ortaklık kurma silsileleri, çeşitli soylar halinde klorofil içeren bitkilerin ortaya çıkmasına yol açtı. Bu etobur bakterilerin daha aç gözlü olan diğer bazıları yamyamlaştılar ve ilk örnek hayvan ve bitkilerden bazılarını yutarak onları ehlileştirdiler, bazılarını da evcilleştirdiler. Bütün bu soylar arasında hiç şüphesiz bazıları, zamanla itici güçleri haline gelen hareketli, şerit biçimli bakterilerle (silliler ve kamçılılar) ortaklık kurmayı tercih etmiştir.

Bu özette, bitki ve hayvanlarımızın bazı birleşmelerin ürünü olarak ortaya çıktıklarını vurgulamak isterim; onlar, çeşitli bakterilerden ortaya çıkan bir büyük karışımdır.

Tebeşiri bir kez daha elimden bırakırım. Bu sonucu tekrar vurgularım.

"Biz, bir takım ardışık endosembiyozlar sayesinde burada bulunuyoruz. Hayvan hücreleri, bitki hücreleri, bizim kendi hücrelerimiz - bizim bütün hücrelerimiz, içlerinde hâlâ başka, evcilleştirilmiş bakteriler bulunan eski bakteri hücreleridir!"

Ders salonunda fısıltılar. Ortakyaşarlık kuramının kendi hücrelerimiz üzerine uygulanmasının sonuçlarını kavrayan öğrencilerin şaşkınlığı. Diğerleri de, yanlarındaki arkadaşlarına bakteri dolu bir yığın gibi davranıp gülerler.

Dolayısıyla, hayvan ve bitkilerin farklılaşması, her hücrenin yaşamını başka bir hücrenin yaşamı ile birleştirdiği sürecini icat eden bir hücre soyu tarafından tesadüf eseri oluşturulan alışılmamış, yeni birlikteliklerin sonucunda ortaya çıkmıştır. Etobur ve yamyam bakteriler 2,7 milyar yılı aşkın bir süre önce ortaya çıkmıştır ve bunlar bataklıklarımızda ve okyanuslarımızda artık mevcut değildirler. Bununla beraber, bunlar günümüzde yiyecek pek çok şey bulurlardı, çünkü temel besin kaynakları (bütün bakteriler ve mikroskobik algler) hiçbir zaman tükenmemiştir. Yaratıcı sanatçılardan oluşan bu grup, çalışmalarının sadece günümüzdeki bitki ve hayvan örtüsünü meydana getiren torunları tarafından ebedileştirilmiş olan küçük bir kısmını geride bırakarak, sonsuza kadar ortadan kaybolmuştur.

Küçük mutasyonlar ve doğal seçilim, bütün bu süreç boyunca sürekli olarak müdahalelerde bulunmuştur. Genomları tarafından kendilerine avlarını yutma yeteneği veren bakteriler, bu sayede, sadece temas ettikleri organik maddeleri iç-

lerine alan türlere kıyasla işgal ettikleri yaşam ortamı içinde kendilerine bir avantaj sağlamışlardır. Bakteriyel etoburlar arasında avlarını hazmetmeden saklayarak kullananlar, yedikleri her şeyi tamamen hazmedenlere karşı bu büyük avantajdan bir çırpıda yararlanmışlardır.

Bakterilerin pek çok bileşiminin ortaya çıkmış ve hem çevre koşullarıyla, hem de karşılıklı rekabetle yüz yüze gelmiş olması gerekir. Sayısız mikroskobik hibrid veya hayali yaratık, şeklini ve nasıl çalıştığını asla bilemeyeceğimiz hayvan ve bitki hücresi ilk örneği, bakterilerle birlikte bu dönemin biyolojik çeşitliliğini meydana getirmiş olmalıdır.[39] Değişen ortam koşullarına yeterince uyum sağlayamayan ortaklıklar varlıklarını sürdüremedi. Yaşayabilecek durumda olan ortaklıklar çok kısa ömürlü oldular, evrim tarafından başka tek hücreli hayvanlara ve bitkilere dönüştürüldüler. Bu nedenle, çağdaş hayvan ve bitki soylarının ortaya çıkmasını sağlayan ortaklıklar, uzak geçmişte gün ışığını gören ve değişken, düşman bir dünyada büyümeleri kesintiye uğrayan ortaklıkların son derece küçük bir parçasını oluşturmaktadır.

Günümüzde, yaşam tarihinin derinliklerinde kaybolmuş olan bu dönemde ortaya çıkmış olan hayvan ve bitki soylarının en çok birkaç düzine kadarını ayırt edebilmekteyiz. Bunlar, pek çok farklı ve ardışık birleşmelerden ortaya çıkmış ve doğal afetlere,[40] rekabete ve evrimin beklenmeyen hallerine rağmen yaşamlarını sürdürmüşlerdir. Her biri, sadece farklı bir yaşam gücü ile ortaya çıkmaktadır. Hücrelerinin derinlikleri, tıpatıp aynı bileşenleri içermez. Orijinal etobur bakteriler tarafından test edilmiş farklı yemek listelerinin sonuçlarıdırlar. İşte, örneğin yeşil mikro alglerin bir palmiye ağacına veya bir eğrelti otuna bir minik kahverengi alg'e olduğundan daha yakın olduğunu kabul etmek zorunda oluşumuzun nedeni, budur. Yaşamın motoru, yani hücre, yeşil alglerde de, eğrelti otlarında da, palmiyelerde de, aynı şekilde işlev görür - bunlar, aynı evrimsel soyun temsilcileridir; bunların hücreleri, kahverengi alglerin hücrelerinden temel olarak farklıdır (bu alg türü, genellikle restoranlarda deniz ürünleri sunulurken zemin olarak kullanılır).[41] İki soy - bitkiler ve kahverengi algler - farklı birleşmelerden ortaya çıkmıştır; bu iki soyun ilk örnekleri tarafından neredeyse iki milyar yıl önce yutulan bakteriler, aynı bakteriler değildir. Bazı endosembiyotik bileşimler, yarı bitki (klorofil içerirler) ve yarı hayvan (kendilerini sadece organik maddelerle beslerler) olan soylar ortaya çıkmasına yol açmıştır.[42]

Bütün bu nedenlerden dolayıdır ki, insanlar tarafından binlerce yıl önce hayvanlarla bitkileri birbirinden ayırt etmek üzere yaratılmış kelimeler olan hayvan örtüsü ve bitki örtüsü (fauna ve flora) için kesin bir tanım yapmak olanaksızdır. Bu resmi olmayan ayrım, çekirdeğe sahip hücrelerden meydana gelen, hem çıp-

lak gözle ve hem de optik mikroskopla görülebilen canlı sistemlerin çeşitliliğini yeterince kapsamamaktadır.

Ders, burada sona erer. Hareketli iki yazı tahtasını kaplayan çizimlerimi ve teknik terimleri üç kere sildim. Ellerim çok renkli bir toz ile, renkli tebeşirlerin kalıntılarıyla örtülü. Ceketimin üstüne tebeşir tozu serpilmiş. Bitirme zamanı gelmiş.

"Pekâlâ! Ortakyaşarlık sürecinin, yaşamın Dünya üzerindeki evriminde neden bir hizipleşmeye yol açtığını artık anlıyorsunuz. Bitkiler, hayvanlar ve insanlar, hepsi, bugün hücrelerinin içinde bakteriyel ziyafetlerin sayısız kez kendini kopyalamış torunlarını taşımaktadır. Eski etobur bakteriler olan hücrelerimiz, birkaç milyar yıl önce oybirliği ile seçilmiş olan evcilleştirilmiş bakterilerle doludur. Hayvanların ve bitkilerin önde gelen davranışlarından biri – cinsellik – atalardan gelmektedir; temel olarak yamyamca bir davranıştır, birleşme davranışına dönüşmüştür ve başlangıç tarihi ilk endosembiyoza kadar geriye gider."

"Hayvanlar ile bitkiler arasındaki farklara ilişkin sorular sorarak size neden takıldığımı ve endosembiyozu 'yeniden icat eden'[43] hayvanı, katil alglerin vampir deniz tavşanını neden anlattığımı artık anladınız – işte size 'devrim' kelimesi için haklı bir gerekçe."

"Evet! Bu bir devrimdi, çünkü hayvan ve bitkilerin dış görünümleri ve gelişmeleri yalnızca tek bir bakterinin, ya da hatta bizim yaşam ağacı olarak düşündüğümüz ortak gövdeyi (veya az sayıdaki gövdeleri) temsil eden birkaç bakterinin yavaş evriminin meyvesi değildir. Bunlar yalnızca, doğa tarafından seçilmiş, bir bakterinin bir hayvan veya bitki hücresine dönüşmesine yol açan küçük genetik mutasyonlar da değildir. Bitki ve hayvan örtüleri, yavaş bireysel değişikliklerden değil, birleşmelerden, ardışık *eklenmelerden* türemiştir. Paralel, uyumlu evrimsel patikalardan: Birlikte evrimleşmelerden.[44] Dostça ya da düşmanca, bu birleşmeler avantajlı bileşimler yaratmıştır. Bir *A* bakterisi, bir *B* bakterisi ile birleşerek yeni bir *C* bireyi üretir. Bu da, üçüncü bir *D* bakterisini yutar ve onu evcilleştirir, yeni bir *E* bireyi olur."

$$A + B = C \text{ ve } C + D = E$$

"Bu birleşmeler, ortakların yeteneklerini ve potansiyellerini birbirine eklemiştir; onlar, ortaya çıkan hücrelerin gücünü de üretmişlerdir."

"Bir kaynaşmalı endosembiyoz süreci olan eşeyli üreme, yeni bir mekanizma, yeni bir evrim motorudur. Hücrelerin birleşmesi, hem erkek hem de dişi kökenli kromozomların meydana getirdiği karışımlarda genetik karışma ve harmanla-

ma olanağı sağlar. Kromozom sayısının ikiye katlanması ve birleşmiş iki bireyden (bir yumurta ve bir sperm gibi) gelen genetik bilgilerin birbirlerine karışması, hayvan ve bitki hücrelerine hem kararlılık ve hem de yaratıcılık getirir."

"Bunları hepsi devrim niteliğindedir, çünkü bitki ve hayvan örtülerinin ortaya çıkmasına yol açmışlardır."

Öğrenciler ayağa kalkarlar. Böylesine güzel bir doğa tarihi dersi vermeyi başarabilmiş olduğum için gizli bir memnuniyet hissi yaşarım. Nice Sophia Antipolis Üniversitesi ders salonunda otururken öğrenememiş olduğum bu tarihi kısa bir süre önce anlamıştım.

Bakterilerin dünya üzerindeki kökeni ve hayvan ve bitki hücrelerinin ortaya çıkmasına yol açan endosembiyoz süreci ile ilgisi olan her şey, yaşamın özünü anlamanın anahtarını oluşturur. Bunlar, Dünya üzerinde yaşamın var olmasına ve çeşitlenmesine yol açan iki önemli olaydır. Bunlar, birbirinden farklı iki yaratılıştır. Geri kalanların hepsi, uzun dönüşüm ve afet dizileri vasıtasıyla açıklanabilir. Bunların, benim öğrenciliğimdekine kıyasla günümüzde çok daha iyi anlaşılmış olan mekanizmaları, bundan sonraki bölümlerde anlatılacaktır.

Vermeer ve Van Leeuwenhoek

Evrimde Talih, Gelişigüzel Fırsat, Risk ve Tesadüfler

Günümüzde geniş bir hayran kitlesi bulunan, fakat kendi zamanında çok az tanınan bir ressam olan Johannes Vermeer, 1632 yılında Delft kasabasında dünyaya gelmişti. O günlerde Delft, Oranj-Nassau Hanedanı'na bağlı hareketli küçük bir kasaba ve İspanyol istilasına karşı askeri direnişin kalesiydi. Şehir, sanat eserleri ticareti, seramik ve halı atölyeleri ile tanınıyordu. Bu ortamda Vermeer, Hollanda resminde yeni bir tarz yarattı. Yerel burjuva hayatına dair resimleri son derece etkileyicidir ve ince bir duyarlılığa işaret etmektedir. Günümüzde kendisine atfedilen[1] 33 resim arasında zenginliği ve sanatsal üretimleri betimleyen pek çok örnek vardır. Müzik, çeşitli enstrümanlarla birlikte resmedilen genç kadınlar aracılığıyla betimlenmiştir.[2] Birkaç resimde masaların üstüne serilmiş ya da duvara asılmış, çiçeklerle bezeli zengin desenli halıları hayranlıkla izleyebiliriz. Kadınların mektup yazar ya da okurken resmedildiği birkaç kompozisyon, elitler için ayrılmış olan yazma sanatını gösterir. Vermeer tarafından resmedilen odaların duvarlarını resimler süsler ve resimlerinden birisinin konusu, şövalesinin önünde duran bir ressamdır.

Fakat Vermeer, bilim sanatlarına karşı da duyarlılık sahibiydi: Tuvallerinden altı tanesinde duvarlarda büyük haritalar asılıdır.[3] Bunlar, o zamanlarda çok gelişmiş olan coğrafi bilginin genel toplamını ifade etmektedir. Benzer şekilde, iki



Şekil 14. Antoni van Leeuwenhoek'in Jan Verkolje tarafından yapılmış resimleri (1868). Solda, tuval üzerine yağlıboya, Rijksmuseum, Amsterdam. Sağda, Verkolje, resmi muhteşem bir bakır gravür olarak kopyaladı, bir farkla: Van Leeuwenhoek ölçek pergeli yerine kendi mikroskoplarından birini tutuyordu. Bu gravürden alınan bir mezzotint baskı, resmin ayna görüntüsü şeklindedir (resimde ölçek pergeli Van Leeuwenhoek'in sol elindeyken, baskıda mikroskop, sağ elindedir). (© Rijksmuseum, Amsterdam.)

resimde birer bilim insanı resmedilmiştir: Kitapların önünde duran, elini bir gök küresinin üstünde gezdiren bir astronom (Resim 6) ve bir deniz haritasının önünde, elinde ölçek pergeliyle duran, arka planda bir gardırop, kitaplar ve dünya küresi bulunan coğrafyacı (Resim 8A). Sanat tarihçileri, *Astronom* ve *Coğrafyacı* resimlerinde konu olarak aynı modelin kullanıldığı konusunda görüş birliği içindedirler. Bu model, Antoni van Leeuwenhoek'in Jan Verkolje tarafından resmedilmiş, gerçekliği onaylı bir portresine çok benzemektedir; bu resimde de bilim insanı, elinde ölçek pergeli ile bir dünya küresinin yanında otururken resmedilmiştir (Şekil 14).

Vermeer ile aynı yılda Delft kasabasında doğan Van Leeuwenhoek, ressamın vasiyetnamesinin yerine getirilmesi ile görevliydi.[4] Bilim insanı, geometri, astronomi ve optik konularına olan tutkusu ile tanınmıştı ve yaptığı yüksek performanslı bir mikroskop ile meşhur olmuştu. Bu alet ile, mikropları ve onların şaşırtıcı çeşitliliğini ilk keşfeden kişi unvanını aldı.[5]

Herhangi bir bilim eğitimi almamış olmasına karşın, kanımızın renginin kırmızı yuvarcıklardan ileri geldiğini, menide bir kamçı sayesinde yüzen milyarlarca "kurtçuk" bulunduğunu (bunlar, spermlerdi), pis sularda kıllara sahip sayısız hareketli "hayvancıklar" (haşlamlılar) olduğunu ve dişlerimizin üzerinde meydana gelen tartarın içinde "yuvarcıkların" (bakteriler) kaynaştığını ilk gözlemleyen ve bildiren, o olmuştu. Daha sonra, bu mikroskobik organizmaların tümüne, *monadlar* adı verildi.[6] Bu mikroorganizmaları yorumlamakta gösterdiği büyük kararsızlığına karşın, gördükleri karşısında ne kadar şaşırdığını ancak tahmin edebiliriz.

Bir İngiliz bilim insanı, Robert Hooke (1635-1703), 1665 yılında şişe mantarından alınmış ince bir kesiti başka türde bir mikroskop kullanarak inceledi. Bu eylemsiz bitkisel malzemenin *hücre* olarak adlandırdığı dört köşeli kutulardan oluşan bir mozaik yapıya sahip olduğunu gözlemledi. Aradan 12 yıl geçtikten sonra Van Leeuwenhoek, bu gözlemi onayladı. Bunun ardından, başka araştırmacılar, bütün canlıların hücrelerden yapılmış olduğunu ortaya çıkardılar.[7]

Yaşamın gizli bir katmanı, bir çırpıda Van Leeuwenhoek'e görünür hale gelmişti. Derin yapısı o günlerde çok nadir bulunan bir optik alet vasıtasıyla açığa çıkan ve anlaşılmaya başlanan yaşam, ilk kez soyut bir nitelik kazanmıştı.

Günümüzde, Van Leeuwenhoek'in gözlemlerinin üzerinden üç yüz yılı aşkın bir süre geçtikten sonra, gelişmiş optik veya elektron mikroskoplarının gücü ve aydınlatma, sabitleme, boyama ve preparat hazırlamada kullanılan ileri yöntemler sayesinde hâlâ dikkat çekici hücresel yapılar keşfetmekte ve görüntülemekteyiz.

Sanatsal ifadenin her şekline değer verilen bir ortamda yaşamakta olan Van Leeuwenhoek, mikroskobik yaşamın şekillerine, renklerine ve çeşitliliğine karşı özellikle hassastı. Doğanın ihtişamı, canlı organizmaların yapıları ve renkleri, hayvan ve bitkilerin davranışları, yaşamın kokuları ve gürültüleri, erkek ve kadınların çok çeşitli yüz ve beden şekilleri ve ifadeleri, yazarlara, düşünürlere, müzisyenlere ve ressamlara daima ilham vermiştir. Yüzyıllardır doğanın güzelliği karşısında şaşırmakta ve asırlardır bütün canlı organizmaları - inançlarımız ne olursa olsun - kutsal eserler olarak yorumlamaktayız. Yaşamın zenginliği karşısında hissedilen bu hayranlık, Hollanda bölgesinde daha da yüksekti. Vermeer'in doğumundan kısa bir süre sonra, bir çiçeğin, lalenin keşfi pek çok Batavya'lıyı çılgına çevirmiş, köylülerden zengin iş adamlarına kadar herkesi heyecanlandırmıştı. Bununla beraber, bunlardan bir tanesine sahip olmak için bir servet ödemek gerekiyordu; insanlar bir tek lale soğanı için evlerini satıyor, perişan oluyordu.

Sanatın bütün güzelliğini ortaya koyan iç mekân manzaralarını ve Delft'in (Proust'un *À la recherche du temps perdu* adlı eserinde göklere çıkardığı) muhteşem görüntülerini resmeden Vermeer, aradan yüzyıllar geçtikten sonra hâlâ hayranlık duyduğumuz, poz verilmiş durgun manzaralar, benzersiz eserler yaratmıştır. Aynı anda Van Leeuwenhoek hareketli, rengârenk hücreleri, kısacık ömürlü değişken yaşamların sayısız örneğini de keşfetmiştir. O, onları gören tek kişiydi ve şaşkınlıkla doluydu.

Amatör bir bilim insanı olmasına karşın Van Leeuwenhoek, yaşamın kaynağı olan tek hücreli mikro organizmaları gözlemleyen ilk kişiydi. Bu hücreler, bağımsız olarak yaşayabileceği gibi, kümeleşerek daha büyük organizmalar da meydana getirebilirler. Bunlar, canlı yapıların tuğlaları, gözle görülebilen bitki ve hayvanların mimarilerinin temel malzemeleridir. Hücrelerin birbirleri ile birleşme düzeni ve belirli işlevlere yönelik olarak sahip oldukları uzmanlıklar, görülebilecek büyüklüğe sahip organizmalara bir tutarlılık kazandırır. Pek çok fiziksel ve kimyasal kısıtlamanın boyunduruğu altında şekillenen ve dış ortam tarafından deneylere tabi tutulan içsel olarak değişken genetik bilgiler, yaşamın mimarisinin belirlenmesini sağlar. Sonuçta ortaya olağanüstü bir şekil, işlev ve renk çeşitliliği çıkar.

Türlerin Zaman İçinde Dönüşümü ve Evrim

İlk bölümde maymunlarla insanlar arasında mevcut şaşırtıcı bağlantıları ve bu konu üzerindeki zengin bilgileri özetlemiştim. Soyumuzun hayvanlardan geldiği, günümüzde mantıklı ve gün gibi ortada olarak kabul edilmektedir. Yine de bazen, bu konuda fikir ayrılıklarıyla ve orada burada şüphecilikle karşılaşmak mümkündür.

Hayvan ve bitki hücrelerinin ilk örneklerinin maymunlara, balinalara, çiçekli bitkilere ya da eğrelti otlarına dönüşmesinin tarifi daha az şaşırtıcıdır, çünkü insana çok soyut gelir. Biyolog olmayan arkadaşlarıma sorduğum zaman en sık aldığım cevap, "o şekilde olmuştur, ama ben açıklayamam" şeklindedir.

Bununla beraber, diğer maymunlarla insan arasındaki değişikliklere yol açan da aynı süreçlerdir. Binlerce yıl boyunca meydana gelen pek çok dönüşüm, yaşamın çiçek açmasını sağlamıştır. Fakat maymunların evrime uğrayarak insana dönüşmesi için geçen süre birkaç milyon yıl olarak tahmin ediliyorsa, ilk örnek hayvan hücresi ile maymunlar arasında geçen sürenin de 2,7 milyar yıl olduğu tahmin edilmektedir. Söz konusu olan sürenin ve meydana gelen değişimlerin ölçekleri birbirinden bambaşkadır.

Her şey, hayvan ve bitki hücrelerinin ortaya çıkışıyla başlamıştır. Değişiklikler, dönüşümler ve uyum sağlamalar, bizim biraz sonra ne olduğunu tarif etmek için sık sık kullandığımız zamanla en küçük bir ilişkisi olmayan deyimlerdir. *Evrim*, zaman kavramını ortaya çıkartmıştır; bu kelime, yaşamı değiştirmesi ve çeşitlendirmesi bu kadar uzun süren mekanizmaları daha iyi anlatmaktadır.[8]

Profesyonel biyolog olmayan kişiler, Lamarck ve Darwin'in eserlerinden bu yana evrim konusunun ilham ettiği tutkuyu - ve onun yarattığı dağlar dolusu kitabı, makaleyi, araştırmayı ve görüş ayrılıklarını - genellikle kavrayamaz.[9] Konuya olan düşkünlük, bitecek gibi görünmemektedir. Bugün dahi, aylık ve üç aylık dergiler tümüyle bu konuya adanmakta, popüler eserler çoğalmaktadır. Doğa tarihçileri, paleontologlar, botanikçiler, embriyologlar ve son otuz yıldan bu yana, genetikçiler ve biyokimyacılar, türlerin nasıl dönüşüme uğradığı konusundaki anlayışımızı derinleştirmeyi sürdürmektedirler. Bu bilim insanları farklı disiplinlerden gelmektedir ve genellikle birbirlerinin uzmanlık alanları üzerinde bilgi sahibi değillerdir. Evrim bilgisinin binasına bambaşka taşlar eklemişler, ortaya dilbilimin nüanslarına çok dikkat edilmediği takdirde kolay kolay anlaşılamayan, ustalıkla hazırlanmış ilkeler, yeni teknik kelimeler ve hatta yaygın bir şekilde kabul gören benzetmeler atmışlardır. Geçmiş yaşamın bu öğrencileri, evrim sürecini ayrıntılı bir şekilde anlayabilmemiz açısından önem taşıyan pek çok ilerlemeyi birbiri ile bütünleştiren yeni kavramlar[10] inşa etmişlerdir.

Talih, Rastlantısallık ve Beklenmeyen Olaylar

Analizlerinde üç kelime ile sık sık karşılaşılır; bunlar, tesadüfleri farklı şekillerde ifade ederler: Talih, (ya da şans) rastlantısallık ve beklenmeyen olay.[11] Şüphesiz, talih, rastlantısallık ve beklenmeyen olaylar, iyi sonuçlara olduğu kadar, kötü sonuçlara da yol açabilir. Bu deyimler, mevcut kullanım şekilleriyle insanın kafasını sık sık karıştırırlar. Evrim olaylarını tarif edenler için ise, bunlar farklı çağrışımlara sahiptir.

Talih kelimesi, bir hedefe ilişkin olarak umulmayan, önceden tahmin edilmesi olanaksız olaylar için ayrılmalıdır.[12] Toprağı sürdüğü sırada bir altın parçası bulan çiftçi, iyi talihten yararlanmıştır - altın aramak aklının en uzak köşesinde dahi yok iken, tam da altının bulunduğu yerde toprağı alt-üst etmiş olma talihinden. Hiç şüphesiz, talih kötü de olabilir; çiftçi, elindeki altın parçasını kumarda kaybedebilir. Talih olaylarının çeşitli yönleri, öngörülebilir şeylerdir; çiftçi tarlasında bir altın parçası bulunduğunu bilmiyor olsaydı dahi, onu er geç bulacaktı.

Ekili alanın yüzölçümünü, tarlanın sürülme sıklığını ve altın parçasının büyüklüğünü göz önünde bulundurarak, onu belirli bir zaman süresi içerisinde bulma olasılığını hesaplayabilirdik.[13]

Gelişigüzel ya da tesadüfi olan bir olay,[14] öngörülmesi mümkün olmayan, fakat yeterli bir süre verildiği takdirde meydana gelmesi beklenen bir olaydır. Bilinen bir olayla ilgilidir, fakat ne zaman meydana geleceğini hiç kimse tahmin edemez. Gelişigüzel deyimi genellikle olumsuz çağrışımlar yapar - nehir yatağının çok yakınına inşa edilmiş olan bir ev, yüz ya da bin yılda bir ortaya çıkan bir sel nedeniyle yıkılma riski altındadır (hiç kimse o gelişigüzel olayın tam olarak ne zaman gerçekleşeceğini söyleyemez, fakat ortalama olarak 100 ya da 100 yılda bir, bir sel olayı olacağı söylenebilir). Fakat gelişigüzel bir olay, iyi ya da kötü olabilir: Piyango bileti alan bir kişi, belli bir çekilişin sonucunu önceden tahmin edemez, fakat bileti alırken pek çok kez kaybedeceğinden ve bazı kereler de kazanacağından emindir (çiftçi örneğinde durum böyle değildi; herhangi bir zamanda altını bulacağından emin olamazdı). Şans oyunları, bu yüzden risk oyunlarıdır.

Talih ve gelişigüzel olayların ortak özelliği, basit olasılık kurallarını izleyen olaylar olmalarıdır. Her şeyden önce, olasılıkçı bir şekilde meydana gelen olaylar için geçerlidirler. Çelişkili görünse de, insanın belirli bir süre içerisinde talihe bağlı veya gelişigüzel bir olayın ilkesel olarak hesaplanabilir bir olasılıkla gerçekleşebileceğini söylemesi mümkündür.

Beklenmeyen durum[15] deyiminin, özellikle çoğul halinde, her biri birbiri ile neden ve sonuç olarak bağlantılı, önceden tahmin edilmesi mümkün olmayan, belirsiz bir dizi olarak anlaşılması önemlidir. Bunlar, olasılıklarının hesaplanması mümkün olmayan olaylardır - tahmin edilmesi mümkün olmayan gelişigüzel bir olay. Birbiri ardına meydana gelecek olan olaylar hakkında hiçbir fikrimiz yoktur, her bilinmeyen olayın ne zaman ve nerede meydana geleceğini bilmiyoruzdur. Bunların sıralama şekli, tamamen şans eseridir. Pek de sezgisel olmayan *beklenmeyen durum* deyiminin tanımı, basit bir kurgusal hikâye ile gösterilebilir.[16] Bill, düzenli olarak bindiği otobüsü bir sabah kaçırır ve bir sonraki otobüse biner. Aynı gün Julie kendisini evine götürecek olan uçağı kaçırmıştır. Bir sonraki uçak o akşam kalkacaktır, bu nedenle bütün zamanını havaalanında bekleyerek geçirmek yerine bir taksiye binerek şehre gitmeye ve gezmeye karar verir. Fakat taksinin elektrik sistemi kısa devre yaparak arızalanır, bu nedenle Julie bir otobüse biner, otobüste Bill ile karşılaşır, ikisi birbirlerine aşık olurlar. Günlük konuşma dili ile bu karşılaşmanın, daha sonra da Bill ile Julie'nin evlenmesinin, olağan dışı bir şans eseri olduğunu söyleriz. Olaylar birbirine o kadar güzel uymuştur ki, bunun bir şans eseri olduğundan dahi şüphe ederiz. Karşılaşmaları sanki kader-

lerinde yazılıymış gibi görünmektedir; olayların gizemli bir alın yazısı tarafından yönlendirildiğine inanan pek çok kişi, bu olaylar zincirinin üstün güçler tarafından yönetildiğini söyleyecek kadar ileri gidebilirler. Bilim insanları için ise, bunlar kesinlikle kör talih değildir; mantıksız bir rastlantılar dizisidir, kesinlikle öngörülemezler. hiçbir matematik yasası, (gerçekleşen olaylar dizisini rayından çıkarabilecek olan, fakat çıkarmayan diğer bütün olaylar hesaba katılmasa dahi) bu bağımsız olayların art arda dizilebileceğini ve mutlu sonu önceden tahmin edemezdi.

Doğada beklenmeyen olayların sonucu, düzendir. Bir denge bozulduğu ya da tamamen ortadan kalktığı takdirde, orijinal düzenin eski şeklinin tıpatıp aynısı olarak tekrar kurulması olasılığı, sonsuz derecede küçüktür. Eğer zamanı geri çevirmek, baştan başlamak mümkün olsaydı, farklı bir dizilimle gerçekleşen olaylarla ve dolayısıyla farklı bir sonuçla karşılaşırdık. Bu, bizim bireysel yaşamlarımız için olduğu kadar, türlerin yaşamı ve yaşam tarihi için de geçerlidir.

Talih, rastlantısallık ve beklenmeyen olaylar, yaşamın evrimi konusunda yüz yıldır yapılmakta olan olağan dışı keşiflerin temel sonucunu içinde taşıyan - her zaman iyi anlaşılıp doğru şekilde kullanılmayan - üç deyimdir.

Mutasyonlar: Evrimin Ana Motoru

Canlı organizmalarda değişikliklere yol açan rastlantısal süreçleri tarif edebilmek için, önce evrimin içinde bulunan bir motoru belirtmemiz gerekir. Bu, DNA tarafından taşınan genetik bilgilerde değişikliğe neden olabilen bir öğedir. James Watson ve Francis Crick, 1953 yılında DNA'nın yapısını ve şifresini keşfederek Nobel ödülünü kazanmışlardır.[17] Daha sonra Nobel ödüllü pek çok bilim insanı genetik şifreyi, nasıl okunduğunu ve kopyalandığını, yaşamın fizyolojik işlevlerini yerine getiren ya da hücrenin mimari temeli olarak görev yapan proteinleri üretmek için kullanılmasını sağlayan mekanizmaları örten gizemi ortadan kaldırmıştır.

Böylece, yirminci yüzyılın sonlarında yaşam mekanizmalarının ayrıntılarının tarif edilmesini, incelenmesini ve anlaşılmasını sağlayan şey, temelde DNA'nın, genetik bilgileri taşıyan molekülün keşfedilmesidir. Tıpkı Van Leeuwenhoek gibi Watson ve Crick de yaşamı anlama yolunda bir başka boyut açmışlardır. Bu, yaşamı kavrayışta yeni bir soyutlama aşamasıydı, çünkü bilim insanları, aradaki kimyasal tepkimeler dışında yaşam moleküllerini "görmüyorlardı"; yani onların yapısını ve işlevini çıkarım yoluyla bulmaktaydılar. Ve biz, yaşamın ayrıntılarının bu düzeyini incelemeyi tamamlamış olmaktan çok uzaktayız.

Hücre biyologları (gözlem alanları hücredir) ve moleküler biyologlar (molekülleri incelerler), yaşam kavramını çok küçük yapılara indirgemişlerdir. Bunları yeni bir disiplin içinde toplamışlardır: İndirgeyici biyoloji.[18] Yaşamı küçük bileşenlere indirgeyerek (René Descartes'ın [1596-1650] tarafından *Discourse on Method*[19] adlı kitabında savunduğu) açıklamaya çalışan bu analitik yaklaşım, yaşamın ne şekilde işlediğinin anlaşılması yolunda büyük ilerleme elde edilmesine olanak sağlamıştır.

Her DNA elyafında mevcut bilgiler, sonuç olarak daima kopyalanır ve hücreden hücreye aktarılır. Bilginin bir nesilden diğerine korunması, yaşamın temel özelliklerinden biridir. Yaşam, özünde tasarrufludur.

Ancak, kopyalama sırasında hatalar meydana gelebilir - bunlar, mutasyonlardır.[20] Hayvanların ve bitkilerin DNA'larında meydana gelebildiği gibi, bakterilerin DNA'larında da karşılaşılabilir. Avantajlı, zararlı ya da etkisiz mutasyonlar, bir sonraki nesle aktarılarak korunurlar. Bütün yaşamın embriyosu olan DNA, her hücrenin gelişmesini, işlevini yapmasını ve çoğalmasını yöneten bir bilgisayarın belleğini ve işletim sistemini içeren hard disk'e benzetilebilir. Avantajlı ya da etkisiz, mutasyonlar da bilgi girişleriyle, bellek ilaveleriyle ya da işletim sistemi güncellemeleriyle özdeşleştirilebilir; bunlar, yaşamı değiştiren şeylerdir. Bu mutasyonlar, -kopyalama hataları- neden olabilecekleri sonuçların etkisi ne olursa olsun, gerçekleşirler.

Biyologlar, başlangıçta bu mutasyonların tamamen gelişigüzel olaylar olduğunu düşünmekteydi - bunlar, genetik bilgilerde meydana gelen tamamen beklenmeyen değişikliklerdi ve herhangi bir yerde, herhangi bir zaman ortaya çıkabilirlerdi.[21] Hiç şüphe yok ki, eğer onları çok uzun bir süre seyredersek, beklenmedik şeyler olarak görmemiz gerekir, çünkü bir mutasyonu oluşturan kimyasal değişiklik, hücrenin içindeki sıcaklık, basınç ve iyonlaştırıcı radyasyon benzeri dış girdiler gibi koşullarda önceden bazı değişiklikler olmaksızın meydana gelmezdi. Bununla beraber, bu daha önceki değişikliklerin önceden belirlenmesi neredeyse hiçbir zaman mümkün olmadığı için, mutasyonlar sanki ortada hiçbir neden yokken, beklenmedik bir anda ortaya çıkıyormuş gibi görünür. Ayrıca hangi mutasyonların kalıcı olacağı gibi olasılıklı bir yönü de vardır, çünkü belirli bir mutasyon, eğer daha önce başka bir mutasyon meydana gelmişse belirli bir ortamda avantajlı, aksi takdirde avantajsız olabilir.

Hücre belleği, yeni bilgileri ve programları hiçbir tempo olmaksızın, ani, anlaşılması olanaksız bir şekilde ilave eder. Bu genetik mutasyonlar, daha sonra doğa yasalarına maruz kalan küçük genlikli (mikromutasyonlar)[22] veya devrimsel kapsamlı (makromutasyonlar)[23] algılanabilir değişiklikler halinde yansıtılabilir.

Taşıyıcılarına karşı bazıları uygun, bazıları nötr, bazıları da ölümcüldür (ölüme yol açtıkları için, bunlar saf dışı kalırlar).

Bütün bu süreç, çeşitli harici koşullara bağlı olarak beklenmeyen ve öngörülemeyecek bir şekilde alevlenip olay yaratarak değişiklikler üreten bir makineyi aklımıza getirmektedir. Bu yenilikler, organizmanın morfolojik bir özelliğini, işlevini ya da davranışını değiştirerek, birdenbire ortaya çıkarlar. Bu mutasyonların ortaya çıkışı için bir olasılık yasası belirlemek mümkün değildir. Bu olayda makinenin verimliliği (evrimsel değişikliklerin ortaya çıkışı) gelişigüzel olarak görünür, fakat her değişiklik, harici olaylarla bağlantılıdır.

Japon araştırmacı Motoo Kimura, 1960'lı yıllarda genetik bilgilerin bu bilgileri taşıyan moleküller düzeyinde de sürekli şekilde değişikliğe uğramasının söz konusu olduğunu kanıtladı.[24] Bu durumda, ya mekanizma aslında belli bir sayıda kopyalama hatası yapmak üzere programlanmıştır, ya da sadece mükemmel kopyalama yapabilecek kadar hassas değildir. Parşömenleri daima küçük, mazur görülebilir hatalarla kopyalayan, işine karşı ilgisiz bir katip gibi çalışmaktadır. Dolayısıyla Kimura, genetik bilgilerin kendi içinde zaman içinde (bir nesilden diğerine) sabit bir hızda değişime uğrama eğilimi mevcut olduğunu gösterdi. Etkileri genellikle nötr ve görünmez olan bazı moleküler değişiklikler, düzenli bir şekilde benimsenmektedir (yani aktarılmakta veya kalıtım yoluyla kazanılmaktadır).

Bir kelimede bir harfin eksik ya da fazla yazılması, çoğu zaman onun anlamını değiştirmez, hatta içinde bulunduğu cümlenin anlamına da daha az etki eder. Fakat tesadüfen eklenmiş, tekrarlanan hatalar, yeni kelimelerin ortaya çıkmasına yol açabilir. Bu yeni kelimeler, bazen onları taşıyan birey için genetik bilgiler düzeyinde yeni bir nitelik üretirler.

Moleküler mutasyonların ortaya çıkışı devam ettikçe, onların birikmesi organizmada değişiklikler meydana gelmesine neden olur. Bu nedenle, moleküler değişikliklerin meydana gelmesi ve bunların neden olduğu nitelik dönüşümleri, epeyce düzenlidir. Böylece Kimura, *genetik saat* adıyla vaftiz edilen bir evrim ritmi keşfetti. Ancak, harici etmenlere (örneğin mutajenlere) bağlı olarak meydana gelen mutasyonların yol açtığı değişikliklere gelince, bunların önceden belirlenmiş hiçbir amacı yoktur. Bu düzenli mutasyonlar ve onların yol açtığı değişiklikler, daima doğal seçilimin denetimi altındadır.

Bu durumda, canlı makine düzenli bir hızda çalışır, sabit bir tempoyla yenilikler üretip çevre yönetmeliğinin denetimine sunarak test edilmesini sağlar. Hangisinin nerede ortaya çıkacağını bilmediğimiz bu dönüşümler, öngörülemez ve beklenmedik olma özelliğini korurlar. Bu yüzden, bu makinenin üretkenliği-

nin – sabit bir hızla evrimsel değişiklikler üretmek – tamamen rastlantısal olduğunu söyleyebiliriz. Bu gelişigüzel değişiklikler, uyumsuz da olabilir; hatta ölüme dahi yol açabilirler. Organizmaların iradesi, hedefi yoktur; evrimsel değişiklik planları yapmazlar. Bu bağlamda, canlı organizmalar söz konusu olduğu zaman düzenli bir hızda meydana gelen mutasyonlar gelişigüzel bir şekilde ortaya çıkarlar, yararlı bir tanesinin ortaya çıkması ise tamamen bir kör talih meselesidir.

Günümüzde, mutasyonların neden olduğu evrimsel değişikliklerin ya birdenbire, ya da gelişigüzel (ya gelişigüzel ya da beklenmedik olan kimyasal tepkimeler sonucunda) ortaya çıktığını ve öngörülmesi mümkün olmayan morfolojik, fizyolojik veya davranışsal özellikleri etkilediğini anlıyoruz. Değişikliklerin ortaya çıkış şeklindeki rastlantısallık ve umulmazlık günlük dilde birbiri ile harmanlanmakta, her ikisi için de belirsiz bir deyim olan *gelişigüzel* kullanılmaktadır. Dolayısıyla, her soyun genetik bilgilerinde mutasyon tarafından bir nesilden diğerine meydana getirilen genetik değişiklikler ya düzenli bir şekilde, ya da gelişigüzel olarak, gerçekleşmektedir.

Genetik Bilgilerin Eşeysel Karışması: Evrimin İkinci Motoru

Beklenmedik, rastlantısal mutasyonlara eşeylerin yol açtığı genetik karışma da eklenir. Üremenin gerçekleşmesi, sperm ve yumurta içindeki kromozomların evlenmesi sırasında, erkeğe ait olan bilgiler, dişiye ait olan bilgilerle karışır. Bu genetik karışma, mutasyonlar tarafından üretilen yeni özellikleri silebilir, değiştirebilir ya da olduğu gibi bırakabilir.

Her birey tarafından taşınan ve ifade edilen bilgileri değiştirmenin bu ikinci yönteminin anlaşılması, Çek keşiş Gregor Mendel'in (1822-1884) keşifleriyle başladı.[25] Mendel, Darwin'in çağdaşı olmasına karşın, yaşam süresi boyunca tanınmışlığa ulaşamadı. Yetiştirdiği çeşitli şekil ve renklerdeki bezelyeleri gözlemleyen Mendel, özelliklerin bir nesilden diğerine aktarılmasına ilişkin kuralları belirlemeyi başardı. Mendel'in özelliklerin aktarılmasına ilişkin yasalarının ve bazıları baskın, bazıları ise çekinik özelliklere (örneğin mavi veya kahverengi gözler) ilişkin çeşitli örneklerin her öğrenci tarafından öğrenilmesi gerekir.

Yarım yüzyıl sonra, kromozomları ve onların birbirleri ile akıllıca çaprazlanmasını keşfeden araştırmacılar, bu kalıtım yasalarını açıklamayı başardılar.[26]

Bu işlem, erkek ebeveynden gelen kromozomlarla dişi ebeveynden gelen kromozomların birleşmesi (insanlarda vücuttaki her hücrede 23 tanesi babadan, 23 tanesi anneden gelen 46 kromozom vardır) sırasında kromozom sayısının yarıya inmesine yol açan bir süreç sırasında meydana gelir. Bu mekanizmaya *mayöz bölünme* veya *redüksiyon bölünmesi* (hücredeki kromozomların sayısındaki azalma* nedeniyle) adı verilir. Bunu 4. bölümde bir boşanma, sadece tek bir takım kromozoma sahip olan ve kaderlerinde eşey hücresi ya da gamet (hayvanlarda bunlar, yumurta veya sperm'dir) olmak yazılı olan basit hücrelerin yeniden düzenlenmesi olarak tanımlamıştım. Aslında bu mekanizma, birbirine benzer iki takım kromozoma basitçe bölünmekten çok daha karmaşıktır. Mayöz bölünme sırasında şunları gözlemleriz:

- Türdeş iki kromozom arasında bazı parçaların alışverişi. Bu, her kromozomda bulunan bilgilerin gerçek anlamda birbirlerine karışması demektir (kromozom içi karışma). Bunun meydana gelmesi için, mayöz bölünme sırasında türdeş kromozomlar çiftler oluştururlar (her çiftin biri erkek ebeveynden, diğeri dişi ebeveynden gelir), sıralanırlar, birbirlerine sarılırlar ve küçük parçaları değiş tokuş ederler (bu, *çaprazlamadır*).
- Anneden gelen kromozomlar ile babadan gelen kromozomların gelişigüzel bir şekilde birbirleri ile eşleşmesi. Bu, bir takımdaki kromozomların birbiriyle karışmasıdır (kromozomlar arası karışma). Mayöz bölünme sırasında, türdeş (biri babadan, biri anneden gelen) kromozomlar arasındaki çaprazlamanın parça takas edilmesine olanak sağlamasının ardından kromozomlar birbirlerinden ayrılır ve kendilerini iki türdeş takım oluşturacak şekilde gelişigüzel konumlandırırlar (her takımda sperm ve yumurta tarafından taşınan yeni bir bilgi paketi mevcut olur). Bu yüzden, farklı yumurta ve spermlerde onları meydana getiren anneden ve babadan gelen kromozomların oranları farklı olur.

Bu karışımlarda olasılık kuralları geçerlidir ve bunlar, pek çok özelliğin aktarılması ile sonuçlanır.[27] Kromozomların ve kromozom parçalarının yeniden yapılanması veya yeniden biçimlenmesi ölüme yol açabilir, tamamen nötr olabilir, ya da yeni takıma sahip olan birey için bir avantaj sağlayabilir.

Bunun gerçekleşmesi için, bir erkek ve bir dişinin karşılaşması gerekir. Bu karşılaşmaların olasılığı, talih ve beklenmedik durumlar tarafından yönetilir (in-

* İngilizce reduction (redüksiyon) kelimesi, başka anlamlara ek olarak azalma, küçülme anlamına gelir. Ç.N.

sanların ve bizim yetiştirdiğimiz türlerin dışında, çünkü biz genetik süreci anlarız ve planlı eşleşmeler vasıtası ile onu kendi avantajımıza kullanabiliriz: Elde ettiğimiz dönüşümler artık gelişigüzel değil, gerçekten beklenen dönüşümlerdir).

Mutasyonlar ve genetik bilgilerin karıştırılması birbirlerini tamamlarlar ve gözlemlenen bütün evrimsel değişikliklerden sorumludurlar. Bu iki farklı mekanizma, doğal seçilim tarafından teste tabi tutulan değişiklikler üretirler.

Bilim insanları, hataları, karışımları ve değiş tokuşlarıyla bu bilgi aktarma yöntemlerinin özelliklerini tarif etmek için, matbaa terimlerini kullanırlar: Çoğaltma, kopya hazırlama, yeniden birleştirme, çaprazlama, yer değiştirme, dönüştürme, bölünme, kaynaşma, değişiklik, yerine koyma, silme, yineleme, tekrar karıştırma, ters döndürme. Bu kelimeler, yaşam bilgilerinin tümünü meydana getiren "kitabın" (bu örnekte çekirdeğin) kısımları için geçerlidir: Bölümler (ya da kromozomlar), sayfalar (kromozom parçaları), paragraflar (genler), satırlar (nükleotid dizileri), kelimeler (nükleotid üçlüleri) ve harfler (nükleotidler). Ve ayrıca, diğer parçaları, yani aynı örneğe devam edersek, başka deyimleri de akılda tutmamız gerekir: Genler, intronlar, eksonlar, kodonlar, transpozonlar, silsileler, nükleotidler. Biyologlar, çok fazla bilgi içeren kodları (bölüm başlıkları) ve bilgi içermeyen kodları (boşluklar) dahi ayırt ederler.

Mutasyonlar ve Eşeysel Karışma: Rastlantısal mı, Yoksa Bir Yazgı mı?

Genetik bilgiler, yaşam işlevlerini ve şekillerini yönetir; bunlar, bir baskıdan diğerine yeni değişiklikler getirip bunlardan yararlanırken, geçmişi de korurlar. Yaşam üzerinde yapılan ayrıntılı, etkileyici incelemeler, evrimi modellememize olanak sağlayan yeni yasaların ortaya çıkmasına yol açmamıştır. Toplu sonuç, çok mütevazıdır: Mutasyonların birikmesi ve kromozomsal karışmanın sıralaması, birbirinden tamamen bağımsız olarak gerçekleşen bir rastlantısal olaylar zinciri oluşturur; bunlar, beklenmeyen olaylardır.

Genetik bilgileri değiştirmek için çalışan bu mekanizmalar, daima devrededir. Nötr ya da avantajlı değişiklikler, otomatik olarak birikir. Fizyolojik ve morfolojik değişiklikten kaçınmak mümkün değildir. Değişen ortam koşulları altında uyum sağlamayan türler, eninde sonunda ortadan kaldırılırlar.

Bütün bu sistem, böyle dinamik bir sistemin kontrol edilmesi konusunda düşünen pek çok düşünüre esin kaynağı olmuştur. Eğer değişiklikler kendiliğinden

meydana geliyorsa, evrim ne düzensiz, ne de beklenmedik bir şey olabilir. Büyük yaşam oyununun programını kim yazmıştır? Yaşamın özü hakkında bilimsel düşüncelerle ilişkili olmaksızın yapılan yorumlar, Yahudilerin ilk peygamberlerinden ve Yunan düşünürlerinden yirminci yüzyıla kadar hüküm sürmüştür. İlahiyatçılar ve düşünürler, son sonucun sadece ilahi bir güç - Büyük Mimar - tarafından yaratılmış olabileceğini çok uzun zamandır ileri sürmektedirler: Bizim güzel bulduğumuz ve öz-bilincimiz ile maneviyatımız sayesinde yönetimini üstlendiğimiz uyumlu bir topluluk olan doğa. Genel olarak bu yorumların hepsi, doğanın insanın kaderi olarak önceden yazılmış bir durumda, zaman içerisinde dondurulmuş olduğu düşüncesi ile uyumludur. Doğu dinleri dahi, doğayı ilahi yaratıklardan meydana gelen uyumlu bir topluluk veya kutsal şeylerin betimlenmeleri olarak kabul eder. Konfüçyüsçülük için hayvanlar, bitkiler ve hatta cansız cisimler, insanı yaratan yaşam gücünden türemişlerdir ve bu nedenle hepsi de aynı saygıyı hak etmektedirler.

Dinlerin ve felsefelerin de evrim geçirmesi gerekmiştir. Bilim ilerleme kaydettikçe türlerin değişimi görüşü Roma Katolik Kilisesi tarafından yavaş yavaş dikkate alınmaya başladı, sonra da kabul edildi. 1870'li yıllarda Papa Pius IX (1792-1879), Darwin'in çalışmalarından bahsetmeye kalkışan rahipleri aforoz etmekte hiç tereddüt etmiyordu. Yetmiş yıl sonra, Papa Pius XII (1876-1958), piskoposlara gönderdiği *Humani generis* başlıklı genelgesinde, ruhların yaratılmasının ilahi bir süreç olduğunu vurgularken, evrim kuramının daima kilisenin hükümleri doğrultusunda, temkinli bir şekilde ve aşırıya kaçmadan dikkate alınması gereken bir varsayım olduğunu beyan etmiştir. Evrim kuramı üzerindeki bilimsel belirsizliklere işaret etmiştir; kuşku duymaktadır.

Cizvit rahibi, filozof ve bilim insanı Pierre Teilhard de Chardin,[28] 1955 yılında evrim üzerindeki bütün bilgileri, kendisinden yarım yüzyıl önce Nobel ödülü sahibi Henri Bergson[29] tarafından yapılana benzer bir ruhsal keşif çalışması içinde incelemeyi başardı. Teilhard de Chardin için yaşam, tarihi boyunca dönüşümlere yol açan beklenmedik durumlar veya olasılıklar, yönlendirici güçler tarafından, değişikliklerin belirlenmiş yönlerde meydana gelmesini yazgılayan bir "yaşam ruhu" ya da bir tür anti-tesadüf tarafından, düzenli olarak etkilenmiş veya kurgulanmıştı. Bu görüşe göre yaşamın evrimi, sabit bir yönde ilerlemek (bu sürece *ortogenez* adını vermişti) zorundaydı. Teilhard de Chardin, benzer şekilde, insanı, arasından çıktığı hayvan soyundan ayırt etmek için aklın tanrısal yaratılışını (*noogenesis*) ileri sürmekteydi.

Aradan neredeyse kırk yıl geçtikten sonra, 1996 yılında, çığ gibi artan doğru bilgiler karşısında Papa John Paul II (1920-2005), piskoposları için bir genelge ya-

yımladı. Gerçek ve inanç ile aklıselim - "*Fides et ratio*" (inanç ve akıl) - arasındaki ilişki konularında yapılan araştırmalar için şükran ifadesi niteliği taşıyan bu yazıda, "İncilcilere" (tıpkı yaradılışçılar gibi, sadece kendileri için tek gerçek kılavuz olan İncil'e göre hareket edenler) yönelik bir eleştiri bulunmaktaydı. Papa, bir yandan evrime ilişkin bir hüküm ifade etmeksizin, bilimsel bilginin ve araştırmaların gelişimi alanındaki meşru ilginin önemini vurgulamaktaydı. Bu konuda, herhangi bir onay ifade etmeden, Pius XII'nin sözlerini hatırlatıyordu; hâlâ kuşku içindeymiş gibi görünüyordu. Papa, daha sonra aynı yılın Ekim ayında Papalık Bilimler Akademisi önünde Fransızca olarak yaptığı "La vérité ne peut pas contredire la vérité" ("Gerçekler, gerçeklerle çelişemez") başlıklı konuşmada hayret verici bir beyanda bulunarak evrim kuramının kanıtlanmış olduğunu ve bu kuramın Katolik dinsel doktrinleri ile uyumlu olduğunu güçlü bir şekilde kabul etti.[30]

Darwin'in 1859 yılında ortaya çıkan *Türlerin Kökeni* ile papalığın bu mesajı arasında, 137 yıl vardı.[31]

Bu hikâye, bilginin bilimsel ve mistik tarihi veya yaşamın antik yollarının yorumunu özetlemektedir.

Yaşamın Amacı

Her ne kadar günümüzün bilimi evrimsel değişikliğin nedenleri ve etkileri konusunda bizi aydınlatıyorsa da, bütün doğa bilimciler, filozoflar ve ilahiyatçılar tarafından çok eski zamanlardan bu yana sorulan klasik bir soru vardır: Bu soru, geleceği, yaşamın amacını, niçinini sorgular.

Yaşam, aslında bir bitiş midir?

Bütün dinlerde bu soruya verilen cevaplarda temel olarak maneviyata başvuruluyor olması, dikkat çekicidir.

Musevilik, Hıristiyanlık, İslam, Şintoist, Taoist ve Konfüçyüsçü dinler, hem mistik bir köken ve hem de önceden belirlenmiş bir son tanımlamaktadır: Cennette ya da Dünya üzerinde başka bir yaşamda, yeniden doğuş. Teilhard de Chardin için iki güç - egemen evrim ve manevi bir enerji - insanlığın mistik bir sonsuzluk içinde İsa ile bütünleşeceği bir kaderi yaratmak için birlikte çalışmaktadır.[32] Bu ana fikir ile ilgili olarak, ölümleri doğrulayarak cennete ulaşabilmeleri için ölü bireyleri vaftiz etmek üzere gezegen üzerinde dolaşmaları için on binlerce misyoner gönderen İsa Mesih'in Son Zaman Azizler Kilisesi'nin (Mormonlar) benzersiz çalışmasına dikkat edilmesi gerekir.[33] İslam, cenneti büyüteç altın-

da incelemektedir. Cennetin zenginliği, ihtişamı ve zevkleri, Kur'an ayetlerinde anlatılmaktadır. Fakirler de, zenginler de, orada melekler tarafından karşılanır ve asla fakirlik nedir bilmezler; burası, ebedi evdir, insanlar orada ölmez, orada elbise giyilmez ve insanlar daima genç kalır.[34]

Asya dinlerinde yaşam, yeniden kazanılabilir. Varoluş çemberi veya karma yasası olarak da adlandırılan yeniden doğuş (reinkarnasyon-basübadelmevt), Budist düşüncenin itici öğesidir. Budizm taşıtı, bir Budist'in yeniden doğuş nehrinin karşı tarafında geçerek Nirvana'ya ulaşmak için ödünç aldığı taşıta karşılık gelir. Bu dinde en önemli hedef, yeniden doğuş çemberinden kurtulmak ve Nirvana'ya ya da 'aydınlanma'ya ulaşmaktır. Kişi, bu duruma cismani dünyadan uzaklaşmak ve kendini arzularını ve eylemlerini yok etmeye adayarak ulaşır.

Bilim insanları, yaşamın kesin oluşuna ilişkin ruhani kavramlar üzerinde çalışmışlardır. Nobel ödülü sahibi ve genlerin protein üretmek için harekete geçip durmasını sağlayan mekanizmanın ortak kaşifi, Fransız biyolog Jacques Monod (1910-1976), genetik bilgilerin iletilmesi ve yazılması konusundaki keşifler üzerinde felsefi ve metafizik düzeylerde düşünen ilk kişi olmuştur.[35] Konuya Monod ve diğer redüksiyoncu biyologlar tarafından getirilen bilimsel sezgiler, yaşam için maddeci bir amaç tanımlanmasına yol açmıştır. Bu görüşe göre, yaşamın tek bir amacı vardır: *Kendini sonsuza kadar çoğaltmak.* Bütün organizmalar, yaşamın yapılarında ve işlevlerinde, herhangi bir insancıl ya da dinsel önem taşımayan bu mekanik çoğalma amacına yönelik çaba gösterirler. Bu bağlamda François Jakob (Monod ile birlikte Nobel Tıp Ödülü sahibi), her hücrenin eşi benzeri olmayan rüyasının sadece çoğalmak olduğunu söylemiştir.[36] Bu biyologlara göre canlı varlıkları cansız olanlardan ayırt eden gerçek, bir etkinlikte bulunmalarıdır: Kendilerini sonsuza kadar devam ettirmek. Odaklanmış ve anlaşılabilir olan bu proje, belli durumlara uygulanma şekli öngörülemese de, yapıcıdır.

Bu fikir, altı yıl sonra, 1976 yılında kimyasal bir robot tanımlayan İngiliz biyolog Richard Dawkins[37] tarafından tekrar gündeme getirilmiştir. Bu fikir uyarınca her şey tesadüfen ortaya çıkan ve DNA'yı andıran bir molekül ile, bir öncül ile başlamıştı. Öncül, kendini sonsuza kadar sürdürme yeteneğine sahipti, dolayısıyla bir tür kimyasal bellek oluşturmaktaydı. Tek amacı buydu! Dawkins için *yaşamın tümü, sadece genetik bilgilerin geçici taşıyıcısı ve onun üreme aracıdır.* Birkaç kanıt dizisi, bu öncülün çift iplikli olan DNA'ya çok benzeyen tek iplikli bir molekül olan RNA olduğu izlenimini uyandırmaktadır.[38]

Dawkins için, bilgi taşıyıcıları olan genler, yayım yapmaktan asla vazgeçmeyen, bencil kaderleri insanın anlayışının ötesinde bulunan ve hiçbir şekilde mistik, programlanmış bir bitiş noktası ya da hedef olmayan kimyasal belleklerdir.

"Bencil gen" adı verilen bu kavram, genetik bilgiyi taşıyan DNA molekülünün bitmek tükenmek bilmeyen kopyalanmasına dayanmaktadır. Bu görüşe bir örnek olarak, görünüşe göre kendilerini taşıyan organizmalarda hiçbir işleve sahip olmadıkları halde yine de kendilerini dur durak bilmeden gelecek nesillere aktarmayı sürdüren bazı DNA dizileri gösterilebilir. hiçbir *varoluş nedenine* sahip olmayan bu bencil gen, pek çok gelip geçici canlı bireyin vücudunda bir nesilden diğerine yaşamını sürdüren bir tür üst düzey parazit gibidir.[39]

Bu yaklaşım, bencilce görünmeyen bazı davranışlar için açıklamalar dahi önerir. Dolayısıyla, bu görüşe göre, bir hayvanın fedakârca davranışları, diğer pek çok cinsel davranışlar gibi, daima gizli bir amaç taşır: Her şeyden önce, genlerin sonsuza kadar devamını güvence altına almak, hatta gerekirse bireyin bu amaç için kendini feda etmesi. Genetik bilgilerin bencilce aktarılmasına ilişkin bu evrensel yasa, kördür ve herhangi bir duygusallık içermez; ayrıca, doğada bize sebepsiz bir şekilde zalimce imiş gibi görünen pek çok davranışı da açıklar.[40]

Monod, Jacob ve Dawkins'in felsefi kuramları, genetik bilgiler için bir hedef tanımlama noktasında birbirleri ile buluşur: Ne olursa olsun, canlı organizma kendisini nasıl bir yaşam ortamının içinde bulursa bulsun, içinde bulunduğu çevre ne olursa olsun, bir sonsuzluk yazgısına sahip olmak. Bu maddeci hedef, yaşam yollarının tek varış noktasıdır.

Bütün manevi öğelerden soyutlanmış olan bu düşünceler, yaşamın şu andaki düzeninin hiçbir anlama sahip olmadığını ima etmektedir. Yaşamın görünürdeki uyumu, sadece rastlantısal bir etkidir. Bütün canlı organizmalar, özünde sadece tek bir amaç için, üremek için birbirleri ile yarışan bilgi paketlerinden ibarettir. Bu bağlamda, günümüzde etrafımızı sarıp sarmalayan yaşam çeşitliliğinin olağan dışı bir şekilde yapılandırılmış örgütlenmesi, sadece beklenmeyen durumlardan kaynaklanan, ebedi üreme hedefinin peşinden koşmak için kullanılan genetik bilgilerin aktarılması sırasında ortaya çıkan şanslı ve gelişigüzel olaylardan doğan, anlık bir görüntüdür. Doğanın uyumu, genlerini aktarmak için birbiri ile rekabet içinde olan bütün organizmalar arasında kırılgan dengeler oluşturan, geçici, kararsız bir dizi durum ile özdeşleştirilmiştir.

Mutasyonların ve Eşeysel Birleşimlerin Doğal Seçilimi: Evrimin Yol Göstericisi

Mendel yasaları, kromozomlar, genler ve DNA hakkında hiçbir bilgisi olmayan Darwin tarafından öne sürülen doğal seçilim mekanizmasından geriye ne kaldı?

Darwin için evrim, indirgeyici biyologların soyut düşüncelerinden tamamen bağımsız, üç basit gözlemle özetlenebilir:

1. Türler değişir ve bu değişikliklerin bazıları yavrulara aktarılır (Lamarck'ın Darwin'den 50 yıl önce türlerin "dönüşümcülüğünün" temellerini ortaya koyduğunu unutmamamız gerekir).
2. Organizmalar, yaşayabilecek olan sayıdan daha fazla yavru üretir.[41] Bu nedenle, ortada bazı yavruların elenmesi ve daha iyi uyum sağlamış olanların hayatta kalması şeklinde sürekli bir sınıflandırma vardır.[42]
3. Ortamın kabul edeceği şekilde değişen yavrular, daha iyi hayatta kalacak ve üreyecektir. Daha sonra bu tür değişiklikler, arkadan gelen nesillerde yaygınlaşacaktır (görülme sıklığı artacaktır).

Şiddetli, acımasız çevresel zorunlulukların evrimin ana yönlerinin belirlenmesinde sahip olduğu bu rol, Darwin'in temel sezgisiydi. Bu harici kısıtlamaların rolü, hücre içimdeki genetik bilgilerin aktarılma mekanizmaları (mutasyonlar ve kromozomların harmanlanması) üzerinde daha sonra yapılan keşifler yüzünden önemini yitirmiş midir?

Kesinlikle hayır!

Konunun başka bir düzeyde incelenmesi gerekir. Darwin, türlerin zaman içinde zorunlu olarak değişime uğramasının nedenlerini açıkladı. Bu değişiklikleri yöneten kısıtlamaları doğru olarak ortaya koydu: Çevre koşulları, etrafımızdaki yaşamların yapılarını, şekillerini ve işlevlerini adım adım biçimlendirir. Doğal çevre, yaşamın baş mimarıdır. Darwin, evrimin yakıtını (genetik bilgilerde mutasyon ve eşeyli birleşme tarafından meydana getirilen rastlantısal, beklenmedik değişiklikler) bilmese dahi, değişimin motorunun doğal seçilim olduğu yolundaki kuramını bu şekilde ortaya koymuştur.

Dolayısıyla, şekillendirilebilir malzemeyi sağlayan genetik bilgilerde meydana gelen değişikliklerin üzerine bir seçici, yaşam şekillerinin ve işlevlerinin bir baş mimarı konmaktadır. Bu, her türün içinde geliştiği fiziksel, kimyasal ve biyolojik koşullarla ilgili bir meseledir. Yaşam, bir yandan belli bir yaşam ortamında mantığa en uygun olan yaşam şekillerine,[43] diğer yandan da bir organizmanın ortamına en iyi uyumu sağlayan (büyümeyi ve üremeyi en iyi destekleyen) işlevlere karar veren dış güçlerin dayattığı kelepçelerin içinde evrim geçirir. Doğal seçilim, fiziksel ve kimyasal kısıtlamalarla birlikte, değişiklikleri (biriken, sürekli olarak değişen genetik bilgileri) üreten makineleri yönlendirir. Bunlar, mutasyonlar ve eşeyli üreme tarafından başlatılan değişikliklerin yoldan çıkıp daha

öteye geçemeyeceği duvarlar örerler. Bunlar, yaşamın yollarını yönlendirirler, fakat kör bir şekilde, herhangi bir plan veya hedef olmadan. Richard Dawkins, bir kitabın tümünü bu ana fikir üzerine yazmış, doğal seçilimi kör bir saat yapımcısı ile karşılaştırmıştır.[44]

Tüm yaşamın projesi ister genetik bilgileri aktarmak olsun, isterse mistik bir kadere ulaşmak, şurası daima gerçektir ki bir nesilden diğerine aktarılan bilgiler, dış kısıtlamalar tarafından şekillendirilir ve seçilir. Dolayısıyla, genetik bilgilerin sonsuz bir şekilde, bencilce kopyalanması projesi, bilinmeyen bir amaca yönelikmiş gibi görünmektedir.

Filtrele, süz, kalıpla, yakala, baskı altına al – biyologlar, bu deyimlerin hepsini dış kısıtlamaların doğal seçilimdeki rolünü tanımlamak için kullanırlar.[45]

Doğal Seçilim: Yeni Bir Beklenmeyen Durum

İlahiyatçılar ve bazı düşünürler, fiziksel ortamın getirdiği kısıtlamaların evrim açısından önemini göz önünde bulundurarak, hâlâ bir belirleyicilik, programlanmış bir alın yazısı, bir ereklilik* – ilahi bir seçimin meyvelerini – algılamaktadır. Onlara göre yaşamın ve doğal seçilimin şekillendirilmesi, gözlemlediğimiz uyumlu ve bizim onun içindeki kendi üstünlüğümüzü de kapsayan doğayı üretmek için, gizemli güçler tarafından yönlendirilmektedir. Bu bağlamda, kimyasal makinelerin yerine geçen şey, bu kılavuzluktur. Sonsuz çoğalmaya yönelik *maddeci* (mekanik, otomatik, kör ve bencil) projeyi ilahi bir güç yönlendirir. Yaşamı ve doğal seçilimi şekillendiren dış güçler, belirleyicidir; organizmaların yerel koşullarla gereken uyumu kurmasına olanak sağlarlar. Yaşamın kaderinde bir ereklilik vardır.

Fakat, dış güçler tarafından yaşamın ve doğal seçilimin ayrıntıları üzerine yapılan etkilerin incelenmesi, bunların hepsinin belirleyici olmadığını gösteriyor. Bunlar, mantıklı şekillerin kendi kendilerini organize etmesine yol açan mekanik (fiziksel ve kimyasal) kısıtlamalardır (kristallerin oluşmasını yönetenlerle aynı kısıtlamalar) ve doğal seçilim, etkisini birbiri ile bağlantılı bir dizi rastlantısal olay vasıtası ile göstermesi bağlamında, maddecidir. Beklenmeyen durumlar! Aslına bakılacak olursa, gücünü doğal seçilimden alan yaşam evrimi temel olarak rastlantısaldır, çekilişleri hiçbir zaman yapılmayan bir piyangoya benzer. Genetik

* Ereklilik: (TDK) Bir erekle belirlenmiş olma; bir ereğe yönelmiş olma, İng. Finality. Ç.N.

karışmanın ve kopyalama hatalarının ürünü olan yeni, gelecek vaat eden değişikliklerin ya da ideal şekillerin doğa tarafından onaylanması ya da elenmesi konusunda hiçbir sabit olasılık mevcut değildir. Doğru zamanda, doğru yerde ortaya çıkmaları gerekir. Darwin'in ispinoz gagalarında gördüğü değişik biçimler, ispinozların ilk geldikleri kıtalarda da pekâlâ genetik olarak ortaya çıkmış olabilirdi. Fakat bu değişiklikler, oralarda asla seçim tarafından tercih edilmezdi, çünkü oralarda herhangi bir avantaj sağlıyor olmazlardı. Aksine, ispinozların atalarının tamamen tesadüf olarak gittiği Galapagos Adaları'nın çok farklı ortamında, yerel gıdalara uyum sağlayan farklı gaga şekillerinin ortaya çıkmasına yol açan ardışık dönüşümler seçilmiştir. Başka bir deyişle, miras bırakılabilecek olumlu değişikliklerin ortaya çıkarak benimsenmesi için en önemli öğeler tesadüfler ve genetik bilgilerin dahili dönüşümüne neden olan beklenmeyen durumlardır, dış ortama ilişkin koşullar da aynı derecede önem taşır. Dolayısıyla, eğer seçimin belli bir ortamdaki işleyişinden bahsediyorsak, doğal seçilim hem rastlantısaldır (her şey genetik değişikliklerin karşılaştığı ortama bağlıdır), hem de titiz ve belirleyicidir; en iyi uyumu sağlayan şekiller, daima kazanırlar. Doğal seçilimin büyük saat yapımcısı, belirli bir ortam için daima en iyi mekanizmayı seçer, fakat bu sırada bir saat yapmakta olduğunu bilmez (ya da göremez).[46]

Bütün bitki ve hayvan hücrelerinin içinde oynanan beklenmeyen ve rastlantısal genetik dönüşüm oyunları, organizmanın içinde büyüdüğü dış ortamın beklenmeyen durumları karşısında bir deneyden daha geçirilir. Bu beklenmeyen durumlar, ortamda meydana gelen ve içinde yaşayan türleri etkileyen değişiklikler, art arda bir takım dönüşümleri ateşleyerek evrimin ilerlemesini sağlar.

Bir insan yaşamının ölçeği içerisinde bu beklenmedik durumlarla her yerde karşılaşılır. Doğduğumuz yer, ailemizin yapısı, gelir ve eğitim düzeyi, içinde yaşadığımız ülke ve zaman - bu çevre koşullarının hepsi, kaderlerimizi etkilemektedir. Klasik bir örnek olarak, üstün bir sanat yeteneğine sahip olduğu bilinen bir insanı ele alalım. Belli bir sanat dalında özel bir yeteneğe sahip olduğunu söyleriz. Böyle bir özel yeteneğin kalıtım yoluyla geçtiği belirlenmiş olmasa da (Mendel yasalarına göre aktarılmaz), bireysel düzeyde resme veya müziğe karşı doğuştan gelen bir yetenek bulunduğu sıklıkla kabul edilir. Elbette insan, çalışarak ve tekniğini geliştirerek sanat becerisi edinebilir (bu, aktarılmış değil, edinilmiş bir özelliktir), fakat çıraklık döneminde bazılarının kendilerini ifade etme açısından diğerlerine kıyasla bariz bir şekilde daha yetenekli veya hassas olduğu görülecektir (bu, kalıtım ile şans eseri geçmiş olan bir avantajdır). Eğer müzisyenlerin veya ressamların ailelerinde sanat yeteneğinin oldukça yaygın şekilde paylaşıldığı gözlemleniyorsa, bunu sebebi sadece bu yeteneğin desteklendiği bir ortam-

da büyümüş olmak dolayısıyla açığa çıkma olasılığının artmış olmasıdır. Başka bir deyişle, olası bir yeteneğin ortaya çıkmasını kolaylaştıran çevre koşulları vardır.

İster beklenmeyen bir şekilde, isterse genetik mutasyonların ve birleşmelerin sonucu olarak olsun, Vermeer'in bir ressamlık yeteneği ile doğmuş olması gerektiğini düşünebiliriz. Sanatın takdir edildiği güzel bir şehirde yaşadı, sanat eseri ticareti yapan bir ailede büyüdü ve yaptığı evlilik sonucunda, bütün sanat dallarına karşı ilgi duyan zengin bir ailenin himayesinden faydalandı. Bu koşullar, doğuştan gelen yeteneğinin dışavurumu açısından yararlı olmuştu. Bu, şanslı bir sonuca ulaşan bir olaylar dizisiydi. Vermeer bir çiftlikte doğmuş olabilir veya Delft çevresindeki kırsal bölgeden bir köylüyle evlenebilirdi; bu durumda hiç şüphe yok ki yeteneği, Hollanda ineklerine bakmaya adanmış bir hayatın içinde körelip giderdi.

Çevrede karşılaşılan beklenmeyen olaylara ilişkin basit ilke, türlerin evrimi üzerinde de çeşitli yollarla etkiler yapar. Dolayısıyla, etrafımızı saran bitki ve hayvan yaşamının çeşitliğini açıklayabilmek için, genetik bilgilerin yazılışındaki ve aktarılışındaki kaçınılmaz beklenmeyen durumlara ve gelişigüzel rastlantısal olaylara ek olarak, yeni bilgiler taşıyan bir organizmanın karşı karşıya kaldığı çevre koşullarındaki beklenmeyen durumları da hesaba katmamız gerekir.

Darwin, *Türlerin Kökeni* kitabının ilk bölümünde hayvan yetiştiricilerinin uyguladığı yapay seçime atıfta bulunarak çevre koşullarında mevcut beklenmeyen durumları anlatmaktadır. Verdiği örnek, güvercinlerin üretilmesiyle ilgilidir. Yüksek performanslı güvercinleri seçmek isteyen yetiştirici, deney yapmak amacıyla arzu ettiği güvercini en iyi koşullar altında yetiştirmek suretiyle beklenmeyen çevre koşullarını ortadan kaldırmaktadır. Üstelik arzu edilen özellikleri taşıyan güvercinleri doğa değil, kendisi seçmektedir. Seçtiği ve yapay, ideal bir ortamda büyümüş güvercinleri çiftleştirmektedir. Beklenen değişiklikler, bir nesilden diğerine hızlı bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Böylece yetiştiriciler, yönlendirilmiş bir seçim yapmaktadır; olağan dışı bir bireyi olumlu bir ortama yerleştirmekte ve aynı özellikleri taşıyan başka bir birey ile çiftleştirmektedir. Daha sonra, en fazla ümit vaat eden yavrular birbirleri ile tekrar çiftleştirilmekte ve bu işlem, nesiller boyunca devam etmektedir. Hiç şüphesiz, bu bağlamda soy, doğa tarafından değil, yetiştirici tarafından şekillendirilmektedir. Fakat yine de aynı ilke geçerlidir. Değişikliğe uğrayan kil, her bireyin kendi içinde taşıdığı içsel - genetik - değişikliği meydana getirir. Doğa, yetiştirici olmadan da soyun evrime uğraması için uğraş verebilir, fakat bu durumda üstün (yetiştiricilerin standartlarına göre) bir güvercinin ortaya çıkması, bir dizi rastlantısal beklenmeyen durumun meyvesi olacaktır.

Darwin, doğadaki beklenmeyen durumların gerçekten türlerde dönüşüme yol açtığını öne sürerek, insanın kaderinin Tanrı tarafından önceden belirlendiği yolundaki inanca büyük bir darbe indirmişti. Darwin, yaptığı gözlemlerin kalıtımsal niteliğini anlıyordu. Vardığı sonuçların politik olarak çok yanlış karşılanacağı bir çağda yaşamaktaydı, dolayısıyla çevreye bağlı beklenmeyen durumların önemini vurgulamaktan kaçındı.

Komünizm savunucuları da, Darwin'in çalışmalarının kendi devrimci, maddeci savları ile uyumlu din karşıtı ilkeleri kapsadığını fark ettiler. Karl Marx'ın (1818-1883) *Das Kapital* kitabının ithaf edilmiş bir nüshasını Darwin'e göndermesinin nedeni buydu. Darwin, Almanca'yı zorlukla okuyabildiği ve politikaya büyük bir ilgi duymadığı için, sadece birinci bölümü okudu.[47]

Bilimler tarihi boyunca, az önce anlattığım keşifler aslında ters sırayla meydana gelmiştir. Önce bilim insanları türlerin değişebileceğini kabul ettiler. Sonra, bu değişiklikler üzerinde doğal seçilimin baskın bir role sahip olduğunu fark ettiler. Son olarak ise, bu değişikliklerin kromozomların birbiri ile karışması ve genetik bilgilerde değişiklikler meydana gelmesi yoluyla nasıl başladığını anladılar. Daha sonra bu keşiflerin hepsi, belirli olayların zengin nüanslarını ve ayrıntılarını içeren, araştırma sayesinde sonsuz ölçüde geliştirilen bir sentezin içerisinde bütünleştirildi.

Kuramdan Bilimsel Önermeye

Türlerin Kökeni kitabının yayımlanmasından bu yana geçen zaman içinde, hayvan ve bitki soylarının evrimi epeyce bayat bir konu haline gelmiştir. Darwin'in yaşlı, sakallı, ciddi görünümlü bir insan olarak çizilen portresi, çoğu insan için gözümüzün doğa tarihine açılmasını sağlayan adamı simgelemektedir. Her ne kadar türlerin dönüşümü (yani yaşamın evrimi) kavramının izleri Lamarck'a kadar uzanmaktaysa da, evrimin ana mekanizmasının tanımlanmasının başlangıç noktasında daima Darwin'in yazıları bulunacaktır.

Yine de, evrim konusunda mevcut bol miktardaki belgelerin içine dalacak olursak, geçtiğimiz yıllarda bu fikirlerin kitleler tarafından öğrenilmesini sağlamak için büyük bir katkı sağlayan ve kendisini saygıyla anmak istediğim (bu eserde adı sık sık geçmektedir ve ben bu satırları yazdıktan kısa bir süre sonra öldü), Amerikalı, çok verimli bir yazarın eserlerini bulmamız kaçınılmaz olacaktır. Bir bölüm başkanı olduğu Harvard Üniversitesi'nde profesörlük yapıyordu. Jeoloji, paleontoloji, evrimsel biyoloji ve bilim tarihi konularında yazılar yazmak-

taydı ve evrim kuramına ilişkin yeni ufuklar açan pek çok makalenin önde gelen yazarlarından biriydi. Bu kişi, Stephen J. Gould'dur. Popüler *Natural History* bilim dergisine 25 yıl boyunca düzenli olarak makaleler yazmış ve daha sonra bu makaleleri kitap halinde yayımlamıştır.[48] Doğa tarihi üzerine yaptığı orijinal sunumlar, çeşitli eğlencelerle, otobiyografi niteliğinde notlarla ve metaforlarla doludur. Doğa tarihine ilişkin bir konuyu sunarken önemsiz görünümlü ilgisiz bir hikâye ile başlayıp evrimle ilgili bir konu üzerinde temele inen bir şekilde bitiren tarzı, hem zarif, hem de pedagojik açıdan etkilidir. Bu, günümüzdeki evrim düşüncesi üzerine popüler bir kitap yazmaya başlamak isteyen bir biyolog için sinir bozucu bir şeydir: Bu önemli evrim kuramcısı, çok fazla şey söylemiş, çok fazla konu ile baş etmiştir. Bu düzeydeki bir üstünlüğün kıskançlık ve karşı çıkışlar doğurmasından kaçınılamaz.

Doğa tarihini bu kadar güzel bir şekilde halka yaygınlaştırırken redüksiyoncu bilimlerini kendi arzuladıkları ölçüde kapsam içine almadığını görmezden gelemeyen moleküler biyologların ve genetikçilerin yönelttiği kıskançlık.

Ve onun şahsında, doğa tarihine dair bilgilerin karmaşası içinden evrime dair bu kadar çok sayıda ikna edici kanıtı çekip çıkartarak sunmayı böylesine mükemmel bir şekilde başaran görkemli bir rakip algılayan kökten dinciler ve İncil yaratılışçılığı taraftarlarının karşı çıkışları. Akademik tartışma alanının ustalarından olan Gould, Yaradılış metnini harfi harfine yorumlayan bu üstatlara karşı belirleyici bir rol oynamaktaydı. Bu yaratılışçılar, yaşamın çeşitliliğini yalnızca İncil anlatımıyla ifade edilen yaratılışın yedi gününe ait mistik olaylarla açıklama çabası içindeydiler - ve hâlâ çalışıyorlar. Gould, içinde bilimin bu denli gelişmiş olduğu bir ülkede, daha eski bir dönemi hatırlatan bu garip fikir çatışması üzerindeki genel tartışmaların ve açılan davaların yiğit savaşçısıydı. Üzerinde sık sık yazılar yazdığı bu çarpışmalar, görüşlerini giderek daha kendinden emin ve kararlı bir şekilde anlatmasını sağlıyordu. Saygıdeğer tek iletişim yönteminin sadece diğer bilim insanları tarafından anlaşılabilecek üst düzey bilimsel yayım yapmak olduğu konforlu bir üniversitenin fil dişi kulesini terk edecek cesareti göstermiş olduğu için kendisine hayranlık duyarım.[49]

Bu kitapta hayvanların ve bitkilerin evrimine ilişkin sentezimi kendime göre yeniden kurmak için, sık sık Darwin'in bu müridinin yazılarına atıfta bulunmaktayım.

Elbette, Monod, Dawkins ve Gould'un metafizik yorumları kadar Van Leeuwenhoek, Lamarck, Darwin, Mendel, Watson, Crick, Kimura ve daha pek çok bilim insanının yaptığı açıklamaların, yaşamın üzerindeki gizemin kaldırılmasına ve kutsal kürenin dışına çıkarılmasına katkıda bulunduğu doğrudur. Ancak,

bunlar, inananlar tarafından göz ardı edilmemelidir. Aksine bu çalışmalar, bizi çevreleyen yaşamlar karşısında ahlak kurallarımızı, davranışlarımızı yönlendirmek için kullanılabilir. Günümüzdeki organizmalar ister Tanrı tarafından yaratılmış veya "tasarlanmış", isterse bütün gizemli kökeninden arındırılmış (ve gelişigüzel rastlantısal olayların ve beklenmeyen durumların meyvesi) olsun, hepimiz onlara hayranlık ve saygı duyabilir ve onları koruyabiliriz. Ve eğer bilim bize yaşamı daha iyi koruma olanağı sağlıyorsa, bu olanağı neden kullanmayalım?

Bu bağlamda bilim ve dini inanç bir çatışma olmaksızın ve birbirlerini görmezden gelmeksizin yan yana var olabilirler.

ABD'de bazıları ilhamını Genesis'ten alan (akıllı tasarım kavramı dahil), bazıları da özünde (evrim kuramlarının saygın simgesi olan) Darwin'e atıfta bulunan eski hikâyeleri esas alan, birbirine zıt Maniheist çalışmaların birbirleri ile kalıcı şekilde ilişkili olduğuna dikkat çekmektedir.[50] Bilimsel köktencilik, Richard Dawkins tarafından yazılan bir kitapta örneklerle açıklanmıştır; Dawkins, şansın evrim içinde taşıdığı önemi vurgulayarak, ödünsüz bir ateizm telkin etmektedir.[51] Kitabında, inananların görüş değiştirmesine yardımcı olabilecek ateist derneklerini sıralayan bir ek dahi bulunmaktadır. Stephen J. Gould, araştırmacı olarak tüm yaşamı boyunca bu tartışmada yaratılışçıların karşısındaki tarafta yer aldı. Kötü niyet ve dogmacılık, yaşamın kökeni üzerindeki taban tabana zıt iki kavram arasındaki çatışmayı şiddetlendirmişti. Gould, gerilimi azaltmak için bir öneride bulundu: Bunu NOMA (non-overlapping magisteria - çakışmayan yetki alanları) olarak adlandırmıştı.[52] Gould'a göre, dini ve bilimsel yetki alanları birbirinden bağımsız kalmalı, her ikisini birden ilgilendirmeyen konularda resmi beyanlarda bulunmaksızın kendi alanlarında çalışmalıydılar. Diğer bir deyişle, bilim (ki, nesneldir), bilginin ruhani yorumlarını (ki, özneldir) eleştirmemeli ve buna karşılık din, kabul edilmiş bilimsel verilerin yerine inançları zorlamamalıdır. Sonuç, yatıştırıcı bir süredurum olacaktır. Her biri kendi dünyasındadır, değişik rollere sahiptir, fakat her ikisi de gerçeği aramaktadır. Bu, Galile'nin sözünü geri almak zorunda kalmaksızın serbest bırakılmasıdır; bilimsel fikirlerini serbestçe savunarak, fakat keşfinin dinsel içermeleri üzerinde konuşmadan. Günmerkezlilik (heliocentrism), her iki alan için ortak olan bir konudur, dolayısıyla birbirleri arasında tartışmalar yapılabilir. Nesnel gerçekler, Dünya'nın güneş etrafında döndüğünü göstermektedir. Bu gerçek, her iki yetki alanı tarafından da benimsenebilir, fakat bunun dini yorumu, bilimsel itiraz olmaksızın dinin yetki alanına bırakılmıştır.

Şahsen ben, inançlara saygıya ve bilginin ilerlemesi ile bilgiye hak ettiği değerin verilmesine dayalı bu huzurun insanlığa yararı olduğunu düşünüyorum.

Dinsel olan şey saygıyı hak eder ve bilimsel bilgi, onunla bütünleştirilebilir; birinci derecede önemli olan nokta, iki dünya arasındaki uyumdur. Kanıtlanabilir gerçekler üzerine artık hiçbir dinsel doktrin (örneğin Gould'un savaştığı İncil yaratılışçılarının doktrinleri) dayatılmayacaktır, dini düşünceler üzerinde bilimsel doktrinler olmayacaktır.

Katolik olan Teilhard de Chardin ve Papa John Paul II, liberal Protestan kiliselerin ilahiyatçı birlikleri ve bazı Kuran okullarının her biri, son yüzyılda meydana gelen olağan dışı bilimsel ilerlemeleri kendilerine göre içselleştirmişlerdir. Kendinizi bu gerçeğe ikna etmek için, aşağıdaki alıntıyı okuyunuz, sonra da bu satırların yazarının kim olduğun kitabın sonundaki nottan öğreniniz:

> Günümüzde, ... yeni bilgiler evrim kuramı için birden çok varsayımın mevcut olabileceğini ortaya koymuş bulunmaktadır. Bu teorinin, çeşitli bilgi alanlarında gerçekleşen bir dizi keşfin ardından araştırmacılar tarafından giderek artan bir şekilde kabul görmüş olması, dikkate değer bir durumdur. Bağımsız şekilde yürütülen çalışmalarda elde edilen sonuçların ne hedeflenen, ne de üretilen çakışması, kendi başına bu teorinin lehine önemli bir kanıt oluşturmaktadır.[53]

Tamamen dürüst davranmış olmak için, dini doktrinlerin yasa yerine geçtiği bir ülkede veya yaratılışçılar veya akıllı tasarıma inananlar ile bilim insanları arasındaki ölümcül çarpışmaların bıraktığı yaraların henüz iyileşmemiş olduğu ABD'de yaşıyor olmayan biri için, yaşamın doğuşunu ders olarak vermenin yaratacağı sorunların ortadan kalkmış olduğunu söylemeliyim. Avrupa'da Katolik, Anglikan ve diğer Protestan kiliseler, evrimi öğretmeyi bir *casus belli*, bir savaş nedeni ilan etmemişlerdir. Hatta bana sorarsanız, münakaşalar sona erdiği için, evrim kuramının öğretilmesi biraz ihmal dahi edilmektedir. Bu kuram, bilim tarihinden, doğa tarihinden ibarettir – biyolojinin redüksiyoncu temalarının bağlamı içerisinde pek moda sayılmaz. İnanılmaz gelebilir, fakat Nice Sophia Antipolis Üniversitesi'nde biyoloji ilk yıl öğrencilerine ekoloji dersi sırasında evrim mekanizmalarından bahsettiğim zaman (2004 yılından önce evrim dersi vermiyordum), büyük bir bölümünün Lamarck ve Darwin'in evrim mekanizması üzerindeki görüşlerine ait iki cümleyi bir araya getiremediğini görerek şaşırmıştım.

Dinler, felsefeler ve ideolojik akımlar saygıdeğer ve yararlı olabilir. Genellikle çok eski bir geçmişin mirası olan törenler, simgeler, gelenekler, diller ve doktrinler tarafından desteklenen manevi, ahlaki ve politik değerler, erkek ve kadınları, toplumları ve vatandaşları belli davranış çizgilerinde veya ortak tutkularda birleştirebilir. Aslında biyolojik ilerleme, insanlık için bu denli yararlı olan bu de-

ğerlere karşı değildir; bu değerler, evrime ilişkin bilimsel ilerlemelere değer dahi katabilir. Yaşam tarihinin anlaşılması, eğitimle ve dur durak bilmeksizin değişen, çoğalan ve gelişen bilgi ile artar. Bu bilgiler, doğa karşısında yaptığımız yanlışlıkları daha iyi irdelememiz ve çocuklarımız için daha iyi bir gelecek bırakmamız açısından giderek artan bir gereklilik kazanmakta. Bu yüzden, insanın doğa karşısında giderek artan hakimiyetinin yıkıcı devingenliği içinde, bilimsel keşiflerin ortak bilgi ve prensiplerle bütünleştirilmesinin engellenmesi, insanlık için tehlike yaratmaktadır. Çağın gereksinimlerini karşılamaktan uzak bazı kemikleşmiş doktrinlerin bilmesinlerciliği, bireyleri karalamaktan veya bilim ile en koyu kökten dinciler arasında mevcut uçurumu genişletmekten başka bir işe yaramayacaktır.

Aynı şekilde, yetki alanlarının içinde bulunduğu barışın, astroloji ile kadercilliğin karışımı olan tezler üreten ve bunları kozmoloji ve DNA'nın sahte parlaklığı içinde sunan fırsatçı gurulara meydanı boş bırakmaması gereklidir. Akıllı tasarımın bilimsel gerçekleri (evrimin aşamalarını) dini bir inanç – üstün bir gücün evrimi günümüzdeki yaşamın insanın yaratılışı ile taçlanmış olağanüstü karmaşıklığına doğru tek başına yönlendirebileceği yolundaki inanç – ile ilişkilendirmekte bir ölçüde politik başarı sağlamış sözde bilimsel peygamberlerini bu kategoriye yerleştiriyorum. Bilimsel bilgilerin dinselliğin içine yerleştirilmesi elbette arzu edilir, fakat bilimsel görüşlerin gizemli doktrinleri süsleyerek güzelleştirmek için cila olarak kullanılması, acınacak bir davranıştır. Eğer mezhepler inananları bir araya getirmek için sözde bilime dayalı bir ruhsal bilmesinlerciliği dayatmak istiyorlarsa, NOMA Barış Antlaşması'nı ihlal ediyorlar demektir. Bir fikir savaşı başlatmak biyologlara göre değildir, fakat onların elinde önemli bilgiler mevcuttur. Ayrıca onlar, bu bilgiyi dağıtmakla da yükümlüdürler. Onlar, müritlerinin inançlarını daha da koyulaştırmak için uydurma bilimlerden destek alarak onları yanlış yönlendiren bazı dini toplulukları kızdıracak hassas konular hakkında da olsa, bilgilerini ve keşiflerini serbestçe paylaşabilmelidirler. Şarlatanların bilimsel saçmalığının maskesini indirmek ve evrim hakkındaki bir hikâyede bilim ile dinsellik arasındaki ayrımı vurgulamak da, bilgiyi ileri götürenlerin meşru rollerinin birer parçasıdır.

Bir gün laboratuarımda bir algi mikroskop altında tanımlamam gerekmişti. Bu bölümün müsveddesini yeni tamamlamıştım ve hâlâ biyolojideki gelişmelerin felsefe ve ilahiyat alanlarında yol açtığı bütün serpintiler üzerine hayal kurmaktaydım. Alglerin etrafında değişik şekil ve renklere sahip minicik hücreler dolaşmaktaydı. Bu küçük, hareketli yaratıklara karşı bir hayranlık duyarak, onları keşfetmekten, tanımlamaktan, sergilemekten ve yorumlamaktan büyük bir

zevk alacağını düşündüm. Kendimi Van Leeuwenhoek'in yerine koydum. İşte bir tanesi, çabuk! Resmini çizmeliyim, diğerleri ile karşılaştırmalıyım, yaşam döngüsünü anlamalıyım. Bu, inanılmaz ölçüde heyecan verici olmalıydı! Doğadaki her sıvının içine bakmış, yaşam aramış olmalıydı. Bir sürprizden diğerine geçmiş olmalıydı.

Hareketli mikroskobik hücrelere bakarken, yüzeyin hemen altında genç Van Leeuwenhoek'in elini bir gökkürenin üzerinde gezdirdiği veya harita üzerinde bir mesafeyi ölçek pergeli ile ölçtüğü iki Vermeer resmini gördüm. Hayalimde onu, bu garip yaratıkları ilkel mikroskobunun yardımıyla ayırt etmeye çalışırken canlandırdım. Hiç şüphe yok ki, çeşitlerinin çokluğu karşısında hayrete düşmüştü.

Atom fizikçilerinin simgesel bir ustaları vardır: Albert Einstein (1879-1955).[54] Fotoğraflarının birinde, dilini çıkartmış vaziyette görüntülenmiştir. Bu, en üst düzeyde bilgiyle birleşmiş insan sadeliğinin simgesel bir görüntüsüdür. Bana sorarsanız, geçmişin ünlü biyologlarını hatırlamak için Van Leeuwenhoek'in Vermeer tarafından yapılmış huzurlu portrelerini Darwin'in endişeli, ciddi bakışlarının veya Crick ve Watson'un alelade siluetlerinin fotoğraflarına tercih ederim.

Vermeer'in *Astronom* adlı eseri, Paris'te Lovre Müzesi'nde sergilenmektedir. Eğer görme fırsatı bulursanız, sonsuz derecede büyük olanı temsil eden ve bilimsel bilginin bir simgesi olan gökküre üzerinde gezinen sağ elinin zarif hareketine dikkat edin. Buna karşılık, sol eli, sıradan, günlük eşyalarla dolu masanın üzerinde durmaktadır. Ayrıca Van Leeuwenhoek'in arkasında, Musa'nın sudan çıkartılışına ait bir betimlemeyi de görmelisiniz. Firavun'un bütün erkek Yahudi çocuklarını öldürmek yolundaki korkunç kararından kurtarmak için, bebek Musa'nın bir sepet içinde Nil sularına bırakıldığını hatırlamanız önemlidir. Onu Firavun'un kızı kurtarmış ve evlat edinmişti. Bu hikâye, ilk anlatılışından bu yana, iki düşman arasındaki uzlaşmanın simgesel bir görüntüsü olarak yorumlanmıştır. Bu nedenle, ben bu resimde ruhani ve bilimsel yetki alanlarının uzlaşmasını görürüm. Bu münasebetle Vermeer, insanoğlunun sonsuz büyüklükteki gök kubbe ile hayvan ve bitkilerden meydana gelen yaşamın mikroskobik dünyasını birlikte algılamasını büyük bir incelik ve nezaket içinde, sonsuza kadar canlandırmıştır.

Yaşamın hücresel ve moleküler boyutlarına ilişkin soyut keşiflerin, onun evrimi üzerindeki keşiflerle birlikte dokunması gerekir. Genetik mutasyonlar ve karışma ile birlikte doğal seçilim, rastlantısal ya da beklenmeyen üç olaydan meydana gelen bir dizi oluşturur. Bu mekanizma, o anda etki etmekte olan fiziksel ve kimyasal güçleri, yaşam ortamını, rakipleri ve geçmişin deneyimlerini dikkate alarak, yaşamın her anını şekillendirmiştir. Bunlar hep birlikte türlerin za-

man içinde nasıl değiştiğini, nasıl evrim geçirdiğini açıklamaktadır. Lamarck'ın "Türler zaman içinde değişir" sözü aslında evrimi tarif etmektedir ve artık ne sadece bir görüşten ibarettir, ne de etrafı belirsizliklerle sarmalanmış bir varsayımdır. Bu, kanıtlanmış bir gerçek, bir biyoloji yasasıdır. "Yaşam evrim geçirir", bir görüş değil, bir kuramdır!

Bitkilerin ve hayvanların evrimi sırasında her şey, tek hücrelerin ortaya çıkmasına yol açan ilk örneklerle başladı.

Yoğunluköl̇çer

Hayvan ve Bitki Yaşamının İlk Gelişmesi: Tarihi Bir Soruşturma

Vermeer'in *Astronom* ve *Coğrafyacı* tablolarına gerçekten Van Leeuwenhoek mi modellik etmişti? Zaman geçtikçe, onların dönemine ait yeni öğelerin keşfedilmesi de daha seyrekleşiyor; kanıt kaynakları kuruyor. Bu nedenle, elde birikmiş olan bilgilere karşılık gelen en iyi varsayımı biraz tereddütle de olsa, kabul etmek zorundayız. Bu özel durumda ise, birkaç belirti hep birlikte aynı sonuca götürüyor: Vermeer'in modeli, gerçekten Van Leeuwenhoek idi.

Yaşamın Tarihini Yeniden Kurgulamayı Sağlayacak Kanıtlar için Dört Kaynak

Bütün tarihçiler, kanıtların zaman içinde erozyona uğraması yüzünden bu tür belirsizliklerle yüz yüze gelirler. Yaşam tarihinin yeniden kurgulanmasında, dört farklı tür veri koleksiyonu kılavuzluk etmektedir.

İlk koleksiyon, günümüzde biyolojik çeşitliliği meydana getiren milyonlarca türün şekilleri, anatomileri, hücreleri, işlevleri ve davranışlarından meydana gelmektedir. Bu özelliklerin hepsi, yaşamı nitelendirir. Bunlar, on sekizinci yüzyıl

sonlarından itibaren günümüzün türlerini adlandırmamıza olanak sağlamışlardır. Bunlar, çoğunlukla gerçek soysal ilişkilere işaret eden farklılıklara veya benzerliklere göre sınıflandırılırlar.

İkinci veri kitlesi, yaşamın genetik bilgilerinden meydana gelir. Bu veri kaynağı, son zamanlarda (yarım yüzyıl önceden bu yana) daha fazla kullanılmaktadır. Temeli, bir gerçeğe dayanır: Her organizmada genetik bilgilerin malzemesi olan DNA bulunur. DNA, dört harfli (her harf, DNA'yı meydana getiren dört temel molekülün adının baş harfidir) bir alfabe ile kodlanmış bir metin olarak düşünülebilir. Genlerin, tıpkı kodlanmış metindeki paragraflara benzer bir şekilde, organik molekülleri, proteinleri inşa etmek için gereken talimatları temsil ettiği belirlenmiştir. Proteinlerin nitelik ve eylemleri, yaşamın bütün niteliklerini belirler. DNA da bir fosilleşmiş bilgi birikimidir. Aslında, geçmişte genetik şifrede meydana gelen her değişiklik, çok az değişikliğe uğrayarak biriktirilmiş ve saklanmıştır. Genlerimizin çoğunun bütün memelilerin taşıdığı genlerle, bazılarının da daha basit organizmalarla aynı olmasının nedeni, budur. Dolayısıyla, DNA'nın yaşam tarihini yeniden kurgulamak niyetiyle incelenmesi, bir metnin içinde intihal mevcut olup olmadığını araştırmak amacıyla ayrıntılı şekilde incelenmesine benzer. İki modern türün DNA'sını karşılaştırırken bir yandan birbirinin aynısı veya birbirine çok benzer olan parçaları (uyuşanları), diğer yandan da genlerin anlamını (hangi özelliklere karşılık geliyorlar?) ararız. İlişkiler veya ayrılıklar üzerinde karar, bu şekilde verilir. Benzer şekilde, türlerin birbiri ardına meydana gelen dönüşümleri, mutasyonların düzenli şekilde birikmesi (bakınız bölüm 5) sonucunda belirlenen bir ritme sahiptir. Bu ritim, ayrışmaların meydana geldiği tarihlerin tahmin edilmesine olanak sağlar (eski dönüşümlerin tarihlenmesine olanak sağlayan bu moleküler yönteme *biyolojik* veya *moleküler saat* adı verilir).

Bu ilk iki veri kaynağını kullanarak, yaşamın soy ağaçlarını yeniden oluşturabilir ve günümüzdeki türleri aralarındaki evrimsel ilişkilere göre gruplandırabiliriz.[1]

Üçüncü veri türü, paleontologların kazıp çıkartarak incelediği fosiller tarafından sağlanmaktadır. Son birkaç on yıl içinde fosillerin tarihlenmesi ve içlerindeki maddelerin incelenmesi için uygulanan yöntemlerde büyük ilerlemeler kaydedildi. Bu nedenle, bunlar yaşam tarihini yeniden kurgulamak için zamanı güvenilir şekilde belirten kilometre taşları olarak kabul edilebilirler. Geçmiş yaşama ilişkin bu tür bilgiye, daha önce anlatılan iki soruşturma yolu ile ulaşmak mümkün değildir. Örneğin, dünyada dinozorların yaşamış olduğu sonucuna mevcut

yaşamın çeşitliliğini veya modern organizmaların DNA'sını inceleyerek ulaşamayız.

Dördüncü veri kaynağı, kendisinden önceki bütün bilgi türleri ile ilişkilidir. Hem geçmişte geçerli olan (jeologlar tarafından belirlenir) çevre koşullarını, hem de modern türlerin bu koşullara karşı davranışlarını dikkate alır. Bu kaynak, geçmişin ekolojisidir – *paleoekoloji*. Hayvan ve bitki örtülerinin uzak geçmişte meydana gelen dengeleri, basit ekoloji kuralları dikkate alınmak suretiyle çıkarım yapılarak tekrar kurgulanabilir.

En iyi evrim senaryoları, bu veri tiplerinin dördünü de dikkate alır. Bununla beraber, Vermeer'in yaşamını elinden geldiği kadar iyi şekilde tarif etmek zorunda kalanların başına geldiği gibi, doğa tarihçileri de zaman içinde ne kadar geriye giderlerse, gerçeğin ayırt edilmesinin o kadar zorlaştığını gözlemlemektedir. Yine de, eğer bizi çevreleyen yaşam, sırlarının çoğunu gözler önüne sermişse, genetik bilgi arşivlerinin şifreleri hâlâ çözülmektedir ve fosillerin hepsinin keşfedilmesi daha çok uzun bir zaman alacaktır. Yaşamın tarihi konusunda yarın daha fazla bilgiye sahip olabileceğimize ilişkin gerçek ümit, bugün çelişkiye düşmek korkusu ile bizi aşırı tedbirli davranmaya yönlendirmemelidir. Bugünün bilgilerini bütünleştiren hayal gücü, yarının keşiflerine yön verebilir.

Bitki ve Hayvanlarda Evrimin İlk İki Milyar Yılı

Yaşamın evrimi konusundaki incelemelerin büyük bir bölümü, son 570 milyon yıl içinde birbiri ardından Dünya üzerinde görülmüş olan türlerle ilgilenmektedir. Bu dönemdeki yaşam yolları, bol miktarda bulunan taşlaşmış kalıntılar sayesinde giderek artan bir kalitede yeniden kurgulanmaktadır. Bunun aksine, hayvan ve bitkilerde evrimin ilk iki milyar yılı (yani bundan 2,7 milyar ila 0,57 milyar yıl öncesi), gizemini korumaktadır.[2]

Yaşamın çok eski tarihlerdeki gelişiminin kronolojisi, çok ayrıntılı şekilde incelenmelidir. Mevcut güvenilir ve ender bilgilere bakmalı, bunları hep birlikte tutarlı bir senaryo içine yerleştirmeliyiz. Çeşitli disiplinlerden gelen bilgilerle yüzleşmeli ve daima kendi konumuza geri dönmeliyiz. Bu, tıpkı esrarengiz Vermeer'in yaşamını sabırla yeniden kurgulayan sanat tarihçilerinin başardığı özenli işe benzer. O işi üstlenenler, Vermeer'in usta bir sanatçı olarak katıldığı, sanatçılar ve tüccarlar arasında kurulmuş bir birlik olan Delft Saint Luke Esnaf Birliğinin arşivlerinde, satış kataloglarında, evlenme ruhsatlarında veya doğum ya da ölüm belgelerinde bulunan birbirinden çok farklı türde kanıtlardan yola çıkarak

Vermeer'in yaşamının farklı aşamalarını tanımlamışlardı. En sonunda, bu iki tabloya modellik yapan adamın ismini belirleme olanağı buldular: Van Leeuwenhoek. Ayrıca, bu öğelerin hepsi, yazar Tracy Chevalier'in *Girl with a Pearl Earring* adlı romanında gerçekçi bir hikâye yaratmasına da olanak sağladı.[3]

Bir sanatçının ünü, eserlerine verilen değerle ilişkilidir ve tarihçileri o sanatçının yaşamını incelemeye yöneltir. Yaşamın tarihi konusunda ise, araştırmacıları Dünya üzerindeki yaşamın geçmişini yeniden kurgulamaya iten şey, en başta evrim varsayımlarının ortaya çıkması olmuştur. On dokuzuncu yüzyıl sonları ve yirminci yüzyıl başlarında bu çabayı gösteren birkaç araştırmacı, Dünya üzerinde yaşama ilişkin çok eski zamanlara ait kanıtların yokluğunun ve çok çeşitli hayvanların ve alglerin birdenbire - 570 ila 520 milyon yıl öncesine tarihlenen kayalarda - ortaya çıkışının oluşturduğu sorun karşısında şaşkına dönmüştü. Bu nedenle, *Türlerin Kökeni* kitabının ortaya çıkışını izleyen yarım yüzyıl boyunca, 570 milyon yıldan öncesine tarihlenen sadece üç tip fosil organizma tanımlanmış, bunlar da hemen itirazlarla karşılanmıştı.[4] Darwin'in bazen kendi evrim kuramından şüphe etmesinin nedeni, buydu - gerçek bir başlangıcın eksikliği, karmaşık organizmaların aniden ortaya çıkışından önce basit türlerin ortada olmaması durumu söz konusuydu. Bazı bilim insanları bir orta noktayı savundular: Evet, türler değişmiş, bir türden diğerine doğru evrim geçirmişti, ama ortaya çıkışları öylesine ani olmuştu ki, orijinal biyolojik çeşitliliği sadece Tanrı bir hamlede yaratabilirdi. Bu nedenle, Kambriyen döneminden (550 ila 480 milyon yıl öncesi) önceki dönemin tümü Azoik dönem olarak adlandırıldı: Yaşamın olmadığı dönem.

Daha eski organizmaların taşlaşmış kalıntılarının toprak üstüne çıkartılması, ancak yirminci yüzyılın ikinci yarısında gerçekleşebildi.[5] Ve şimdi, yirmi birinci yüzyılın başında, araştırmacılar 2,1 ila 0,57 milyar yıl önce yaşamış olan bakteri dışı birkaç yüz değişik organizmanın minicik şekillerine ait izleri keşfediyorlar. Bunlar, hayvanların ve bitkilerin erken bir tarihte ortaya çıktığına şahitlik ediyor.

Binlerce yıl önceye uzanan güvenilir verilerdeki bu kıtlık, bizi dikkatli davranmaya itiyor. Bu döneme ait fosilleşmiş organizmaların çoğu, sadece tek bir hücreden meydana geliyor. Her biri, araştırmacıya haykırıyor: Bu bir bakteri hücresi mi? İlk örnek bir hayvan veya alg hücresi mi? Yoksa dinlenme dönemindeki bir alg veya bir hayvan yumurtası mı (hangisi olursa olsun, olgunlaşmış bireyler çok hücreli olacaktı)? Birbirine yapışık hücrelerden meydana gelen ve hepsi de aynı döneme tarihlenen çok nadir görülen hücre gruplarını yorumlamak için sorulması gereken başka sorular olduğu da apaçık ortadadır. Bunlar, bakteri hücrelerinden meydana gelen iplikçikler midir? Alg hücrelerinden mi? Hay-

van hücrelerinden mi? Sonsuza kadar ortadan kalkmış soylara mı aittirler, yoksa günümüzde yaşamakta olan soyların uzak ataları mıdırlar?

İlişkileri saptamak için elde yeterli miktarda ara örnek mevcut değildir.

Günümüzdeki çeşitli türlerden elde edilen genetik bilgilerin karşılaştırması, yaşam soy ağacının ilk dallarındaki çeşitliliğin yeniden kurgulanmasına olanak sağlamamaktadır. Moleküler bilgilerden yola çıkarak yapılan soysal yeniden kurgulamaların güvenliği, karşılaştırılan türlerin sayısına ve bunların ne ölçüde temsil yeteneği taşıdığına bağlıdır.[6] Şurası muhakkak ki, günümüzde mevcut bitki ve hayvanlar, yüz milyonlarca yıl önce var olan bütün soyları temsil etmemektedir. Bunun yanı sıra, organik maddeler sadece birkaç bin yıl süre korunmaktadır; en eski DNA, 100.000 yıl sonra büyük ölçüde bozulmaktadır.[7] Bu nedenle, yaşam tarihi içinde bir yer sahibi olmuş fakat sonra ortadan kalkmış olan yüz milyonlarca türün büyük bir kısmının taşıdığı genetik bilgiler, sonsuza kadar erişilmez durumda kalacaktır,[8] çünkü yaşamakta olan türlerin genetik bilgilerinden yola çıkılarak soyların yeniden kurgulanması, taraflı olacaktır. Bu bilgiler, sadece *günümüzdeki* türler ile *onların* uzak atalarının geçmişteki farklılaşmalarının tarihleri üzerine bir fikir verebilir.

Bunlar gösteriyor ki, hayvan ve bitki yaşamının altıda beşini toplamak için ileri sürülen her varsayımdan sonra, yeni bir keşif tarafından yalanlayıcı nitelikte bir gerçeğin önümüze gelmesini beklememiz gerekmektedir. Bununla birlikte, mevcut büyük belirsizlik ortamı içinde, bu gizemli dönemdeki yaşama ait kalıntılara ilişkin olarak son zamanlarda yapılan keşiflerin büyüklüğü, içinde hayal gücü ve sezgilerin büyük rol oynadığı varsayımların yapay olarak odaklanmasına yol açmıştır (bilim insanları, böyle durumlara spekülasyon adını verirler). Bu gibi durumlarda yanılgıya düşmek, bir günah değildir. Düşüncenin tarih boyunca gelişimi sırasında, deneysel bilimler basit çıkarımlar yapılmasına izin vermiştir. Senaryoların değeri, sadece güvenilir fakat kıyaslanamaz olan geçici bilgiler karşısındaki mantıklarına bağlıdır. Benim burada üstlendiğim çalışma da, budur.

Yaşamın Şafağında Hayvanlar ve Bitkiler Mikroskobik Boyutlardaydı

Başlarken, tek hücreli hayvan ve bitkilerin şafağından önceki durumun bilançosunu çıkartmamız gerekir. Bölüm 2'de yaşamın kökenine dair varsayımları anlatmış ve neredeyse bir milyar yıl boyunca sadece bakteriler tarafından temsil

edilen yaşamın en eski izlerine ilişkin verilerden bahsetmiştim (tartışmalı olsa da, 3,8 milyar yıl öncesine tarihlenen bakteriyel moleküller ve 3,5 milyar yıl öncesine tarihlenen fosil bakteriler keşfedilmiştir; giderek artan bir sıklıkta 3,5 ila 3 milyar yıl öncesine tarihlenen ve itiraz edilmeyen bakteriyel kalıntı keşifleri de yapılmaktadır).

Paleontologlar, bu fosiller arasında yaşamlarını ışığa borçlu olan (mikroskobik bağımsız hücreler veya benzer hücrelerden meydana gelen iplikçikler tarafından temsil edilen) "bitki benzeri" bakteriler bulunduğunu belirlemişlerdir. 2,7 milyar yıldan epeyce önce bunların sayısı öylesine artmış ve bütün deniz ve okyanuslarda öylesine yaygınlaşmışlardı ki, içinde yaşadıkları suyun üst tabakasının oksijenle yüklenmesini tamamlamışlardı.

Oksijenle yüklenmiş yüzey sularında evrim geçiren bu bakterilerin arasında bitki ve hayvan hücrelerinin ilk örneklerinin doğumu gerçekleşti.[9] Bölüm 4'te bu ilk örneklerin oksijenle yüklenmiş bir ortamda solunum yapmaya olanak sağlayan eski bakteriler olan mitokondrileri nasıl elde ettiklerini anlatmıştım. Ayrıca, bakterilerin kaynaşmasından çıplak gözle görülemeyen (tek hücreli) hayvan ve bitki yaşamının nasıl ortaya çıktığını da açıklamıştım. Eklenme veya bakterilerin kaynaşmasından kaynaklanan bu yaratılış, 2,7 milyar yıldan daha önce başlamış olabilir.

Bu kuram, bir gözleme dayanır. Biyokimyacılar, Avustralya'da bulunan ve bu döneme tarihlenen karbon ve hidrojen açısından zengin hayvan veya bitki kökenli doğal organik ürünlerde yalnızca bakteri dışında kalan organizmalar tarafından üretilebilecek moleküller bulunduğunu keşfettiler.[10] Bu kalıcı izleri bırakan hayvan veya bitki ön örneklerinin çok küçük ve yumuşak olması, öldükten kısa bir süre sonra eriyip giden tek hücrelerden meydana gelmiş olması gerekir. Bakterilerin bıraktığı izlere kıyasla daha "asil" olan belirli bazı moleküller dışında, yaşamlarına ilişkin elle tutulabilir hiçbir işaret bırakmamış olmalarının nedeni, budur: Hayvan ve bitki yaşamının doğumunu gösteren çelimsiz izler!

Bunların ortaya çıkış zamanı, oksitlenmiş minerallerin izlerinde meydana gelen dikkat çekici bir artış ile çakışmaktadır.[11] Bu oksitler, suyun üst katmanının bitki benzeri bakteriler tarafından giderek artan bir şekilde oksijenle yüklendiğini göstermektedir. Bunların yaratılışı yalnızca oksijen yüklü bir ortamda mümkün olabileceği için, bu görüş ilk hayvan ve bitki hücrelerinin ortaya çıkışı konusunda tahmin edilen tarihi desteklemektedir.

Büyük organizmaların ilk örneklerine ait ilk fosil kalıntılar, son derece şaşırtıcıdır. Bunların, 2,1 milyar yıl öncesine tarihlenen en eskileri Afrika kıtasında

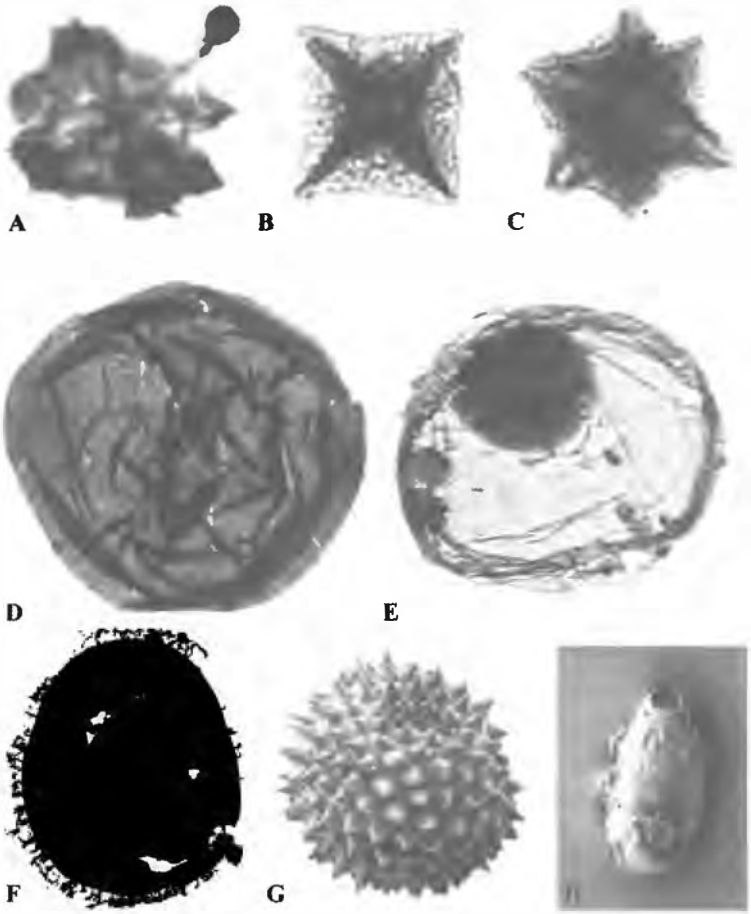
Gabon'da bulundu. Boyları 12 cm'ye kadar varan bu kolonileşmiş canlılar, organize olmuş popülâsyonlar olarak yorumlandı. Bunların, koloni halinde yaşayan ya da çok hücreli bakteri alg veya hayvan[12] olup olmadıklarını bilmiyoruz. Diğerleri ise 1,87 milyar yıl öncesine tarihlendiler. Bunlar, spiral boru şeklindeydiler ve kolaylıkla görülebilecek kadar büyük (hemen hemen bir parça ince spaget-ti büyüklüğünde) ve tümüyle parçasızdılar (birbiri ardına dizilmiş hücreler değildiler) (bakınız şekil 16d). Birbirine çok benzeyen, dünya üzerinde bir milyar yıl boyunca dayanan, fakat sonra tümüyle ortadan kaybolan bu yaşam şekilleri, paleontologları şaşkına çevirmiştir.[13] Bunlar, fosilleşmeyecek kadar ince ara duvarlara sahip bakteriyel hücre dizileri miydi? Yoksa günümüzde mevcut birkaç yüz tür gibi, çok sayıda çekirdek içeren tek hücreli bir alg miydiler?

Ortaya çıkan diğer tipler, bilinen bütün bakterilerden farklı minik organizmalardı. Taşlaşmış bu hücreler, en büyük bakterilerin çapının iki katından daha büyük (0,02 ila 0,2 milimetre) bir çapa sahiptir (Şekil 15E). En eskileri, 2,5 milyar yıl öncesine tarihlenir.[14] Dünyanın büyük bölümünde bunların ortadan kaybolu-şundan sonraki 1,5 milyar yıl içerisinde şekillenmiş kayaların içinde pek çok benzer fosil keşfedilmiştir.[15]

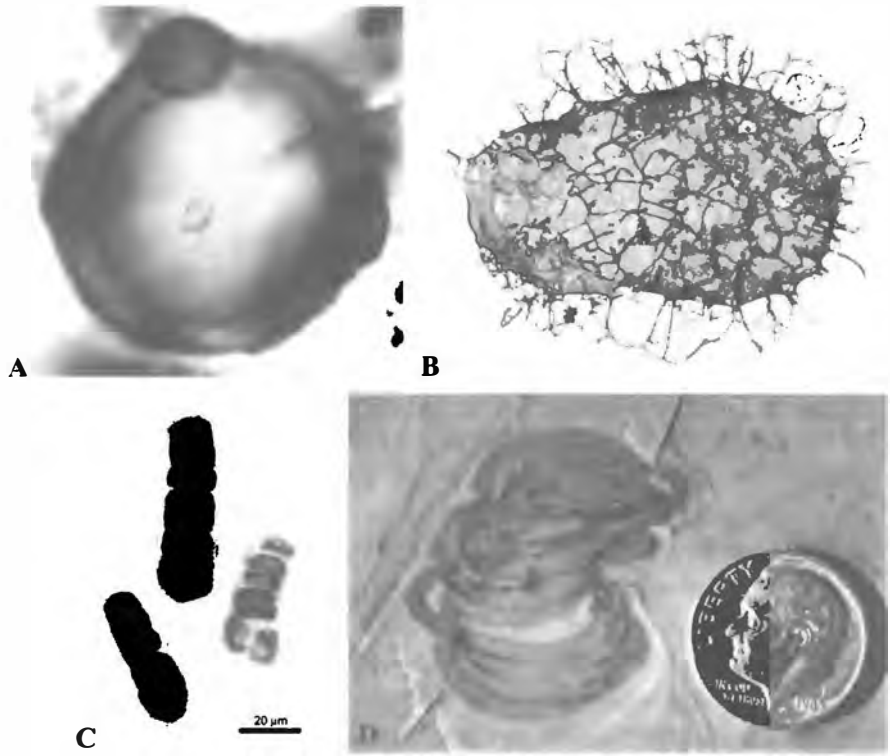
İlk çok hücreli bitkiler, 1,2 milyar yıl yaşındaki kayaların içinde görülmektedir (Şekil 16C).[16] Ancak, bu nadir fosilleşmiş algler, sadece birbirinden çok uzak birkaç alanda bulunmuştur.

Bu döneme (2,7 ile 0,85 milyar yıl öncesi arasında) tarihlenen kayalarda hiçbir hayvan benzeri (organik maddeyi veya avını yutmuş) organizma fosili bulunmamıştır. 850 ila 742 milyon yıl yaşındaki kayaların içinde kalın bir kapsül tarafından korunan dışbeslek tek hücreli canlıların fosilleri bulunmuştur; bunlar, modern amiplerin ataları olarak sınıflandırılmışlardır (Şekil 15H).[17] İlk çok hücreli hayvanların tarihlenmesi de iyice karışıktır. Yalnızca solucan benzeri hayvanların delikleri ya da tünellerinin izleri 2 ila 1,8 milyar yıl öncesine kadar tarihlenmiştir.[18] Fakat başka yazarlar, bu izlerin hayvansal kökenli olduğuna itiraz etmişlerdir.[19]

Bitki ve hayvan örtüsüne ait temsilcilerin belirgin şekilde yaygınlaşmaya başlaması, sadece 570 milyon yıl önce gerçekleşmiştir. Dünyanın her yanındaki 570 ila 520 milyon yaşındaki kayalarda, değişik hayvan örtülerine sahip dört ardışık katman belirlenmiştir.[20] Çıplak gözle görülebilen yaşam şekillerindeki bu ani artış, Paleozoik jeolojik dönemin başlangıcını ve Kambriyen dönemini işaretleyen yaşam patlayışı ile çakışmaktadır.[21]



Şekil 15. Hayret uyandırıcı büyük hücre şekilleri, muhtemelen mikroskobik tek hücreli hayvanların veya bitkilerin ilk fosilleri. *A*, 1,9 milyar yıl öncesine tarihlenen 0,02 milimetre çapında şemsiye şeklindeki bir hücrenin kalıntıları. (Fotoğraf J. William Schopf.) *B-G*, Bu büyük hücreler (çapları 0,02 ila 0,2 milimetre), acritarch olarak adlandırılırlar. Polen zerrelerininkine benzeyen sert bir hücre duvarları vardır (*B-E* J. William Schopf; *F* ve *G* Schuai Xiao.) *B* ve *C*, çapları (0,02 ila 0,03 milimetre) ökaryotlarınkine benzeyen köşeli hücre şekilleridirler. *D* ve *E*, yumuşak hücre duvarlarına sahip büyük (0,17 milimetre çapında) büyük hücrelerdir. *F* ve *G*, acritarch'larda çok karşılaşılan dikensi uzantılara sahiptir. *H*, 742 milyon yıl öncesine tarihlenen 0,1 milimetre boyunda tek hücreli bir hayvanın fosili. Vazo şeklindeki bir kapsüle ait bu kalıntı, amip şeklinde bir hücrenin içinde bulunuyordu. (Fotoğraf Susannah Porter.)



Şekil 16. İlk ökaryotik çok hücreli organizmalar ve çıplak gözle görülebilenler. *A*, En ilkel çok hücreli şekil, iki milyar yaşında. Büyük kese (0,02 milimetre uzunluğunda), hücrelerden oluşan bir saçakla sarılmıştır. (Fotoğraf J. William Schopf.) *B*, Olası mantar (ömiket), 800-900 milyon yıl öncesine ait. Büyük kesenin (0,3 milimetre uzunlukta) çevresindeki uzun iplikçikler, çok hücrelidir. Bu iplikçiklerin kaynaşması, günümüzün "yüksek mantarlarında" çok iyi bilinen bir olgudur. (Fotoğraf Nicolas J Butterfield.) *C*, Bu çok hücreli alg iplikçikleri, 1,2 milyar yıl öncesine tarihlenmiştir. Günümüzdeki *Bangia* soyundan kırmızı alglere çok benzemektedirler. (Fotoğraf Nicolas J Butterfield.) *D*, Çıplak gözle görülebilen bu parçasız iplikçikler, 1,874 milyar yıl öncesine tarihlenen kayalarda bulunmuşlardır. Bunlar, en eski ipliksi alg fosilleridirler. (Fotoğraf Bruce Runnegar.)

Çıplak Gözle Görülebilen Organizmaların Ortaya Çıkışı

Bu kısa tarihçe, yalnızca fosil kalıntıları ve onların tarihlerini kullanmaktadır. Varılan sonuçlardan biri ağır basmaktadır: Çıplak gözle görülebilen hayvan ve bitki yaşamının izleri 2,1 ila 0,57 milyar yıl öncesine tarihlenen kayalarda resmen fark edilse dahi, görülebilir çok hücreli yaşam şekillerinin ortaya çıkışı, görünüşe göre sanki bir güç hepsinin aynı zamanda ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu, 570 milyon yıl öncesinden birkaç on milyon yıl öncesinde olmuştur.

Görülebilir yaşamdaki bu ani yaratıcı patlayışı açıklayan, iki varsayım bulunmaktadır.[22]

1. Daha önce çok hücreli yaşam vardı fakat hiçbir iz bırakmadı.
2. Ani bir itici güç, çok hücreli yaşamın gelişmesine olanak sağladı.

Çok hücreli yaşamın daha önce de var olduğu yolundaki varsayımı doğrulamak için, 570 milyon yıl öncesine tarihlenen pek çok fosilin çok daha eski soylardan geldiğini göstermemiz gerekir. Bu amaçla yapılan çalışmalar sırasında, en eski taşlaşmış yaşam şekillerinin genellikle belirli bir özelliği paylaştıkları gözlemlenmiştir. Siyah karbon izleri bırakan yumuşak organizmaların ender bulunan birkaç fosil kalıntısının[23] yanı sıra, fosilleşen türler canlı oldukları sırada inşa ettikleri katı maddeler sayesinde korunmuşlardır. Bunlar, ya dirençli organik maddelerden yapılmış duvarlar (çiçekli bitkilerdeki polen taneciklerinin duvarları, tırnaklarımız veya ıstakozların kabukları gibi), ya da kalkerli yapılardır (kalsiyumu bağlayan algler hâlâ çok sayıda görülmektedir; hayvanlar arasında da yumuşakçaların kabukları, deniz kestanesi iskeletleri ve mercan iskeletleri, iyi tanınan örneklerdir). Bu katı maddelerin birikmeye başlaması, çok hücreli bitki ve hayvan örtüsünün evriminde daha sonradan (570 milyon yıl önce) ortaya çıktı. Bunların çökeltiler içinde saklanması, o sırada mümkün oldu. Bu yapıları elde etmeden önce, 2,7 milyar yıl önceden 0,57 milyar yıl önceye kadar geçen uzun süre içinde, çok hücreli organizmaların büyük bölümünün yumuşak ve korunmasız olduğu sonucunu çıkartabiliriz. Öldükleri zaman, organik maddeleri hiçbir iz bırakmaksızın suda çözünüp yok oluyordu.

Ayrıca, bu dönemde Dünya üzerindeki hareketler çok fazlaydı. Bu organizmaların çamurlu örtülerinin düzeni sık sık bozuluyor, yeniden şekilleniyor, erozyona uğruyor, gömülüyor, ısınıyor ve sıkışıyor, günümüzde keşfedilebilecek narin izler silinip gidiyordu.

Bir yandan ilk örnek yumuşak hayvan ve bitki örtülerinin gerçekten kötü şekilde fosilleşmesi, diğer yandan da Dünya'nın hareketlerinin bulanıklaşan yaşam

izleri üzerine yaptığı etkiler göz önüne alındığı takdirde, o zamanların orijinal hayvan ve bitki biyolojik çeşitliliğinin son derece küçük bir parçasını tesbit edebilmemize şaşırmamak gerekir. Fosiller, bize uzak geçmişteki gerçek canlı çeşitliliğine ilişkin olarak sadece taraflı bir görüntü verirler. Dolayısıyla, bir milyardan fazla yıl öncesine ait çok hücreli alglere ait fosillerin, bitkilerin karmaşık bir duruma doğru erkenden evrimleşmesinin az bulunur kanıtları olduğunu anlayabiliriz.

Pek çok araştırmacı, çok hücreli yaşam şekillerinin daha geç bir zamanda aniden ortaya çıktığı yolundaki ikinci varsayımı doğrulamak için yaşamın gelişip serpilmesine yol açmış olabilecek çok önemli bir ekolojik özellikten yararlanır. Onlara göre, oksijen konsantrasyonu çok hücreli yaşam ile uyumlu bir düzeye bundan ancak 600 milyon yıl önce ulaşabilmiştir.[24] Bu varsayımı kabul etmek için, oksijen açısından fakir bir çevrede tek hücreli ve mikroskobik boyutlarda kalmanın gerçek bir biyolojik avantaj sağlayacağını bilmemiz gerekir. Organizmaların boyutları üzerindeki bu çevre kısıtlaması, basit bir geometrik ilişkiden kaynaklanmaktadır. Bitki hücreleri, oksijeni (ve tuzları ve karbondioksiti) daha iyi emmek için, suyla temas eden yüzey alanlarını organizmanın bütün hacminin beslenmesi için yeterli olacak şekilde geliştirmelidirler.

Bu durumda, evrim basit bir geometri kuralı ile kısıtlanmış olacaktır: Herhangi bir geometrik cismin (küre, silindir, küp veya prizma) hacmi ne kadar büyük ise, yüzey alanının hacmine oranı o kadar küçük olur. Örneğin, bir küpün hacmi, bir kenarının küpünün fonksiyonu olarak, fakat yüzey alanı sadece bir kenarın karesinin fonksiyonu olarak büyür. Bu özelliği kolaylıkla gözünüzde canlandırabilirsiniz. Canlı maddeyi temsil eden bir şişe şarabı (veya gazoz ya da suyu) bardaklara tam dolduracak şekilde koyunuz ve bardakların ve hava ile temas eden sıvının toplam yüzey alanını şişenin yüzeyi ile karşılaştırınız. Sıvının hacmi tıpa tıp aynı olmasına karşın, bardakların ve hava ile temas eden sıvının yüzey alanının şişenin yüzey alanından çok daha fazla olduğunu kolaylıkla göreceksiniz. Bardaklarda dış yüzey alanının hacme oranı, çok daha büyüktür.[25]

Bu özellik, sahip oldukları tek beslenme yöntemi dış duvarlardan emme yolu ile olan (tek hücreli alglerde olduğu gibi) bağımsız hücrelerin gelişmesi için temel bir özelliktir. Bunların duvarlarının (bu duvarlar dışarısı ile madde alış verişi sağlayacak şekilde geçirgendir) yüzeyinin iç hacimlerine oranı, daima yüksek olmalıdır. Bu oran, fazla büyük canlı hacimlerin getirdiği bir sınırın ötesine geçildiği zaman, bir engel haline gelir: Artık, içerdeki maddenin yaşayabilmesi için gereken yeterli inorganik besinin ve gazın emilmesini sağlamaya yetecek kadar geçirgen yüzey yoktur. Bu eşik düzeyi, mikroskobik bir hacme karşılık gelir.

Bu nedenle, ister fosil, isterse günümüze ait olsun, tek hücreli plankton türü organizmaların büyük bir bölümünün çapı, bir milimetrenin onda birini geçmez. Tek hücreli bir organizma, şu anda tropik Pasifik Okyanusu'nun veya Akdeniz'in kristalize suları gibi, besleyici mineral konsantrasyonunun düşük olduğu sularda hayatta kalabilmek için, daha da küçük olmak zorundadır. Modern plankton türü bitki hücrelerinin bakterilerle aynı boyutta olmasının nedeni, budur; bunlar, nanoplanktonun (çapları 0,05 ila 0,005 milimetre) veya pikoplanktonun (çapları 0,005 milimetreden küçük) bir parçasıdırlar.

2,7 ila 0,57 milyar yıl önce, atmosferde ve okyanusların üst katmanlarında şimdiki oksijen konsantrasyonunun sadece yüzde 1 ila yüzde 10 kadarı vardı. Bu koşullar altında koloniler halinde örgütlenmek, bitkiler için kötü bir strateji olurdu, çünkü böyle bir biçim, yüzey alanının hacme oranını küçültürdü. Örneğin, birbiri ile birleşmiş iki hücreyi ele alacak olursak, hücrelerin birbirine temas eden yüzey alanları suyla artık temas halinde değildir ve bu durum, dışarısı ile malzeme alışverişi yapılabilecek yüzeyin azalmasına, böylece daha az oksijen alınmasına yol açar.

2,7 ila 0,85 milyar yıl önceki bütün dönem boyunca herhangi bir tek hücreli hayvanın mevcut olmaması, farklı bir şekilde açıklanabilir. Ancak ilk olarak, günümüzdeki içeriğin incelenmesi sonucunda hayvan ve bitki örtülerinin bütün tek hücreli temsilcilerinin bakterilerin birbirine eklenmesi (endosembiyoz vasıtası ile; bu konu bölüm 4'de anlatılmıştı) sonucunda ortaya çıktığını hatırlamamız gerekir. Hayvan ve bitki ilk örneklerinin ortaya çıkmasına yol açan bakterilerin birbirine eklenmesi sürecinde, hücrelerden (bir av yakalayan ve "hayvan" özelliklerine sahip olan) biri daima baskın çıkar, diğer hücre (genellikle bitki benzeri olan av) ise boyunduruk altına girer. Günümüzde bilim toplumu tarafından evrensel olarak kabul edilmiş bulunan bu endosembiyoz mekanizması, bitki ilk örneklerinin ortaya çıkışından önce tek hücreli hayvan ilk örneklerinin mevcut olduğu sonucuna olaşmamıza olanak sağlar.

Canlı veya hareketsiz mikroskobik avları kovalayıp yutabilmek için, bu tek hücreli hayvan ilk örneklerinin tıpkı günümüzde hâlâ mevcut olanların (bunlar, birkaç değişik soysal dalda ortaya çıkan ve protozoalar adı verilen bir organizma topluluğunun bir parçasını meydana getirirler) büyük bölümü gibi yumuşak gövdeli olması gerekir. Hücreyi sarmalayarak avı yutmaları ve daha sonra onları hazmedici sıvılarla eritmeleri, kabaca minik avlarını yutabilecek bir büyüklükte olmalarını gerektirmektedir.[26] Yumuşak, hareketli, tek hücreli avlara düşkün bu mikroskobik avcıların özellikleri, fosilleşmeye uygun olamazdı.

Bütün bu görüşler, çok eskilere ait (iyi fosilleşmiş ve sayıları giderek artan, 1,87 milyar yıl öncesine ve daha sonraki tarihlere tarihlenen) tek hücreli alglerin varlığının, aynı dönemde tek hücreli hayvanların da bulunduğu (0,85 milyar yıldan daha eski fosil henüz bulunmamış olsa da) anlamına geldiğini düşündürmektedir.

Kısacası, 2,7 ila 0,57 milyar yıl önce denizlerdeki yaşam koşulları altında, büyük olmak ya da koloniler halinde yaşamak, bir engel olurdu. Bu yöndeki herhangi bir dönüşüm, muhtemelen doğal seçilim tarafından yok edilmeye yol açardı. Gezegenimizdeki hayvan ve bitki yaşamının ilk altıda beşi sırasında mikroskobik ilk örneklere benzer bir büyüklüğü korumak, en iyi strateji olurdu.

Günümüzde dahi, oksijence fakir sucul yaşam ortamları, sadece bu düşman ortama tahammül edebilen tek canlılar olan tek hücreli organizmalara ev sahipliği yapmaktadır.

1,8 ila 0,57 milyar yıl öncesine tarihlenen çok hücreli alglere ilişkin son derece sınırlı keşifleri ve bu kadar çok sayıdaki çok hücreli türün hep birlikte Kambriyen döneminde (570 milyon yıl önce) ortaya çıkışını açıklamak için, bazı yazarlar içinde biyolojik çeşitliliğin evrim geçirmek üzere daha fazla zaman bulabileceği oksijence zengin bir (veya birkaç?) iç denizin varlığı konusunda varsayımlarda bulunmuştur. Kambriyen döneminin başlangıcında okyanuslar nihayet oksijene iyice doymuş olacaklar ve içinde çok hücreli hayvan ve bitki topluluklarının uzun zamandır evrim geçirmekte olduğu iç denizlerin açılması sonucunda aşılanacaklardı.

Bu teorilerin hepsi ilgi çekicidir; hepsi akılda bulundurulmalı ve kanıtlar ortaya çıktıkça sınanmalıdır. Gerçek, muhtemelen bir ara varsayıma karşılık gelmektedir. Şurası muhakkak ki, kalıntıları 570 milyon yıl öncesine ve daha sonraki zamanlara tarihlenen birkaç çökelti alanında bulunan çok sayıda çok hücreli hayvanın hepsi, aynı anda ortaya çıkmamıştır. Bunlar, küçük boyutlu ve yumuşak gövdeli yaşam şekilleri olarak başlayan çok hücreli türlerin soylarından gelmektedir. Evrimleri muhakkak ki önemli miktarda zaman gerektirmiştir. Çıplak gözle zar zor görülebilecek bir büyüklüğe erişmeleri için on milyonlarca veya yüz milyonlarca yıla gerek duymuşlardır. Bu antik hayvanlar, yavaş yavaş dönüşerek yerleşik bir yaşama daha uygun hale geldiler. Çeşitleri arttı ve kalıntıları şans eseri korunup biz onları keşfedinceye kadar sağlam kalacak fırsatı bulamadan, gezegenimizin her tarafına dağıldılar.[27]

Dolayısıyla, çok hücreli organizmaların gelişmesinin, gözümüzle görebileceğimiz büyüklükte kalıntıların birdenbire ortaya çıkışından (0,57 milyar yıl öncesinden başlayarak) çok önce başlamış olması gerekmektedir.

En ilkel modern hayvan soylarından elde edilen genetik verilerin incelenmesi ve yorumlanması, kaygı uyandırıcı sonuçlar ortaya çıkartmaktadır. Bu sonuçlar, evrimin antik tarihi üzerine bu yöntemin tek başına kullanılmasının getirdiği belirsizliği göstermektedir. Aslında, bazı yazarlara göre çok hücreli hayvan soylarının farklılaşması (ve dolayısıyla ortaya çıkışları) 1,2 ila 1,0 milyar yıl öncesine tarihlenmektedir.[28] Bu sav, çıplak gözle görülebilen hayvanların farklılaşmasının tahminen 670 milyon yıl öncesine tarihlenmesi gerektiğini öngören başka yazarlar tarafından reddedilmektedir.[29]

Geçmişte Suyun İçinde Yaşamak İçin Uygulanabilecek En İyi Stratejilere İlişkin Ekolojik Varsayımlar

Bu noktada, bu yaratılış tarihçelerini oluşturmama büyük ölçüde yardımcı olan bir insan tarihçesine kısaca döneceğim. En sevdiğim ressam olan Vermeer'in yaşamını hatırlatmak istiyorum. Aslında, Vermeer'in yaşamı epeyce gizemliydi. Varlığı, yaşadığı dönemden günümüze kalan çok az yazıda belgelenmektedir. Ve hepsinden önemlisi, çok az sayıda eser bırakmıştır. Uzmanlar, ona ait sadece 33 tablo belirlemiştir ve bunlardan sadece 3 tanesi imzalıdır. Biyografisini yazan bütün yazarlar, üretiminin neden bu kadar sınırlı olduğunu anlamaya çalışmışlar, bu durumu açıklama olasılığı bulunan amaç veya koşullar araştırmışlardır.

- Üretken olma gereksinimi hissetmeyecek kadar zengin miydi?
- Gerçekten birkaç mülkü bulunan bir toprak sahibinin kızıyla evlenmiş, fakat gırtlağına kadar borca batmış durumda ölmüş ve geniş ailesi (11 çocuğu vardı), eserlerinden birini elde tutabilmek için mücadele etmek zorunda kalmıştı (*The Art of Painting*).
- O kadar dışlanmış biri miydi ki, sanat simsarları onun eserlerine karşı ilgi duymuyorlardı?
- Borçlarını ödemek için tablolarından birkaç tanesini sattığını biliyoruz. Örneğin Vermeer'in tablolarını görmek için Delft'e gelen bir sanat simsarı, atölyesinde hiçbir tablo bulamamıştı; Sanatçının eserlerinden birini görebilmek için Vermeer'in fırıncısına gitmek zorunda kalmıştı. Bununla beraber, yaşam süresi içinde onu kendi zamanında Rembrandt kadar çok tanınan bir başka Hollandalı sanatçıyla, Carel Fabritius (1622-1654ile kıyaslayan ifadeler mevcuttur. Doğrusu, Vermeer sanatında mükemmelliğe ulaşmıştı; tanınmış, yaşadığı şehirdeki sanatçı ve simsar topluluklarında kabul görmüş ve Saint Luke Esnaf Birliği konseyine üye seçilmişti.

Vermeer'in cılız üretkenliği, daima gizemini koruyacaktır. Her ne kadar görünüşe göre koşullar ün kazanmasını sağlamış ve üretkenliğini kamçılayacak her şey yerine gelmişse de, yılda sadece iki veya üç tablo yapmıştır. 1672 yılında savaş ve Hollanda şehirlerinin Louis XIV tarafından ilhak edilmesi, düşüşünü hızlandırmıştır. 42 yaşında, bir kuruş parası olmadan ölmüştür.

Sorularımızın hepsi onun geçinmesi, davranışları, stratejisi, başarısı veya çöküşü ile ilişkilidir. Bu sorular, çok hücreli organizmaların ortaya çıkışının doğurduğu sorularla dikkat çekici şekilde benzeşmektedir. Aslında, paleontolog ve biyologlar da yaşama yöntemlerinin şifresini çözmeye çalışırlar. Bu nedenle, hayatta kalma stratejilerine ve davranışlara dair sorular, belirli bir çevredeki yaşamın dengesini anlamamıza olanak sağlar. Bahsettiğim olayda, her şey küçük ve tek hücreli kalmanın lehine imiş gibi görünmesine karşın bir sürü organizmanın başka bir yaşam tarzı seçmiş olmasının nedenlerini anlamamız gereklidir. Neden bazı türler büyük ve karmaşık bir hal aldılar? Bu soruların sorulması gerekir, çünkü gözle görülebilen yaşamın ortaya çıkışının zamanlaması veya oksijen konsantrasyonu ne olursa olsun, mikroskobik boyutlarda kalmak, denizlerde yaşamak için daima iyi bir strateji olmuştur.

Durumda meydana gelen bu değişikliğin nedenlerini açığa çıkartmak için, Dünya üzerinde 2,7 ila 0,57 milyar yıl önce yaşlamış olan organizmaların biyolojileri ve çevre koşulları ile ilgili verileri paleontolojik verilere eklemek zorundayız.

İlk olarak, yaşamın sadece suda var olduğunu hatırlamamız gerekir. Karada hiçbir şey yoktu: Her şey, inorganikti. İlk bitkilerin ve hayvanların nemli alanlarda koloniler kurarak karayı işgal etmeye başlamaları, 470 milyon yıl öncesine kadar bekledi.[30]

Görülebilir yaşam şekillerinin ortaya çıkışından önce sudaki yaşam, bakterilerden ve tek hücreli bitkilerle hayvanların ilk örneklerinden oluşan bir karışım halindeydi. Işık enerjisi, klorofilli organizmaların yaşamasına olanak sağlıyordu. İlk örnek hayvanlar, bitkileri yiyordu. Başlangıçta sayıca çok az idiler. Bu küçük dünya, sınırları açık şekilde çizilmiş tek bir yaşam ortamında kurulmuştu: Hem güneş ışığı alan ve hem de iyice oksijenlenmiş olan tek bölgede, okyanusun yüzey katmanında.

Bununla beraber, iki yaşam ortamını birbirinden ayırmak, önemlidir: Günümüzde gezegenin hemen hemen üçte ikisini kaplayan açık denizlerin 0 ile 100 metre arasında derinliğe sahip yüzey suları ve kıta sahanlıklarının üstündeki daha küçük kıyı tabanının üstündeki suları meydana getiren, 0 ile 50 metre arasında derinliğe sahip ince, lineer hacimler. Bu iki duruma iki yaşam şekli karşılık gelir:

- Açık okyanusların iyi ışık alan bütün yüzey katmanlarında deniz organizmalarının yaşamı daima başıboş, göçebedir.
- Kıta sahanlıklarının üstünde, özellikle 0 ile 50 metre arasındaki derinliklerde, yerleşik veya hareketsiz bir yaşam geçmişinin gelişmesi mümkün olmuştur.

Organizmaların deniz tabanı ile bağlantısının bulunmadığı açık denizlerin sulu ortamında besin zinciri, ışığa bağlı olarak gelişen daha alt bir düzeyden meydana gelir. Bunlar, plankton türü bitkilerdir (bitkisel plankton, ışığın nüfuz edebildiği 100 metreye kadar olan derinliklerde yaşayan bitki benzeri bakteriler ve mikroskobik tek hücreli bitkilerdir). Üst katmanlarda zooplankton adı verilen ve bitki hücrelerini yiyen minik hayvanlar bulunur.

Kıyılara paralel dar su şeritlerinde oksijenlenmiş deniz tabanı fotosentez için ne kadar fazla ışık enerjisi alırsa, o kadar çok miktarda ilkel çok hücreli (genellikle hücre kütleleri) organizmayı besleyebilir. Buralarda yerleşik veya hareketsiz organizmalar gelişmiştir. Bu yaşam şekli, şu organizmalar tarafından benimsenmiştir:

- Deniz tabanına yapışık tek hücreli bitki benzeri organizmalar (bakteriler veya alg ilk örnekleri).
- Deniz tabanına yapışık bitki benzeri bakteriler (stromatolit adı verilen pek çok fosil bırakmışlardır) veya birkaç alg soyu (570 milyon yıldan daha öncesine ait çok ender kalıntılar bırakmışlardır) gibi çok hücreli türler.

Çoğu 570 milyon yıl öncesine tarihlenen çökeltilerde bulunan ilk çok hücreli hayvanlar, genellikle deniz şakayıklarıyla, deniz analarıyla, mercanlarla veya süngerlerle akrabadır. Hepsi de suda asılı duran organik maddeleri yakalarlar. Başlangıçta bunlar çok küçüktüler ve tek hücreli plankton türlerini yiyerek beslenebiliyorlardı. Çoğunlukla dibe yapışık durumdaydılar, bu nedenle hep birlikte gelişimsel evrim yoluyla duvarlarına yakın mesafeden geçen avları yakalamalarını sağlayacak sistemler geliştirmek zorunda kaldılar. Bu sistemler, süngerler için bir emme ve filtre sistemi, büyük mercan ailelerinin üyeleri için ise dokunaçlar şeklindeydi.[31] Diğer türlerin bazıları solucan şeklindedir; bunlar, ilk leşçillerdir. Bunlar, deniz tabanında biriken, yutulabilecek bir malzeme katmanı oluşturan döküntüleri ve plankton leşlerini yiyerek yaşamlarını sürdürebiliyorlardı. Böylece, beslenme yöntemleri ne olursa olsun, bütün bu ilkel hayvanlar düzenli bir tek hücreli organizma kaynağına gereksinim duymaktaydılar.

Mantık yoluyla şunu kabul etmeliyiz: Çok hücreli yaşamın kıyı tabanında gelişebilmesi için, oralarda sadece oksijenin değil, aynı zamanda tek hücreli türler-

den oluşan yoğun, iyice yerleşmiş "otlaklar"ın da mevcut olması gerekirdi. Dolayısıyla, evrimi çok hücreli hayvanlara doğru yönlendiren şey, organik maddelerin iyi aydınlatılmış, oksijen içeren bir su katmanında birikmiş olmasıdır.

Şimdi, deniz alanının sınırlı parçaları olmakla beraber, çok hücreli yaşamın ilk örneklerinin evrimleşmesi için ana atölye görevi görmüş olan bu kıyısal yaşam ortamlarının avantaj ve dezavantajlarını hesaplamaya çalışacağız.

Hayvan ve bitki yaşamının şafağı sökmekte iken okyanuslarla karaların oranının şimdiki ölçüde olup olmadığını hiç kimse bilmiyor. Hiç kimse, o sıralarda kıtaların nerede olduğunu bilmiyor. Bazı jeologların düşüncesine göre, yaşamın başlangıcında kuru topraklar çoktu ve bunlar, tıpkı bir çorbanın içindeki topaklar gibi, okyanusa dağılmışlardı. Bu görüşe göre, adalar birbiriyle birleşiyor, sonra birkaç kere parçalanıp ayrılıyor, daha sonra tekrar birleşiyordu. Elle tutulabilir kanıtlarımız sadece 1,1 milyar yıl öncesine, bütün karaların tek ve büyük bir kütle, Rodinia adlı bir kıta halinde olduğu zamana kadar erişebiliyor.[32] Daha sonra, 700 milyon yıl kadar önce, bu kıta parçalandı ve parçalar yeni, daha küçük kıtalar olarak etrafa dağıldı. Bu kıtalar, 270 milyon yıl önce yeniden gruplar oluşturarak Pangaea adında yeni bir süper kıta oluşturdu. Pangaea da sırası gelince parçalara ayrıldı ve parçaları etrafa yayılarak, günümüzdeki kıta yapılanmasını meydana getirdi.[33]

Şurası kesin olarak belirlenmiştir ki, bazı zamanlarda karaların ve denizlerin neredeyse tamamı donmuştur (buna "kartopu Dünya" adı verilir).[34] Ayrıca, Dünya'ya çeşitli meteorlar çarpmış, dinozorların 65 milyon yıl önce yok olmasına yol açan karmaşa kadar büyük karmaşaların ortaya çıkmasına yol açmıştı.

Dolayısıyla, 2,7 ila 0,57 milyar yıl önce dünyanın iklimi çok hareketliydi ve son 570 milyon yıl içinde meydana gelmiş olduğunu bildiğimiz olaylara kıyasla çok daha sık ve çok daha şiddetli doğal afet krizleri (jeolojik, meteorolojik, volkanik veya meteorların yol açtığı) ile karşılaşılmaktaydı. Bu koşullar altında, mikroskobik algler ve onların minik tek hücreli hayvanlar olan avcıları için göçebe bir yaşam, avantajlı olurdu. Yavaş veya şiddetli çevre değişikliklerine karşın okyanusların uçsuz bucaksız gövdeleri içerisinde hayatta kalmanın başarılabileceği bir bölge, daima vardır. Mikroskobik plankton hücreleri, sığınaklarda - tropik denizlerde en soğuk dönemlerde dahi hiç olmazsa ılıman kalan su kütlelerinde - hayatta kalma olanağı buldular. Yerleşik veya hareketsiz bir yaşam tarzına geçiş yapmış (yani, yaşam döngülerinin bir aşamasını deniz tabanında veya tabana yakın bir yerde yaşamakta) olan bitkiler ve hayvanlar ise, afetlere karşı daha korunmasız durumdaydılar. Bunların daha az etkilenen bölgelere göç etmesi, yüzer durumdaki plankton hücrelerine kıyasla daha zordu.

On veya yüz binlerce hücreden meydana gelen ilk çok hücreli minik hayvanlar, muhtemelen ardışık dalgalar halinde, daha uzun süre afetlerden uzak kalmayı başarmış kıyı bölgelerinde bu şekilde ortaya çıkmıştır. İlkel durumdayken, suyun içinde kendi istemleri ile hareket edemiyorlardı. İlk hayvanları yüzgeçlere, kuyruklara veya diğer hareket araçlarına sahip olarak düşünmemek gerekir. Bunların minik, yumuşak ve hareket yeteneklerinin çok az (mikroskobik kamçıları olan hücreler) veya hiç yok olduğu muhakkaktır. Dolayısıyla çok hücreli hayvanların evrimsel eserleri, en titiz testlerden deniz tabanına bağlı veya onun hemen üzerinde, ağırlıksız koşullar altında yaşarken geçtiler.

Çok hücreli yaşamın ayrı bir şekilde ve gecikmiş olarak ortaya çıkması ile ilgili olarak çevreden kaynaklanan nedenlere ilişkin bu görüşlerin yanı sıra, bu dönemde (2,7 ila 0,57 milyar yıl önce) hayvan ve bitki yaşamının gelişip serpilmesine ait temel özelliği unutmamamız gerekir. *Yaşam, temel olarak planktonik* idi, mikroskobik, göçebe bireysel hücrelerden meydana geliyordu. Oksijen konsantrasyonunda algılanabilir bir yükselme olması ve gözle görülebilen ilk hayvanların ortaya çıkması, ancak bu canlı çorbanın iyice koyulaşmasından sonra mümkün olabilmişti.

Açık Sulardaki Yaşamın Gereksinimleri

Denizlerin ve okyanusların yüzey katmanlarında, açık sularda yaşayan bütün bu organizmalar tarafından paylaşılan bir davranış özelliği vardı. Bütün mikroskobik plankton türleri, hem oksijene, hem de ışığa gereksinim duymaktaydılar. Bu iki koşul, hem o günlerde hem de günümüzde, sadece suyun yüzey tabakalarında, temel olarak ilk on metre derinlikte karşılanmaktadır. Dolayısıyla, bu organizmalar bu yaşamsal önem taşıyan su katmanının içinde kalmak zorundaydılar. Ne var ki, tek hücreli organizmalar ve az ya da çok kümelenmiş hücrelerden meydana gelen koloniler, bu katmanda kalmalarını sağlayacak şekilde yüzemezler. Ya akıntılar tarafından yavaş yavaş ve nazikçe batırılmak veya yüzeye taşınmak için pürüzlü yüzeyler geliştirmeleri, ya da bütün yaşamları boyunca kalmak zorunda bulundukları yerde kalmak için su ile aynı yoğunlukta olmaları gerekir. Dolayısıyla, belli bir derinlikte, daima yüzey tabakasında kalmak için, yoğunluklarını düzenlemek zorundadırlar.

Bu yeteneği anlatan bir örneği nasıl verebilirdim?

Bir kelimenin yardımcı olabileceğini düşündüm. Nasıl *denizaltı* kelimesi "suyun altında" anlamına geliyorsa, *yüzeyaltı* kelimesi de "yüzeyin altında yüzen" anlamına gelebilir.



Resim 1. Son birkaç yüzyıl boyunca ilk insanların resimsel anlatımı büyük ölçüde değişiklik gösterdi! Ne olursa olsun, onları daha önceki atalara bağlayan bir göbek bağı izi, bir göbek delikleri, daima vardı. Solda, Yaşlı Cranach, *Adem ve Havva* (1533). (Fotoğraf Jörg P. Anders. Berlin: Gemäldegalerie. Réunion des Musées Nationaux'un izniyle.) Sağda, John Holmes, American Museum of Natural History'de insansılara ait heykel. (Fotoğraf Julian Hockings.)



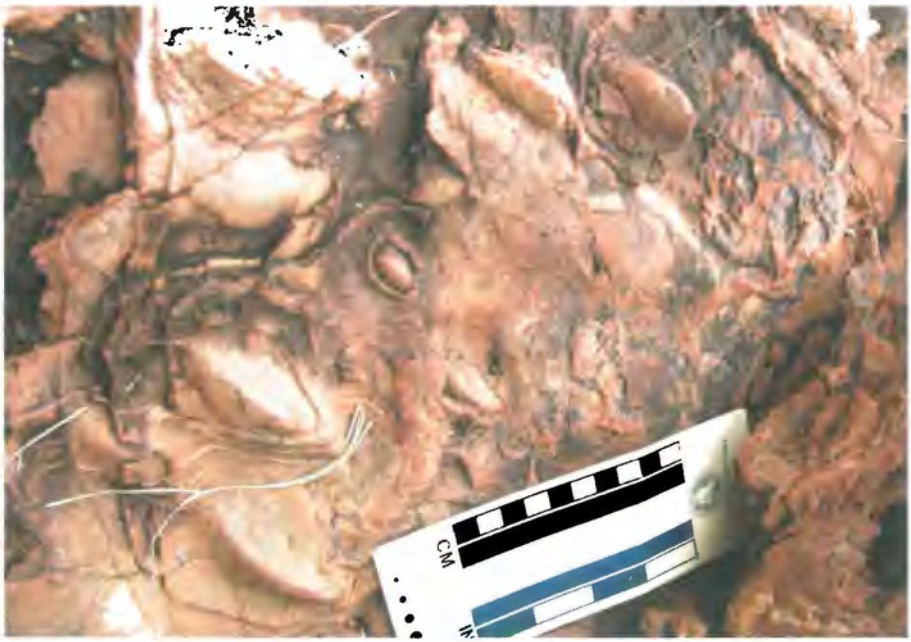




Resim 2. İlk özbilinç ifadeleri: Chauvet Mağarası (M.Ö. 30.000). İlk sanatçılar, karanlık mağaraların dışında gözlemlenen hayvan sürülerinin profillerini gerçekçi şekilde ve perspektif ile betimlemişlerdir. Ben, sadece el feneri ile aydınlatılmış bir duvar üzerine kömür kullanarak bir grup sığırı kesinlikle çizemezdim. (Fotoğraflar Jean Clottes, Fransa Kültür ve İletişim Bakanlığının izniyle.)

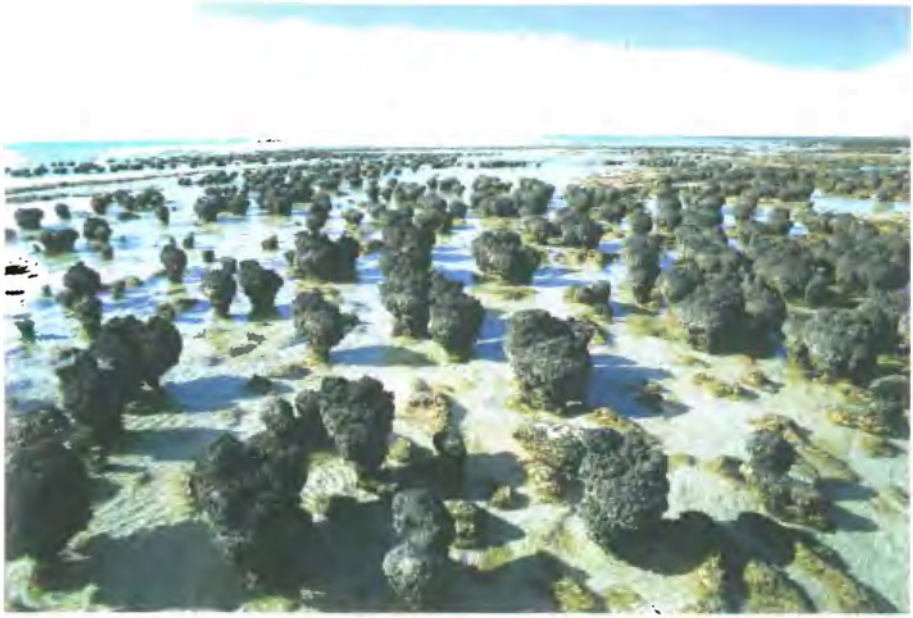


A.

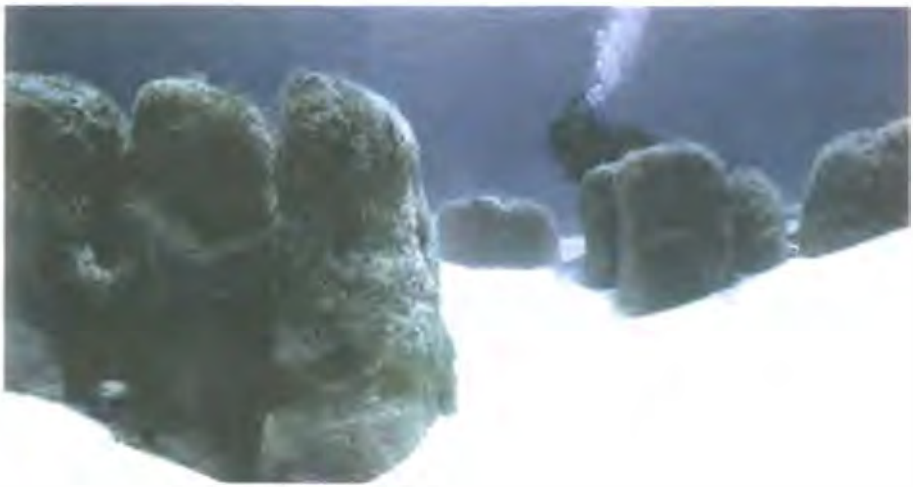


B.

Resim 3. En yaşlı Stromatolitler. *A*, 3,45 milyar yıl önce şekillenmiş en eski tanımlı stromatolitlerden biri. Bu kayanın kesiti, ipliksi bakteriler tarafından geçmişte sabitlenen ardışık katmanları göstermektedir.Bu kesitte iki konik yapıyı ayırt edebilmekteyiz. (Fotoğraflar H.J. Hofmann.) *B*, 3,43 milyar yaşında bir stromatolit resifinde bulunan yedi tipten biri olan büyük karmaşık koniler. (Fotoğraf A. Allwood.)



A.



B.

Resim 4. Gerçek stromatolitler. *A*, Günümüze ait gelgit stromatolitleri. İçinde canlı bitki benzeri bakterilerin bulunduğu üst kısım su hattının üstündedir, yaşamın evrim geçirdiği ilk üç milyar yıl süresince bu imkânsız olurdu. (Fotoğraf Turizm Batı Avustralya Görüntü Kütüphanesi.) *B*, Tamamen su altında gelişen, günümüze ait stromatolitler. Bu stromatolitler, ilk stromatolitlerin geliştiği ekolojik koşullara benzer koşullar altında bulunmaktadır. (Fotoğraf D.S. ve M.M. Littler.)





Resim 5. Katil alg üzerindeki vampir deniz tavşanı. Bu deniz tavşanları, karmaşık bir sembiyoz "icat" etmiştir. Hazmettikleri alglerin sadece yararlı parçalarını saklarlar: Kloroplastları. Onları deri altında yüzeye yakın bir yerdeki barsak keselerinde saklarlar. Yemekten sonra bu deniz tavşanları yeşile döner ve güneş pillerini, hazmedilen kloroplastları etkinleştirirler. Vejetaryen bir diyetin ardından deniz tavşanları bitkisel beslenme şekline dönerler ve güneş ışınlarını yakalamak için derilerini iyice yayarlar. Fotoğraf A. Meinesz.)

Resim 6. Johannes Vermeer. Astronom (1668). Sanatçının modeli, o sırada 36 yaşında olan ve mikroplarla onların şaşkınlık uyandıran çeşitliliğini keşfeden Antoni van Leeuwenhoek idi. Louvre, Paris. (Fotoğraf René Gabriel Ojéda. Réunion des Musées Nationaux'un izniyle.)



A.



B.

Resim 7. *A*, Dr. Robert Paine, 2000 yazında Tatoosh Adası'nda bir alg yatağı üstünde. Fotoğraf A. Meinesz.) *B*, Dr. Hidekhi Ueshima, özel olarak yoğun şekilde değiştirilmiş bir kıyı bölgesinde kendisine ait Seto İç Denizi modelini gösteriyor. Fotoğraf H. Ueshima.)



Resim 8A. Johannes Vermeer, *Coğrafyacı* (1668-1669). Sanatçının modeli, o sırada 36 yaşında olan Antoni van Leeuwenhoek idi (Städel Müzesi, Frankfurt, Almanya. Artothek'in izniyle.)



Resim 8B. Pierre Brissaud, (1885-1964) Antoni van Leeuwenhoek tablosu. Fransız ressam, 1939 yılında İngiltere Kraliçesi Mary II tarafından (burada mikroskop vasıtasıyla "hayvancıklara" bakarken gösteriliyor) Abbott Pharmaceutical Laboratoires adına Van Leeuwenhoek'in laboratuarına yaptığı ziyaretin gerçekçi bir tablosunu yapmıştı. (Light Inc., Ulusal Tıp Kütüphanesi ve Abbott Pharmaceutical Laboratoires izniyle.)

Bu kelime bana oldukça tatminkâr gelmekle beraber, okurların bu özelliğin özgünlüğünü anlayacağına ikna olmamıştım. Bu nedenle, basit, daha yaygın bilinen bir örnekten yararlanacağım. Bu satırları yazdığım sıralarda Korsika'da tatildeydim ve Korsika Burnu üzerindeki küçük bir kasaba olan Luri'de bir bölgesel gıda maddeleri festivali yapılmaktaydı. Sergiye katılanları çoğu, şarap tüccarıydı. Adada yaşayanların tümünün rağbet ettiği bir şarap festivaliydi (Fera di u Vinu). Ziyaretçilere tatmaları için bütün Korsika'dan gelen yüksek kaliteli 30 şarap sunuluyordu. Şarap yapmak için gerek duyulan çeşitli araçların satıldığı, tek başına duran bir tezgah, dikkatimi çekti. İlhamımı burada buldum; satılan araçların arasında bazı yoğunlukölçerler vardı. Yoğunlukölçer, camdan yapılmış ve üst tarafında uzun, ince, derece taksimatlı cam bir çubuk bulunan hafif bir şişedir. Suya kıyasla yoğunluğu belirlenecek olan sıvının içine batırılır. Şişe, deyim yerindeyse yüzeyaltında yüzer ve sadece cam çubuk yüzeyin üzerinde kalır. Sıvının yoğunluğu, çubuğun üstündeki taksimatlardan okunur; doğru değer, yüzeyin tam hizasında bulunan taksimattır. Bu ölçüm cihazı, bana yeni bir isim altında gösterilmişti: Mustimetre. Sergici, bu aletin şarap imalatının ilk aşamasında, üzümlerin ilk ezilişi sırasında, must (üzüm çekirdekleri ve kabukları) henüz şıra ile karışık durumdayken kullanıldığını anlatmıştı. Mustimetre, fermantasyon başlamadan önce şarap üreticisinin şıra yoğunluğunu ölçmesine olanak sağlar; bu ölçüm, sıvının içindeki şeker konsantrasyonunu göstererek şarabın içindeki alkol oranının ne olacağı hakkında bir ön fikir verir. Her sıvı için bir yoğunlukölçer vardır: Şarap veya alkol için olanlara alkolometre, deniz suyu için olanlara salinometre adı verilir (Şekil 17A). Her tip yoğunlukölçerin içine, kullanım amacına uygun ağırlıklar konur (alkol sudan hafiftir, fakat deniz suyu ve şıra, sudan ağırdır). Ağırlık, daima yüzeyaltında yüzen kapalı şişenin içine yerleştirilen küçük kurşun toplar vasıtası ile ayarlanır. Kartezyen dalgıç adı verilen bir oyuncak da aynı ilkeye göre çalışır, fakat burada parçanın alçalıp yükselmesi, basınç vasıtası ile sağlanır. Kartezyen dalgıç (genellikle delikli bir küre veya plastik şişenin içinde yüzen bir cisim vasıtasıyla temsil edilir), içinde bulunduğu sıvıya dışarıdan uygulanan basınca bağlı olarak yüzeyaltında, yüzeyde veya sıvının içinde yüzer. Aynı şekilde, yüzeyaltında yüzme ilkesini göstermek için başka bir cisim daha kullanılabilir. Bu cisim, son derece yaratıcı süslü bir termometredir. Bir sıvı ile doldurulmuş cam bir borudan ve içinde yüzen, yüzeyaltında yüzen veya dipte duran değişik ağırlıklarda cam kürelerden meydana gelir (Şekil 17B). Her kürenin üstünde sıcaklığı ifade eden bir sayı vardır. Suyun yoğunluğu sıcaklığa bağlı olarak değiştikçe, termometrede doğru sıcaklık – yüzeyaltında yüzen kürenin üstündeki sayı – görülür.

Yüzeyaltında yüzen plankton hücreleri, ağırlığı değişebilen yoğunlukölçerlere benzer. Hücre, yüzeyaltında yüzebilmek için ağırlığını sürekli olarak değiştirmekte, suyun yoğunluğunu etkileyen sonsuz sıcaklık ve atmosferik basınç değişikliklerine uyum sağlamaktadır. Kalsiyum veya silisten yapılmış katı duvarlı plankton türleri ağırlık değişikliklerine uyum sağlamak için lipid damlacıklar biriktirirler. Böyle duvarlar genellikle çok şekilsizdir ve mevcut engellenemez dibe batma eğilimini yavaşlatan bir pürüzlülük veya buruşukluk kazandırır. Mineral tuzlarının sürekli olarak emilmesi veya atılması ile daha hassas bir düzenleme olanağı sağlanır. Bitki benzeri bakteriler gibi bazı hücrelerde aerozom adı verilen gaz mikro-kabarcıkları oluşur. Bu ağırlık ayarlama mekanizmalarının hepsi de mikroskobik plankton türleri için çok önemlidir. Suyun yüzey tabakasında (çoğunlukla binlerce metre derinliklerin üstünde) kalmayı gerektiren bu zorlu ve basit zorunluluk, doğal seçilim yoluyla evrimin önemli bir kısıtlamasıdır. Yoğunluk dengeleri ile uyumlu olmayan yeni mutasyonlar, büyük olasılıkla daha birinci nesilde yok olacaklardır. Aslına bakılacak olursa, bu dengeye saygı göstermeyen her tür, karanlıklara gömülerek ışıktan mahrum kalır veya yüzeye çıkarak mor ötesi ışınları tarafından yakılır. Bu hücreler öldükten sonra olanları bir düşünün. Sürekli ağırlık ayarı sona erer ve ortaya çıkan denge daima negatif olur: Hücreler batarak kalkerli veya silikalı deniz çöküntülerine katkıda bulunur. Sadece iyi şans eseri olarak kıyıya yakın yerlerde deniz tabanına inmiş olan çok hücreli organizmalar, evrimlerini sürdürerek karmaşıklaşma fırsatına kavuşurlar.

Günümüzde Mikroskobik Yüzeyaltında Yüzen Hücrelerin Soyundan Gelenler

Orijinal planktonun günümüzdeki torunları olan planktonun arasında bulunan algler, daima miniciktir. Bunlar, hâlâ son derece kısıtlayıcı bir dizi gereksinimin (yeterli gaz ve besleyici tuz yutabilmek ve yüzeyaltında yüzmek için daima küçük kalmak) boyunduruğu altındaki tek hücreli bitkiler olmalarına karşın, yüz milyonlarca yıl boyunca dönüşüme uğramışlar ve başka iki kısıtlama karşısında dahi yaşamaya ve çoğalmaya devam etmişlerdir: Plankton yiyen hayvanlar ve iklim değişiklikleri. Bu nedenle, sonuçta ortaya çıkan beklenmeyen, gelişigüzel evrim, yoğunluk dengesini sağlamak için gerek duyulan bütün hücre teçhizatını üretmeye, bu arada onları yiyecek hayvanlara karşı savunmayı güçlendirmeye

ve düşük sıcaklıklar ve gıda maddelerinin bulunmayışı gibi çevresel zorluklara karşı direnci arttırmaya da yöneliktir.

Bugün, tek hücreli planktonik alg türlerinin sayısı 110.000'e yaklaşmaktadır,[35] çok hücreli algler ise sadece 9.000 türden ibarettir[36] (bu makroskobik alg türlerinin yüzde 99'u, kıyılar boyunca uzanan dar bir deniz tabanı bandında bulunmaktadır).[37] Dolayısıyla, sucul yaşam ortamlarında bulunan bitkilerin biyolojik farklılaşmaları, mikroskobik türlerin hakimiyeti altındadır. İki milyar yılı aşan evrim sırasında bağımsız bitki hücrelerinin duvarları kalsiyum veya silisten mamul dikenler, kabuklar, ve zırhlarla süslenmiştir. Savunma veya batmayı yavaşlatma amaçlı bu yapıların hepsi, sürtünmeyi arttırıp hareketi yavaşlatmak suretiyle yüzeyaltında yüzme yeteneğini arttırmaya yardımcı olurlar. Bu mimariler ve süslemeler, bilinen bütün deniz yumuşakçalarının kabuklarında bulunanlardan daha fazla çeşide sahiptir. Kendilerini daha az iştah uyandırıcı hale getirmek için diğer tek hücreli algler tarafından üretilen toksinler, kodeks kitabının moleküllerinden daha fazla çeşide sahiptir.



*Şekil 17. **A**, Bir yoğunlukölçer. **B**, Sıcaklık madalyonları ile donatılmış yüzeyaltında yüzen küreleriyle bir termometre (Galile termometresi olarak da bilinir) (Fotoğraf Alexandre Meinesz.)*

Günümüzdeki fitoplankton türlerinin toplam ağırlığı, bütün çok hücreli alglerle deniz kıyılarında yaşayan daha yüksek bitkilerin toplam ağırlığından hâlâ daha fazladır. Denizlerin ve okyanusların Dünya'nın yüzde 71'in kaplamakta olduğunu göz önünde bulundurursak, gezegenimizde bitki yaşamının ortaya çıktığı yüzeylerin büyük bir bölümünde neden tek hücreli bitkilerin başta geldiğini anlarız.

Son olarak, fitoplanktonun denizin üst 100 metrelik bölümüne tamamen yayıldığını dikkate alırsak, bu "bitki suyu"nun (su kürenin bir bölümü) hacminin "bitki havası"nın (atmosferin, içinde karasal bitkilerin yetiştiği katmanı) hacminden çok daha fazla olduğunu görürüz.

Bakterilere dair bölümü (bölüm 3) hazırlarken, bunların gezegenimizin her yerinde üstün durumda olduğunu vurgulamıştım. Bu yorum, açıkça ortada duran bir sonuca yöneliyordu: Evrim, karmaşık bir yapıya doğru kendiliğinden yönelmez. Bu hüküm, bitkilerin yaşamı için de geçerlidir: Gezegenimize hakim olmak ve onun ana doğal kaynaklarından en iyi şekilde yararlanmak için karmaşık ve büyük olmak gerekmez. Bitki ve hayvan yaşamının pek çok dönüşümle dolu iki buçuk milyar yıllık evrimi, aynı sonuca yönelmektedir: Gezegenimizde yaşama uyumu şimdiye kadar en iyi şekilde sağlamış ve muhtemelen daima sağlayacak olanlar, tek bir hücreden meydana gelen minicik yaratıklardır.

Romalı doğa bilimci ve düşünür Yaşlı Pliny (yakl. MS 23-79) tarafından söylenen şu sözler, bu bölüme mükemmel şekilde uymaktadır:

Naturamusquam magis est tota quam in minimo.
Doğa, asla en küçük yaratıklarının içlerinde olanlar kadar büyük değildir.[38]

Bir buçuk yüzyıl önce, en basit olandan en karmaşık olana kadar doğal seçilim yolu ile evrim kuramı, kendi yazarı tarafından şüphe altına sokulmuştu. Darwin, çok sayıdaki faklılaşmış ve oldukça evrim geçirmiş yaşam şekillerinin birdenbire ortaya çıkışından önceki dönemlere ait hiçbir yaşam şeklinin bulunmamasını anlayamıyordu.[39] "Darwin'in İkilemi",[40] çürütülemeyecek kanıtlar - en eski fosillerin keşfedilmesi - sayesinde bugün kesin olarak çözümlenmiştir. Fakat hepsinden önemlisi, yaşamın evrimi konusunda sahte bir senaryo, dikkat çekmek için hazırlanmış bir söylem, temelden özsever nitelikte olan bir inancın parçalanmış olması sayesinde, bu ikilem artık ortadan kalkmış bulunmaktadır. Bu inancı desteklemek amacıyla sadece ucu biz insanlara ulaşan, giderek artan bir yaşam karmaşıklığı merdivenine karşılık gelen organizmalar dikkate alınmaktaydı. Krallara layık bu yol üzerinde bulunmayan diğer bütün türler, dikka-

te alınmıyordu. Alt tabakadan varlıklar, yarının kalmış evrim aşamaları olarak görüldükleri için, gelişime doğru yürüyüşü gösteren ilk evrim şemalarında kendilerine yer verilmemişti. İlgiyi hak etmiyorlardı.

Bununla beraber, en eski planktonu oluşturan mikroskobik Kartezyen dalgıçlar, bugün karmaşık organizmalarınkinden çok farklı bir yaşam çeşitliliğinin ve hükümranlığın tanığıdırlar. Bunlar, kendi hızlarında evrim geçirmişler, kendilerini çevrelerine uydurmalarını sağlayan gelişmeleri biriktirmişler, bu arada mikrop olarak da kalmışlardır. Bunlar, evrimin çıkmaz bir sokağını oluşturmamaktadırlar; aksine, önemli evrim yollarının temsilcisi konumundadırlar.

Çok hücreli yaşam şekillerinin yaratılışına ve yaşamı giderek artan bir karmaşıklığa götüren yollara ilişkin cevaplanması gereken pek çok soru vardır. Darwin'in yaptığı benzetme, hâlâ geçerlidir: "Jeolojik kayıtlar, dünyanın iyi saklanmamış ve değişken bir lehçe ile yazılmış bir tarihidir; biz bu tarihin sadece iki veya üç ülkeden bahseden son cildine sahibiz. Bu ciltten sadece şurada burada kısa bir bölüm korunmuştur; ve her sayfanın sadece şurasında burasında birkaç satır okunmaktadır."[41]

Çok hücreli yaşama geçiş, kaybolan bölümlerde ve ciltlerde yazılıydı. Yine de, son zamanlarda keşfedilen birkaç satır ve yeni çıkarımlar, arşivleri yeni baştan okumamıza olanak sağladı.

Lego Oyunu

Görülebilir Hayatın Yaratılışı

Oğlum Jean-François, küçük yaşlardan itibaren coşkulu bir Lego hayranıydı. Dört çocuğumun içinde en fazla o, renkli blokları birbirine tutturarak ilgi çekici şekiller ve çeşitli modeller yaparken kendinden geçmeye eğilimliydi. Jean-François, Lego çıraklığına üç yaşından itibaren, kreşte başladı. Küçük çocukların parçaları yutmasının önüne geçmek için, o yaş grubunda irice parçalar kullanılmaktaydı. Çocuk doktorunun bekleme odasındaki çocuklar da Lego parçalarıyla oynayabiliyorlardı, çünkü bu, o odalarda yaşayan ve ebeveynlerinin kendisine büyük bir güven duydukları yabancıya yönelik tedirginliklerini unutmalarına yardımcı oluyordu. Annelerinin doğru ayakkabıyı sakin bir şekilde seçebilmesi için, çocukların ayakkabı dükkânında dahi, yerinde duramayan çocukların dikkatini dağıtmak için Lego bloklarıyla donatılmış bir alan ayrılmıştı. Bu lego ortamında bazı çocuklar oyundan gerçek bir zevk alır, diğerlerine ise vız gelir. Jean-François ilk gruba, Legoseverlere mensuptu. Bu, çok eğitici bir oyundur: Çocuk, parçalara bakabilir, aralarından istediğini seçebilir, sonra seçtiklerini canının istediği şekilde veya oyunla birlikte verilen birtakım talimatlara göre birleştirir.

Jean-François ile Lego oynayarak değil, fakat oyunu bittiği zaman parçaları toparlayıp ortadan kaldırarak, epeyce zaman harcadım. Özellikle öğrenme döneminde, talimatları henüz okuyamadığı sıralarda, bu durum geçerliydi.

Büyük bir kutunun içinde yüzlerce birbirine benzemeyen parça ... ablalarının ve ağabeyinin mirası. Her şey, Legoları iyice dağıtarak başlıyordu: Hazinesinin hepsini bir bakışta görmek istiyordu. Dolayısıyla, halının üstüne yüzlerce parça dökülürdü. Lego bloklarının farklı renklerine, şekillerine ve boyutlarına daima hayret içinde bakardı. Jean-François'nın çıraklığı, bir sınıflandırma oyunu ile başladı. Benzer parçaları ayrı gruplar halinde toplaması için ona birtakım kaplar bulmak zorunda kalmıştım. Kilitleme çıkıntılarının ve deliklerinin uzunlukları ve konumları – her şey tanımlanıyor, sonra böyle kriterlere göre sınıflandırılıyor ve gruplara ayrılıyordu.

Bir gün, blokları ilk defa birbirlerine tutturmaya hazır duruma geldi. İki parça birbirine kilitlendiği zaman çıkan tıkırtı, heyecan verici bir keşif olmuştu. Başlangıçta basit şekiller yaratarak eğlendi. Özellikle, üst üste dizilmiş çubuklar yapmaktan hoşlanıyordu. Bunun kurallarını öğrendikten sonra, daima ya hep aynı renkteki blokları seçmeye, ya da bir o renkten, bir bu renkten blokları üst üste dizmeye başladı. Sonra, bir duvar veya bir zemin yapmaya başladı. Ebeveynler: Unutmayın ki, bu çıraklık döneminde ne kadar basit bir şekil olursa olsun, kurma işlemi büyük bir odaklanma gerektirir. Hayal kırıklığı, Lego parçalarının oluşturduğu yığınlara tekmeler atılarak, parçaları odanın her yanına fırlatarak, çabucak ifade edilir. Hiç şüphe yok ki, etrafa dağılmış parçaları bulmak için mobilyaların altını araştıran tek baba, ben değilim.

Tanıdık cisimleri andıran şekiller inşa etmek için birkaç ay geçmesi gerekmişti: Arabalar, evler. Gerçek bir çırak olmuştu bile; Legonun yaratıcı gücünü anlıyordu. Sonra Jean-François, temel Lego imalat şemalarını çözümleyebildiği bir üst düzeye geçti. Basit modeller, elbise dolabını süslemeye başladı. Aradan epeyce zaman geçtikten sonra Jean-François, Lego kurma sanatında ustalaştı. Modeller giderek karmaşıklaşıyor ve güçleşiyordu. Cömert dedesi sayesinde Jean-François birbiri ardı sıra modeller inşa etti. Günün birinde, dikkatimi en zor Lego mimari planlarının sayfalarında gerçek talimatlar bulunmadığı konusuna çekti. Üstünde bir plan olan bir sayfaya bakmak ve bir önceki sayfaya göre ne tür değişiklikler mevcut olduğunu görmek gerekiyordu: Model, birimseldi.

Bugün Jean-François on dokuz yaşında ve çok sayıda gelişmiş Lego modelini hatıra olarak camdan yapılmış bir teşhir kutusunda saklıyor: Bir uçak gemisi, pek çok tipte robotlar, uçaklar, trenler ve otomobiller. Canlı varlıklar Lego ile modellenmeye pek uygun değil: Yaşam biçimlerinde çok fazla yuvarlak çizgiler var (fakat yine de mitolojik, köşeli ejderler yapıp mekanik şaheserlerinin arkasına yerleştirdi).

Tek hücreli organizmalardan çok hücreli hayvanların ve bitkilerin ortaya çıkmasını anlatma noktasına geldiğim zaman, Legoları bir metafor olarak kullanma

fikri aklıma geldi: Bloklar hücreleri temsil eder, yüzlerce değişik parçadan yapılmış en ayrıntılı modeller de karmaşık hayvanları ve bitkileri temsil eder.

Bu, bir biyolog için akıl almaz bir fikirdir. Her şeyden önce, hücreler kendisine o kadar tanıdıktır ki, onları tarif etmek için metaforlar kullanmasına gerek yoktur. Ayrıca, bu metafor biraz tuhaftır, çünkü bir yaşam formunun ayrıntıları dinamiktir. İlk hücre ikiye bölünür, sonra yavru hücreler bölünür ve bu böyle devam eder. Bir embriyo büyüyerek bir birey haline gelirken, bütün hücreler bölünür. Fakat lego blokları durağandır; onlar bölünmez. Bir Lego modeli inşa etmek demek, önceden şekillendirilmiş parçaları önceden hazırlanmış bir plana uygun şekilde birleştirmek demektir. Bunlar doğru, fakat metaforların eğitici yönünün, soyut kavramları anlamaya yardımcı olma güçlerinin de çok önemli olduğunu düşünüyorum. Bölünebilen küçük parçalar vasıtası ile bir cismin şekillendirilmesi konusunda fikir veren kolaylıkla erişilebilecek herhangi bir şey bulamadığım için (bu süreci yalnızca yaşam becerebilir), Legoları kullanmaya karar verdim. Çok hücreli organizmaların ortaya çıkış görüntüsüne uygun görünüyorlar, benim göstermek istediğim de işte tam bu dönüşümdür.

Daha önceki bölümlerde olduğu gibi, bana en önemli görünen adımları seçerek, doğa tarihi konusundaki bilgilerimizi bir hiyerarşi içinde toparlamaya çalışıyorum. Hayvan ve bitki yaşamının yavaş yavaş ortaya çıktığı o çok uzun eski dönem (2,7 ila 0,57 milyar yıl önce) için, tek bir temel adım mevcuttu: Kendi başına bir yaşamdan toplum içinde bir yaşama geçiş. Başka bir deyişle tekil, bağımsız bir hayvan veya bitki hücresi (tek hücreli deyimi, hâlâ mikroskobik olan bu durumu anlatır) ile birleşmiş birkaç hücreden meydana gelen organizmalar (çok hücreli deyimi, genellikle çıplak gözle görülebilen bu makroskobik durumu anlatır) arasındaki geçiş.

Yaşamdaki bu son karmaşa her ne kadar yalnızca birkaç hayvan ve bitki soyunu ilgilendiriyor olsa da, bu değişikliği yaşam tarihindeki üç büyük adımdan birisi olarak kabul etmemiz gerekir (şimdiye kadar anlattığım diğer ikisiyle birlikte: Dünya üzerinde bakteriyel yaşamın kökeni ve bakterilerin birleşerek tek hücreli bitkileri ve hayvanları üretmesi).

Bu çok temel bir adımdır, çünkü eğer yaşamın evrimindeki pek çok aşamayı dikkate alacak olursak görürüz ki, bağımsız tek hücreli yaşamdan çok hücreli toplum yaşamına doğru meydana gelen toplu geçiş (farklı hayvan ve bitki soylarında gözlemlenmektedir), bir alg ile bir yosun, bir yosun ile bir eğreltiotu, bir eğreltiotu ile bir çiçekli bitki arasındaki evrimsel değişikliklerden, veya bir balıktan iki yaşayışlı hayvana veya bir sürüngenden memeliye doğru meydana gelen dönüşüme kıyasla çok daha ani ve etkili olmuştur.

Hücrelerin birleşmesi, gözümüzle görebildiğimiz organizmaların farklılaşmasına yol açan ilk evrim adımıdır. Bu olay bir başlangıcı, *karmaşık yaşamın yaratılışını* gösterir.

Mikrobiyal tek hücreli hayvan ve bitki yaşamından çok hücreli yaşama geçişi imgelemek kolaydır; bu, o kadar açık görünür ki, evrimle ilgili kitapların çoğunda hiç anlatılmaz dahi. Yine de bu süreç, çok hücreli organizmalar tarafından elde edilmesi gereken bir dizi önemli yenilikleri gerektirmiştir.

İlk olarak, yaşamı karmaşıklığa, çok hücreli yapıya yönelten çevresel nedenleri anlatacağım. Sonra, çok hücreli yapının ortaya çıkışına yol açan hücre birleşmelerinin çeşitli aşamalarını tarif edeceğim ve hepsinin önceden kararlaştırılmış olmadığını, yaşamda karmaşıklığa doğru bir eğilim olmadığını vurgulayacağım.

Son olarak, çok hücreliliğin çok garip paralelliğine, yaşamın farklı ve bağımsız soylarının hepsinin birden çok hücreli yapıyı ve hücre uzmanlaşmasını kabullendiğine dikkat çekeceğim. Bu rastlantı, ortak yaşama doğru uyum sağlamanın çakışması mıdır? Yoksa, evrimi bu yönde ilerleten ortak bir genetik temelden mi gelmektedir?

İlk Adım: Yerleşik Hale Gelmek

Mikrobiyal hayvan ve bitki yaşamının başlangıcında okyanusun yaşam için uygun tek ortam olduğundan son bölümde bahsetmiştim. Açık sularda yüzeyaltında yüzmek, mikroskobik boyutları, göçebeliği ve bağımsızlığı korumak, hayatta kalmak için uygulanabilecek en iyi stratejidir. Oksijen konsantrasyonu hücre kolonilerine olanak sağlayan düzeye erişir erişmez, koloni büyüklüğü kesin sınırlarla kısıtlandı. Belli bir hacmin ötesine geçen bir koloninin yüzeyaltında yüzer durumunu koruması veya yalnızca üyelerinin basit hareket sistemleri – flagella adı verilen minik kamçılar (sperm hücresinin kamçısı gibi) – vasıtasıyla suyun yaşamsal öneme sahip üst yüzey katmanlarında kalması mümkün değildi. Açık sularda çok hücreli kolonilerin oluşmasına yol açan yenilikçi evrim adımlarının büyük çoğunluğunun (başlangıçta minik olmaları gerekiyordu) kaderinde batarak oksijen açısından fakir derinliklerin karanlığında kaybolmak var idiyse, nedeni budur.

Günümüzde açık denizlerde yüzen bütün hayvanlar, dar kıyı tabanlarında (veya balinalar ve yunuslar gibi, kuru toprak üzerinde) evrim geçirmiş organizmalardan türemiştir. Okyanusun yaşam ortamı hem tekdüzedir, hem de çaba gerektirir. Bir bütün olarak, boyutları ve ağırlıkları açısından dikkate değer olan or-

ganizmaların ortaya çıkması açısından uygun değildir. Sudan daha yoğun olan çok hücreli türler için kıyılar boyunca uzanan dar deniz tabanı tarafından sağlanan dar vaha - oksijenli ve iyi aydınlanmış - gelişmeye uygun bir yaşam ortamıdır. Bununla beraber, burada ortaya yeni bir sorun çıkmaktadır. Orada yaşamak için, organizmaların besin bulması ve yerlerinde kalmak, dalgalar, kabarmalar ve akıntıların etkisiyle sürüklenmemek için kendilerini kayalara bağlamaları veya çamurun içine gömmeleri gerekmektedir.

Çok hücreli organizmalara ait en eski kalıntılar, bu mantıklı senaryoyu doğrulamaktadır. Algler, mercanlar, süngerler ve solucanlar, paleontolojik arşivlerde karşılaşılan ilk çok hücreli organizmalardır. Hepsi, kıyı boyunca yan yana yaşamıştır. Bütün belirtiler, bu soyların hiç şüphesiz başlangıçta birbirine tutunmuş birkaç hücreden meydana gelen bilinmeyen ilk örneklerinin plankton olarak yaşamakta başarısız olduğunu göstermektedir. Aşağıya sürüklendiler ve şans eseri okyanusun derin tabanına değil de kıta sahanlığına indiler. Kıyıların yakınlarındaki bu sığ alanlar, ilk makroskobik organizmaların ortaya çıkması ve hayatta kalması için gereken koşulları sağlayan tek bölgelerdi.

Dolayısıyla, hayvan ve bitki ilk örneklerinin gelişmesi ve evrim geçirmesi için, iki yeni davranış gerekmektedir: Yüzey altında yüzmeye son vermek ve kıta sahanlıklarındaki dar taban üzerinde kalmak.

Dünya'ya bir uçaktan bakın. Kıyının, kara ile deniz arasındaki sınırın en üstünden uçun. Orada büyük bir hidrolojik ve jeolojik farklılaşma görürsünüz: Mevsime veya bölgeye bağlı olarak fırtınalar, deniz kabarmaları ve dalgaların saldırısına uğramış kıyılar; gel-git tarafından soyulup tekrar giydirilen kumsallar; sakin koylar; açık veya kapalı lagünler; tatlı, acı veya tuzlu su ile dolu lagünler; akarsu ağızları; deltalar; kumluk veya kayalık sahiller; düz veya zikzaklı kıyı çizgileri; falezler; döküntü konileri; sıcak veya soğuk su.

Bu iki maddenin - su ve kara - sınırlarında, yaşam koşulları hızlı bir şekilde değişir. Erozyon, tortu birikmesi, aniden değişen güçlü akıntılar, kuruyan veya taşan nehirler, bir anda kıyıyı değiştiren ve sonradan denize gömülen adalar yükselten volkanlar.

Farklılaşmanın ve makroskobik yaşamın gerçek beşiği, işte bu genellikle düşmanca davranan ortamlardan meydana gelen değişik ve değişken deniz resminde yer almaktadır. Çevre kısıtlamalarının pek çoğu, farklı evrim patikalarının birbirinden ayrılmasına olanak sağlamıştır; bunlar, çok hücreli yaşamın farklılaşmasını kamçılamışlardır.

Kıyıya yakın olan ortam minik ve kırılgan çok hücreli yaşam denemelerine karşı dostça davranmaz, fakat farklılaşmıştır, bölümlere ayrılmıştır ve değişmek-

tedir, bu nedenle yapısal yeniliklerin hızlı bir evrim geçirmesine yardımcı olur. Meydana gelenlerin ayrıntılarını yeniden oluşturmak amacıyla pek çok senaryo yazılmıştır. Geçişin ne şekilde gerçekleştiğini imgelememize olanak sağlayan veriler, sadece şu anda yaşamakta olan en basit organizmalar tarafından benimsenen stratejilerin benzerliklerinden meydana gelmektedir.

Günümüzün ilkel çok hücreli organizmalarını inşa etmek için kullanılan yöntemler, uzak geçmişte kullanılanlarla benzerlik gösterebilir. Bunlar sadece benzerliklerdir ve ilk mekanizmaların gerçekten bu şekilde olması gerekmez. Veya bunlar eşdeğer olabilir. Böyle bir durumda, günümüzdeki en basit çok hücreli organizmaları inşa etmek için kullanılan yöntemler, geçmişte başlatılanlarla aynıdır. Hangisi olursa olsun, günümüzde yerleşik kalmak için seçildiği görülen en temel stratejiler, başarılı çok hücreli yaşam denemelerine dair örnekler sağlamaktadır.

Ben bir fikologum, algleri incelerim (Yunanca'da alg anlamına gelen *fikos* ve inceleme anlamına gelen *logos*). Bu terim, Fransız hastanelerinde ağrıyı incelemekle uğraşan birimlerin (Fransızcada *algoloji*) artmasıyla birlikte, algolog (Yunanca'da ağrı anlamına gelen *algos* ve inceleme anlamına gelen *logos*) ifadesinin yerine kullanılmaya başlanmıştır. Algleri incelerken, onların çeşitliliklerini öğrendim. Pek çok alg türünü şekillerinden, boyutlarından ve renklerinden anlamak mümkün olsa da, tanımlamalarımızı daha doğru şekilde yapabilmek için sık sık mikroskop kullanarak anatomilerini ve bazen de hücrelerini incelemek zorunda kalırız. Bin çeşit ayrıntı, ilk bakışta birbirinin aynısı gibi görünen algleri ayırt etmemizi sağlar.

Mikroskop altında her türden algleri inceleyerek ve parmak ısırtan güzellikleri ile sadelikleri veya karmaşıklıkları üzerinde düşüncelere dalarak geçirilen uzun saatleri hiç unutmam. Bu uygulama sayesinde karmaşık yaşam mimarilerine giden pek çok stratejiyi inceleme fırsatı bulmuştum.

Her şey, bir hazırlıkla başlardı: Mikroskobun lam ve lameli arasında, bir damla deniz suyu içinde bir alg parçası. Preparatı mikroskobun tablasına yerleştirdikten sonra, gözlem durumuna geçerdim, sırt gergin, gözler okülerlerde. Örneğe önce düşük büyütme ile bakarak camı hafifçe kaydırıp tabla üzerinde ortalardım. Sonra objektifi değiştirirdim, "60'a çık". Bunu yapmak için, üzerinde çok sayıda objektif bulunan bir döner kovanı çevirirdim ve 60 kere büyüten mercekleri görüş ekseni ile aynı hizaya getirirdim. Objektif 60 kere, oküler 10 kere büyütürdü. Toplam büyütme oranını bulmak için bu iki sayıyı çarpardık: Baktığım her şey, 600 kere büyütülüyordu. Ayrıca, gözlem yapmak için uygun bir aydınlık elde etmek üzere, bir reosta ve bir diyafram yardımıyla ışık şiddetini de ayar-

lamam gerekirdi. İlk görüntü, genellikle bulanık olurdu; algi keskin hatları ve ayrıntılarıyla görebilmek için, preparat ile objektif arasındaki mesafeyi ayarlardım (tıpkı bir şeye büyüteç ile bakarken yaptığımız gibi). Bunu sağlamak için, dişli bir düğmeden yararlanarak mikroskobun borusunu düşey olarak belli belirsiz hareket ettirirdim.

Sonunda her şey keskin ve parlak bir görünüm kazanırdı ve elde edilen görüntü, daima muhteşem bir manzaraydı! Mikroskobik yaşamın renkleri ve şekilleri, çıplak gözle görebildiğimiz türlerinkiler kadar göz kamaştırıcı ve karmaşıktır. Anatomileri gözlerimin önüne serilen tuhaf mikroskobik yaratıkları tanımayı, anlamayı ve yorumlamayı öğrenmiş olduğum için bu minicik dünyaya özel bir değer verdiğimi de eklemeliyim.

Bir tropik ormanda bir botanikçi ile gezip dolaşın. Pek dikkatli olmayan bir seyirci çiçek şekillerine, yapraklarına ve renklerine beğeni içinde bakarken, botanikçi mevcut türlerin çeşitliliğine hayran kalır ve kitaplarda gördüğü, sınıflandırması ve biyolojisi hakkında bilgi sahibi olduğu bu kadar çok sayıda bitkiyi tanımlamaktan heyecan duyar. Doğayı hak ettiği şekilde takdir edebilmek için, onu tanımak gerekir.

Dolayısıyla, alglere her bakışımda örgütlenme düzeylerinin zenginliği karşısında şaşkınlık duyarım. Son derece farklı evrimsel soyları meydana getiren (bölüm 4 içinde anlattığım gibi, çeşitli bakteri birleşmelerine bağlı olarak ortaya çıkmışlardı) bitkilerin temsilcileri arasında her şey, birbirinden farklıdır.

Ait bulundukları soya bağlı olarak kahverengi, sarı, kırmızı veya yeşil renk maddeleri, hepsinde mevcut olan yeşil klorofile eklenmiştir. Bazı tek hücreli algler, bir, iki, üç veya dört kamçıyla donanmışlardır. Bazen duvarlarında zırha benzeyen yumrular vardır veya silisli ya da kalkerli kabuklar vasıtasıyla korunurlar.

Hücre topluluklarından meydana gelen şekiller arasında en basit olanı, bir düzine kadar hücrenin uç uca sıralanarak oluşturduğu iplikçikler veya toplar ya da tabakalardır. En karmaşık algler, farklı düzeylerde hücre uzmanlaşmasına ve inanılmaz boyutlara sahiptirler (kuzey Pasifik'te arada sırada hayranlıkla seyretme olanağı bulduğum ve uzunluğu 60 metreden daha büyük olabilen kahverengi *Macrocystis* algi gibi).[1]

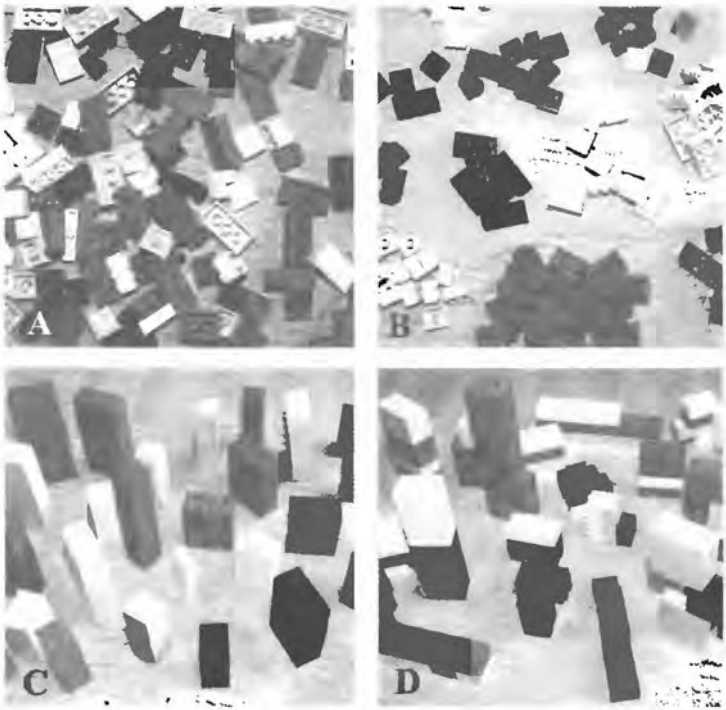
Şurası açıkça belli ki, içinde çok hücreli yaşamın ilk olarak ortaya çıktığı yaşam ortamlarında yaşamaya devam eden deniz bitkilerinin incelenmesi, bitki ve hayvanların evrimindeki bilinmeyen ilk aşamaların yeniden canlandırılması için gereken hayal gücünü geliştirmektedir. Günümüzün alglerinin farklı soylarında biyologların yerleşik bir yaşam için temel uyum sağlama stratejilerini gözlemleyebileceğine şüphe yoktur. Çok hücreli yaşama giden çeşitli önemli adımları, bel-

li bir soyun yaratılışını açıklayacak kadar özel olan bir model tasarlama riski ile karşılaşmaksızın tanımlamak da mümkündür.

Her şeyin yüzeyaltında yüzme durumunun ortadan kalkması ile başladığını hayalimizde canlandırabilirsek, kendisini açık sularda tutmayı başaramayan ve hayatta kalmasına yardımcı olan (yeterince iyi şekilde aydınlatılmış ve yeterli oksijenle mineral tuzlarına sahip olan) kıyı şeridindeki deniz tabanında bir yerlere batan bir hücre (veya hücre grubu) resmi çizebiliriz.

Jean-François, çıraklığının başlangıcında: İçinde Lego parçalarının bulunduğu kutuyu yeni boşaltmış. Çeşitli (renklerde ve şekillerde) parçalar, halının üzerinde karmakarışık duruyor. Jean-François onları birbiriyle karıştırmayı, halının her tarafına yaymayı sever.

Yere dağılmış Lego blokları (Şekil 18A), çok hücreli yaşamın doğuşundan önce kıyı şeridindeki deniz tabanına batan birbirinden ayrı hücrelerin çeşitliliği ile benzeşir.



Şekil 18. Dört Lego yapılanması: *A*, dağınık; *B*, gruplanmış; *C*, Benzer parçalar birbirine takılmış; *D*, Farklı parçalar birbirine takılmış
(Fotoğraflar Alexandre Meinesz.)

Kıyı şeridinin sınırları içinde kalmak, fakat bu arada denizin sert hareketleri tarafından deniz tabanında tehlikeli aşınmalar ve çarpmalarla karşılaşmak zorunda kalmamak için, bir organizmanın kendisini zeminin sabit bir kısmına (sürekli hareket eden kum veya çamurdan çok, bir kayaya) gömmesi veya yapışması şarttır. Dolayısıyla, bu yerleşik yaşam şeklini doğuran bütün rastlantısal mutasyonların seçimi, doğa tarafından yapılmıştır; bu seçimler, dar kıyı şeridinin tabanında yaşamak için ilk avantajları sağlamıştır. Bu yaşam şekli, günümüzde hâlâ çok yaygındır. Pek çok tek hücreli alg ve hatta tek hücreli hayvan, yüz milyonlarca yıldan beri bu şekilde yaşamaktadır.[2] Bu mikroplar, ortaya ilk çıkışlarından itibaren, bir hücre topluluğu halinde yaşamı deneme zahmetine dahi girmeden bu yerleşik davranışı benimsemiş ve sürdürmüştür.

İkinci Adım: Sosyal Yaşamın Başlaması

Önce, diğer hücrelerle ortak bir yaşam kurmanın yararlı ve geriye dönülebilir olduğu bir senaryoyu gözünüzde canlandırın. İlk aktörler, benzer hücrelerden meydana gelen topluluklar tarafından temsil edilmiştir. Aralarındaki bağlantılar, mutlaka başlangıçta zayıftı ve bir hücrenin koloni içindeki yeri belirsizdi. Bunun gibi kötü bir şekilde örgütlenmiş hücresel birliktelik yapılarınaları, hücrelerin daha sıkı bir şekilde birleştiği daha yüksek bir sosyal bütünlüğe giden geçiş aşamalarını temsil edebilirdi.

Hücre sayısının ve örgütlenmelerinin bir koloniden diğerine değiştiği bu tür kümelenmeler, günümüzde hâlâ mevcuttur (Şekil 19).[3] Hatta bu kolonilerin bazıları top veya çember şeklinde yüzeyaltında dahi yüzebilir, fakat kritik bir kütle ve uzunluğun ötesinde, bunlar sadece kayalara tutunmuş şekilde bulunurlar.[4] Bu çağdaş kolonilerin toplu halde yaşayan hücreleri arasındaki birliktelik, hâlâ geriye döndürülebilir. Her hücre, hâlâ bağımsız olarak yaşayabilir.

Jean-François, çıraklığının bu aşamasını tamamlıyor: Parçalardan oluşan kalabalığın içinde bazılarının aynı renk ve şekle sahip olduğunun farkına vardı. Oyun olsun diye onları seçiyor ve öbekler halinde ayırıyor. Benzer parça öbekleri.

Benzerliği sağlayan şey Jean-François'in hareketi değil, ortaya çıkan bu sonuçtur. Bu, bir hücre kolonisinin yapılanmasıdır (Şekil 18B). Fakat birbirinin aynı olan hücrelerden meydana gelen bu öbekler, bir hücrenin art arda bölünmesi sonucunda ortaya çıkmıştır. Yavru hücreler her seferinde birbirlerine yakın kalmışlar, bir öbek, bir koloni oluşturmuşlardır.

Bu koloni türünün bazı çağdaş temsilcilerinde, hücreler tarafından salgılanan bir jöle, birbirinin aynı olan birkaç hücreyi birbirine bağlamaya yarar. Ayrıca, gü-

nümüzde koloni halinde yaşayan bazı alg yapılanmalarını oluşturan hücreler arasında toplum için yararlı olan eşgüdümlü hareketler veya benzer davranışlar fark edilmektedir (Şekil 19D).[5] Bunların kolonideki bütün öğeler arasında iletişim sistemleri olmaksızın meydana gelebilmesi mümkün değildir. Bu, bütün hücreler arasında eşgüdümün bir gereklilik haline geldiği bir sosyal, toplu yaşamın öncülüdür.

Çok Hücreliliğin Doğuşu

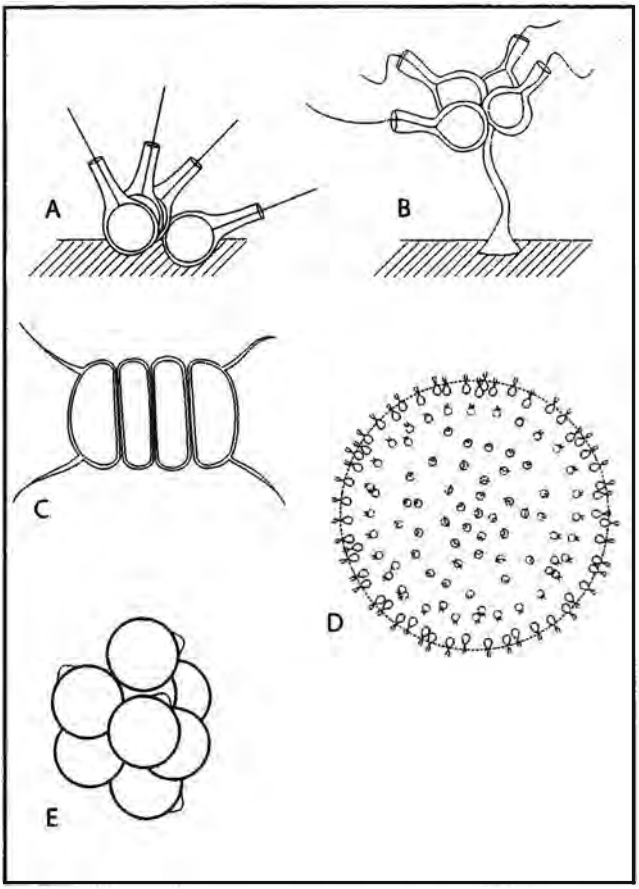
Bir kolonide yaşayan ve aralarında iletişim kuran hücrelerin bu yakın birlikteliki, bir koloniyi meydana getiren öğelerin birleşme şeklinde evrim meydana gelmesine yol açabilir. Bu durumda hücreler, birbirlerine kendileri ve kendilerinden sonra gelenler için geriye döndürülemez bir şekilde bağlanırlar, çünkü bu özellik, genetik bilgilerinin arasına yazılır.

Jean-François, Lego oyununun temel ilkesini keşfettikten hemen sonra: Parçaların birleştirilmesi. En eski, en basit montajları, birbirinin aynı blokların birbirine tutturulmasından meydana geliyordu (Şekil 18C).

Toplu yaşamın bu antik aşamasına giden bir başka strateji de, olağan hücre bölünmesi ile başlayabilir. Bu senaryonun canlandırılması çok kolaydır. Yüzeyaltında yüzme yeteneğini yitirmiş bir başlangıç hücresi, kıyısal yaşam ile bütünleşerek deniz tabanına yapışır ve ikiye bölünür (bu, klonlanmış benzer hücreler üreten basit bitkisel çoğalmadır).

Yeni hücreler, artık ataları gibi yüzmezler. Böylece, iki yavru hücre, tek hücreli yaşamın diğer temsilcilerinde olduğu gibi birbirlerinden ayrılma eğilimine sahip değildir. Bu hücreler, hücrelerin gevşek bir şekilde birbirine bağlanmasına yol açan bir önceki yapılanmada olduğu gibi birbirlerinin yanında durmayacaklardır. Bu iki hücre, belli bir yönde birbirlerine sıkıca tutunmuş olarak kalacaklardır (örneğin, yapışmayı sağlayan hücre bir tarafından deniz tabanına sabitlenmiş, diğer tarafıyla da öbür hücreye yapışmıştır ve onun ağırlığını taşır). Ve bu böyle sürer gider: Birleşik iki hücre, sırası gelince kendi genlerinde yazılı olan aynı yöntemle bölünür. Bunlar, aynı yapılanma yolu ile birbirlerine bağlanacaklardır.[6]

Jean-François, ilerleyerek çıraklığının yeni, bir aşamasına geçiyor. Artık, parçaları birleştirmeden önce kümeler halinde toplamaktan hoşlanmıyor. Birleştirme işlemini derhal yapıyor. Lego oyununun temel birleştirme şeklini çabucak öğrendi ve basit şekiller inşa etti.



Şekil 19. Günümüzdeki organizmaların gevşek şekilde birleşmiş hücre yapılanmaları. A, Bir yeşil algde sabit (bentik) hücre kümesi (Chaetosphaeridium, Klorofitler), B, Hayvan hücrelerinin sabit (bentik) kümeleri: Kamçılı protozoa, hayvanların en yakın akrabası, süngerlerin (yakalı kamçılılar) atası. C-E, Yüzeyaltında yüzen (planktonik) yeşil alg (Klorofita) kolonileri (C, Scenedesmus; D, Volvox; E, Coelastrum). (Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

Çok hücreli bir organizmanın üretilen hücreler etrafa dağılmadan bitkisel bölünme yolu ile bu şekilde yaratılması, bazı çağdaş alg türlerinin mimarisinden yararlanılarak gösterilebilir. Hücrelerin kümelenmesi sonucunda üç basit şekil ortaya çıkar: Kabuklar, dik duran veya yüzeye yapışan iplikçikler ve toplar (Şekil 20). Bu şekillerden hangisinin seçileceği, hücrelere ve koloniye uygulanan

güçlere (özgül ağırlık, akışkanlık, yüzey gerilimi) bağlı olarak değişir. Dolayısıyla bunlar, bazı minerallerin mimarisini belirleyen temel şekillere benzerler. Bu şekiller arasında en temel olanı, silindirik hücrelerden meydana gelen dallanmamış bir iplikçiktir (Şekil 20D). Bu iplikçiklerin hücreleri bölündükleri zaman uç uca birbirlerine yapışık olarak kalırlar.[7] Bu iplikçiklerin bütün hücreleri birbirinin aynıdır ve bir toplum oluştururlar.

Fakat organizmaların gözle görülebilecek kadar büyük olmaları sonucunu doğuran tamamen farklı bir başka yol daha vardır: Genetik bilgileri içeren çekirdek bölünür, fakat hücre bölünmez.[8] Bu durumda ortaya çıkan şey, başlangıçta iki tane, sonra da çok sayıda çekirdek içeren dev bir hücreden oluşan bir şekildir. Günümüzde bazı algler bu şaşırtıcı özelliği sergilemektedir ve aynı zamanda kabuk, top, basit veya dallanmış iplikçikler şeklinde de olabilirler. Bu evrim yolu, uzunluğu birkaç metreye ulaşabilen karasal bitkileri andıran (duvarları, bölmeleri, hücresel yapısı olmayan tek bir "boru"dan meydana gelmiş olmalarına karşın) karmaşık şekillerin ortaya çıkmasına dahi yol açabilir. Birden fazla çekirdek içeren dev bir hücreden meydana gelen bu yapılanma ile, bazı mantarlarda[9] ve hatta temelde mikroskobik olan hayvan soylarında[10] dahi karşılaşılmaktadır. Başka bazı alglerde, hücreleri andıran fakat her biri çok sayıda çekirdek içeren bölmeler şeklinde düzenlenmiş bir yapı bulunmuştur.[11]

Paleontologlar, bu son derece alışılmamış yapının gözle görülebilecek büyüklükteki organizmaların ilk taşlanmış kalıntılarına ait olduğunu gözlemledikleri zaman, şoka girmişlerdi: Bunlar, 2,1 milyar yıl önce oluşmuş kayaların içinde fosilleşmiş *Grypanie* cinsinden alglerdi (bakınız bölüm 6, şekil 16d).[12]

Bazı biyologlar, görülebilir yaşam içinde çok hücreliliğin ortaya çıkışını açıklamak üzere, bu antik veya çağdaş hücresiz mimarilere başvurmuşlardır. Bunlar, bir gecikmiş hücre bölünmesi senaryosu canlandırmışlardır.[13] Bu yazarlara göre, çıplak gözle görülebilen çok hücreli yaşamın kökeninde, daha sonraki bir zamanda iç hacimde meydana gelen bir bölümlenmeye bağlı olarak, çok sayıda çekirdek içeren dev hücreler bulunmaktaydı (Şekil 20A). Bu senaryoya göre, dev hücrenin içindeki her bir çekirdeğin etrafında bir bölme (veya hücre) yaratılmıştı.

Tek hücreli dev bir matrisin bölünmeye uğraması ile çok hücreli yaşam şekillerinin gelişmesine giden bu yol, kesinlikle bir Lego oyununa benzememektedir. Bir Lego inşaatına başlamadan önce yapılan teknik çalışmayı daha fazla andırmaktadır. Aslına bakılacak olursa, bir Lego modelini kuranlar, daima akıllarında bir şekil (örneğin bir otomobil veya bir ev) ile işe başlarlar, sonra bu zihinsel görüntüyü Lego parçalarına bölerler. Lego'nun Danimarkalı mucitleri, aslında dolap imalatçılarıydı. Figüratif bir tahtayı sonradan birbirine uyabilecek parçalara bölmek suretiyle Lego'yu icat ettiler.

Çok hücreli organizmaların birkaç çekirdek içeren dev bir organizmanın bölünmesi ile oluştuğu yolundaki bu varsayım, özellikle barsak solucanlarının kökenini (birden fazla çekirdeği bulunan dev bir hücreden meydana gelmiş bir solucana benzeyen bir hayvan ilk örneğinden) izah etmek açısından cazipti, fakat karşılaştırmalı DNA çözümlemeleri sonucunda çürütüldü.[14] Dolayısıyla, şu anda elimizde çok hücrelilerin evrimi için bu patikanın denendiğini gösteren hiçbir kanıt bulunmamaktadır. Yine de biyologların gözle görebildiğimiz, fakat bazı parçalarının belirli roller üstlenmiş olduğu (bazıları yaprak, kök veya dal şekline ve işlevine sahip olmakla beraber, içerden basit bir boru yapısına sahiptirler) tek bir hücreden meydana gelen bazı türlerin karmaşıklığı karşısındaki şaşkınlıkları devam etmektedir.[15]

Bununla beraber, çıplak gözle görülebilen bütün hayvanların veya her biri binlerce, milyonlarca mikroskobik hücrenin birleşmesinden meydana gelen yosunların, eğrelti otlarının, çiçekli bitkilerin veya alglerle makroskobik mantarların çoğunun gittiği evrim yolu, bu değildi.

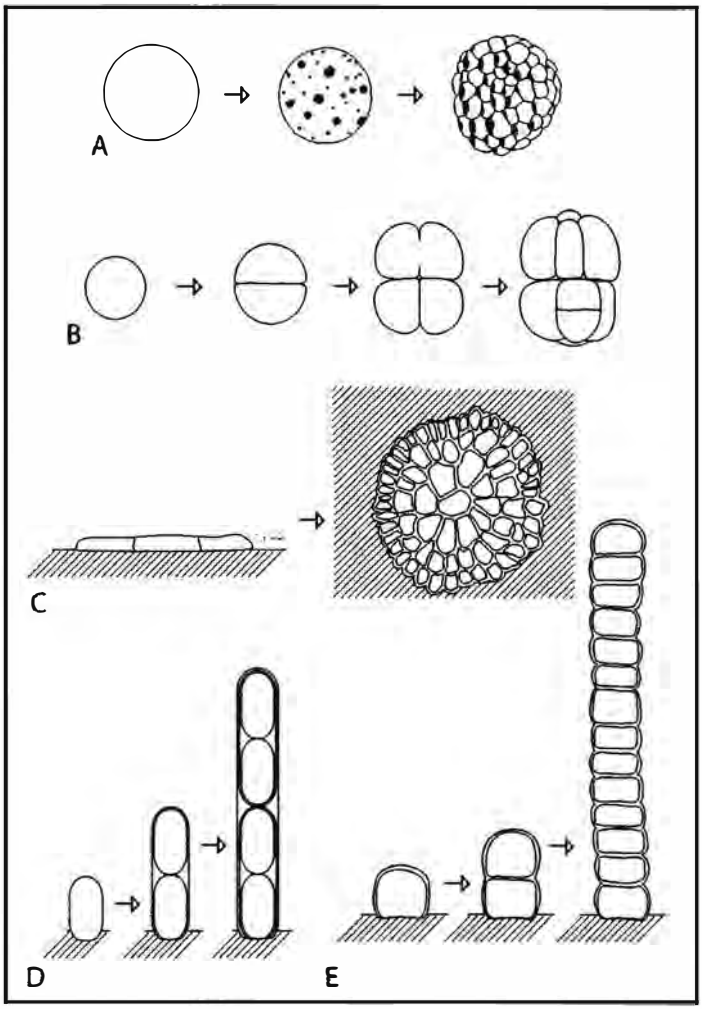
En eski fosilleşmiş çok hücreli organizmaların bazıları (bunlar, ökaryotlardır ve her hücrede bir çekirdek vardır), 1,2 milyar yıl öncesine tarihlenmiştir. Bunlar, benzer hücre dizilerinden meydana gelen ipliksi alglerdir (bakınız bölüm 6, şekil 16c).[16] Bu mimari, günümüzde dahi pek çok türde görülmektedir (Şekil 20E). Düz veya dallanan hücre dizilerinden meydana gelen ipliksi algler, klorofil içeren bitkilerin 9 kalıtımsal soyundan altısında bulunmaktadır.

Bu mimariye veya benzer bir mimariye sahip çok sayıda modern alg arasında, bütün hücreleri ikiye bölünebilme yeteneğini koruyan bazılarını ayırt edebilmekteyiz.[17] Hücre dizisi, her bölünmede uzar veya kalınlaşır. Eşeyli üreme genellikle bu tür bir algin ölümü demektir, çünkü iplikçiğin bütün hücreleri eşey hücrelerine dönüşür ve suya bırakılırlar.[18]

Sonra, eşey hücreleri suda karşılaşır, kaynaşır, batar ve uygun bir yüzeye tutunurlar. Bunlar, ebeveynleri ile aynı mimariye sahip yeni bir ipliğin kökenini oluşturacaklardır. İpliksi yapı, genlerinde yazılıdır. İplikçiğin modüler (hücreden hücreye) gelişmesinin programı da genetik olarak belleğe alınmıştır.

Eski Hücre Toplumlarında İşbölümü

Diğer çağdaş alglerde ilk hücre uzmanlaşmasını gözlemlemekteyiz: Sadece iplikçiğin ucundaki hücre bölünebilir.[19] Diğer hücreler, kontrol altında tutulmaktadır: Bu, hücre farklılaşmasının en basit dışavurumudur. Ortaklık kurmuş hücreler



Şekil 20. En basit çok hücreli alglerin değişik yapılanmaları: Toplar, kabuklar veya iplikçikler. A, Başlangıçta çok çekirdekli dev bir yeşil alg hücresi olan hücreden içsel bölümlenme ve bölünme yolu ile çok hücreli bir topun oluşması. B, Art arda bölünmelerle planktonik bir yeşil algden çok hücreli bir topun oluşması. C, Bir kabuk oluşturan tek bir hücre katmanından meydana gelen Bentik kabuksu kırmızı alg. D ve E, İçindeki her hücrenin bölünebildiği bentik ipliksi çok hücreli alg; bunlar, farklılaşmamışlardır. D, Cylindrocapsa (Klorofit) yeşil alginde, her bölünmeden sonra iki yavru hücre orijinal hücre duvarının içinde uç uca yapışık durumda kalır; dolayısıyla matruşka modeline uygun şekilde inşa edilmiş bir iplikçik meydana gelir. E, Bangia (Rodofit) kırmızı alginde üst üste dizilmiş birkaç hücreden meydana gelen ipliksi çok hücreli bir alg. (çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

arasında görevlerin bölüşülmesinin başlangıcıdır. Bu yöntem, hücre ortaklığının yerleşik veya durağan olarak daha iyi yaşamasına olanak sağlar. Hücre uygarlığının düzeni, değişik roller verilmek suretiyle sağlanmıştır.

Hücre farklılaşmasının bir diğer dışavurumu da eşey hücrelerinin üretimi ile ilgilidir. Bu durum, bazı hücreler - bunlar, tohum hücresi olarak da adlandırılır - doğurganlık yeteneği kazandığı zaman ortaya çıkar. Daima kısır kalan diğer hücreler, eşeysiz (somatik) hücre olarak adlandırılır.

Hücre farklılaşmasının üçüncü adımı, karmaşık bir bitkisel donanım elde edilmesine yol açan yenilikler tarafından getirilir. Hücreler, ister bir küre, isterse kabuk şeklinde olsun, basit bir iplikçikten daha gelişmiş mimariler oluşturmak için üç boyutlu bir hacim içerisindeki yerlerine bağlı olarak topluluk içinde çeşitli roller üstlenirler. Değişik rollere sahip hücrelerin boyutları, şekilleri ve içerikleri, faklılaşır (Şekil 18D).

Karmaşık bir organizmanın gelişimi sırasında hücresel farklılaşma süreçleri genetik bilgilerin gönderilmesi ve programlanması ile ilgili incelikli kuralları izler. Çok hücreli bir organizmanın bütün hücrelerinde birbirinin aynısı olmasına karşın, genetik bilgiler her bir hücrenin topluluk içindeki yerine ve topluluğun gelişmesinin eriştiği aşamaya bağlı olarak farklı şekilde kullanılır ve gönderilir.

Bazı önemli genetik bilgilerin etkinleştirilmesinin veya etkisizleştirilmesinin ne şekilde sağlandığı hakkında elde çok az bilgi mevcuttur. Bununla beraber bu mekanizma, çok hücreden meydana gelen bir toplumun çok hücreli bir organizma olmasına olanak sağlayan hücre şekillerinin ve işlevlerinin bölümlendirilmesinin temelini oluşturur. Muhtemelen benzer bir olay da, tıpkı termit ve karınca örneklerinde olduğu gibi, sosyal hayvan topluluklarında bireylerin şekil ve işlevlerini belirler; karınca yuvasının içindeki karıncaların hepsi ne aynı şekle, ne de aynı role sahiptir.[20]

Toplumsal, ortaklaşa, sosyal bir yaşam, bu şekilde ortaya çıkmaktadır.[21] Her çok hücreli birey, hücrelerden yapılanmış bir uygarlıktır. Sonuçta ortaya çıkan, çeşitli cinslerde hücrelerden şekillenmiş yaşam mimarileri, çeşitli şekil ve renklere sahip bloklardan meydana gelen Lego modelleri ile karşılaştırılabilir.

Jean-François'in teşhir vitrininde yüzlerce çeşitten binlerce Lego parçası kullanılarak yapılmış imalatlar görülebiliyor.

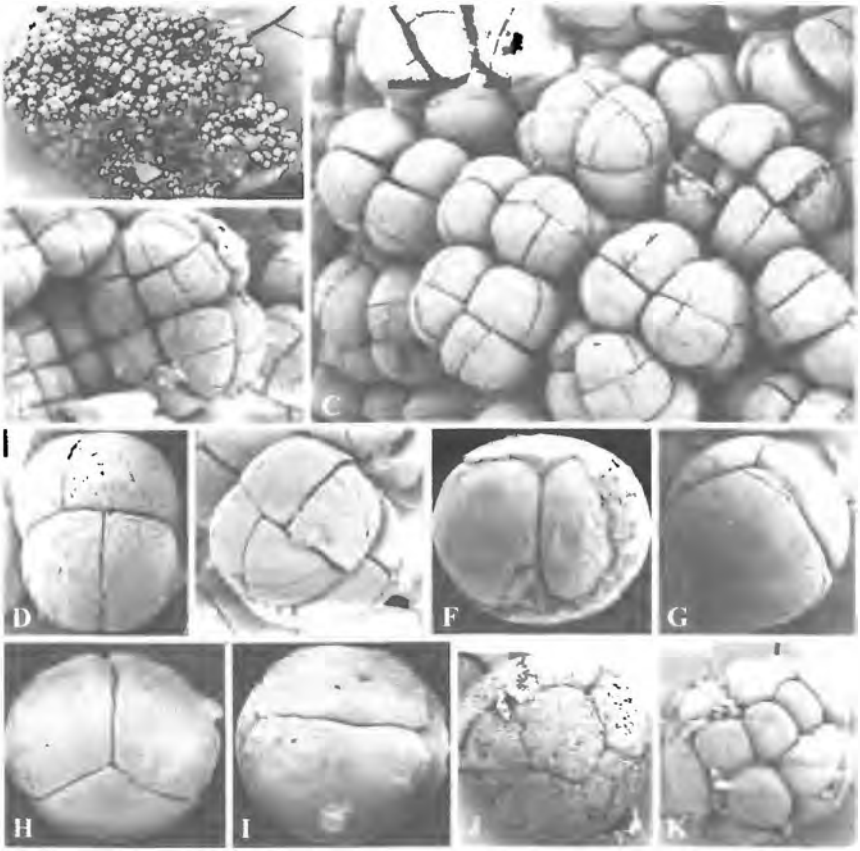
Hayvanlarda ilk çok hücreli yapılanma, bir iplikçik veya bir kabuk şeklinde değil, boş bir top şeklindeydi[22] - dış ortamla temas halinde olan tek bir katman oluşturan hücreler, içeride de kapalı bir boşluk (Şekil 21F-K). Başlangıçtaki bu boş top şeklindeki yapılanmanın günümüzdeki çeşitli alg soylarında da korunmuş olması, dikkate değer bir durumdur (Şekil 20B).[23]

Hayvan toplar hiç şüphesiz yumuşaktı ve hepsi birbirinin aynı olan hücreler, kamçıları vasıtası ile azami miktarda hareketsiz veya canlı organik madde yakalamış ve çözündürdükleri besleyici maddeleri komşu hücrelere göndermiş olmalıdırlar. Bu varsayım, günümüzde bilinen en eski hayvan fosillerinin bazıları tarafından desteklenmektedir. Bunlar, birbirine bitişik hücrelerden oluşan bir tabakadan, top şeklini almışlardır. 600 ila 550 milyon yıl öncesine tarihlenen bu fosillerin sünger döleti olduğu düşünülmektedir (Şekil 21F-K).[24]

Döletin Gelişmesi: Ataların Evriminin Kaynağına Dönüş mü?

"Ekoloji" teriminin mucidi Alman doğa bilimci Ernst Haeckel (1834-1919), içi boş bir top şeklindeki benzer hücrelerden meydana gelen bir koloniden çok hücreli hayvanların ortaya çıkışı konusunda da bir kuram öne sürmüştür. Çizimlerinde, hayvan yaşamının ilk aşamaları olarak böyle kolonileri betimlemekteydi. Kuramsal çizimleri, yirminci yüzyılın sonlarında keşfedilen en eski hayvan fosilleri ile olağanüstü bir benzerlik sergilemektedir.[25] Aslında Haeckel, hayvanların evrimi (filogeni) ile modern dölütlerin gelişimini (ontogeni) birleştirerek *evrimsel tekrarlanma kuramı* (recapitulation) adlı bir başka kuram daha yerleştirmiştir.[26] Haeckel, çok farklı hayvanların (örneğin bir böcek, bir deniz kestanesi, bir kurbağa ve bir memeli) erken gelişim aşamalarının çok benzer olduğunu gözlemlemişti. Bir sperm ile bir yumurtanın kaynaşması sonucunda ortaya çıkan başlangıç hücresi, aynı yapılanmaya göre bölünür. *Morula* adı verilen en erken aşama, küçük bir dut veya ahududuya benzer.[27] Birbirine yapışık küçük küresel parçacıklardan meydana gelen meyvelerde olduğu gibi, merkezde bir boşluk meydana gelir. Bu nedenle, *blastula* adı verilen bir sonraki aşama, tek hücreli bir tabakadan yapılmış boş bir topa benzer.[28] Haeckel'in kuramı, çağdaş hayvanlarda görülen çeşitli dölütsel aşamaların, evrimin belleğini temsil ettiğini öngörmektedir. Dolayısıyla, onun görüşüne göre, ilk hayvanların olgun durumda iken mikroskobik dutlara benziyor olması gerekmektedir. Bu kuram uyarınca, bütün çok hücreli hayvanların ortak atalarının şekilleri, bütün hayvan türlerinde dölütün ayrıntılarının oluşumu sırasında tekrarlanmaktadır.

Haeckel, biyologları genç bir iribaş, dölüt aşamasındaki bir kurbağa ve bir balık arasındaki benzerliğe (kurbağalar balıklardan türemişlerdir) dikkat etmeye zorlamıştır. Benzer şekilde, bir tırtıl (bir kelebeğin erken ontogenetik aşaması) ve bir solucan (böcekler, solucanlardan türemişlerdir) arasındaki benzerliği de vurgulamıştır.



Şekil 21. 580 Milyon yıl önceye tarihlenen çok hücreli organizmaların gelişim aşamaları. A-E, Alglerin gelişim aşamaları. F-K, Hayvan dölütleri. (Fotoğraflar Shuhai Xiao.)

Bu "evrimsel tekrarlanma" bazı bitkilerin gelişiminde de görülmektedir. Nemli karasal yaşam ortamlarını fetheden ilk bitkiler olan yosunlar arasında atalardan geliyormuş gibi görünen bir özellikle karşılaşıyoruz. Aslında, ilk gelişim aşamaları, ipliksi bir alge benzer: Bir sporun çimlenmesi suretiyle yaratılan başlangıç hücresi, önce uç uca dizilmiş hücrelerden meydana gelen dallı bir iplikçik olarak şekillenir.[29] Evrimsel tekrarlanma kuramı, Haeckel'in bu karşılaştırmaları çok ileri götürmesine neden olmuştur. Bu durumda ortaya ateşli bir tartışma çıkmıştır. Günümüzde araştırmacılar, bu kuramın bütün türlerin bütün gelişim aşamalarına tekdüze bir şekilde uygulanmasının mümkün olmadığını kabul etmektedirler.[30]

Bununla birlikte, günümüzde deniz suyu içinde görebildiğimiz minicik hayvan hücreleri sayesinde, hayvan evriminin başlangıç aşamasının ne olduğunu betimleyebiliriz. Bunlar, en basit anatomiye sahip hayvanlar olan süngerhücrelerine çok benzeyen bağımsız hücrelerdir. Bu tek hücreli hayvanlar grubunun bazı temsilcileri (yakalı kamçılılar), bir araya toplanarak koloni oluşturabilirler (Şekil 20B).[31] Uzak geçmişte benzer topluluklar kendi kendine kurularak süngerlerin ortaya çıkmasına yol açmış olabilir. Bu, geniş şekilde desteklenen bir varsayımdır, çünkü bir yandan süngerler, bulunan ilk fosilleşmiş hayvanlar arasında yer alan, durağan, basit hayvan yapılardır, diğer yandan da süngerlerin ve çağdaş yakalı kamçılıların DNA'larının dizilimlerinin belirlenmesi, bu gruplar arasında pek çok genetik benzerlikler bulunduğunu gözlemlememize olanak sağlamaktadır.[32]

Sürekli Olarak Denenen ve İyileştirilen Mimari Planlar: Yaşam Karmaşıklaşıyor

Jean-François'nin ilk ilgi çekici şekillerini inşa etmeyi başarması, pek çok talihsiz denemeden sonra gerçekleşti. Başarılı temel birleştirmeleri ertesi gün hatırlayıp tekrarlayabilmek için, iyi bir belleğe sahip olması gerekiyordu. Karmaşık bir inşaatı (Lego kutusunda verilen planın temsil ettiği) programlayabilmek için, bilgi aktarımının iyi bir şekilde yapılmasına ihtiyacı vardı. Denemeler, bellek ve programlama arasındaki seçimler aşama aşama birbirine eklendi ve büyük bir Lego modelinin ortaya çıkmasına olanak sağladı.

Aynı süreçler, çok sayıda hücreden yapılmış organizmaların detaylarının belirlenmesi sırasında da meydana gelir. Tek bir hücre aşamasından, birbirine yapışık iki benzer hücre gibi önemli bir yenilik vasıtasıyla bizim temsil ettiğimiz aşamaya geçiş, bir milyar yıldan daha uzun bir süre almıştır. Mutasyonlar ve genetik karışma, gelişigüzel şekilde ortaya çıkması beklenemeyecek değişiklikler yaratmıştır. Değişik soylardan gelen bitki ve hayvanlar tarafından benimsenen mimariler, belirli şekilleri bir zorunluluk haline getiren fiziksel ve kimyasal kısıtlamalar tarafından yönlendirilmiştir.[33] Mükemmel veya kusurlu şekiller, başka çevre kısıtlamaları (rekabet, besine veya üremeye daha iyi uyum sağlamak) tarafından seçilmiştir. Daha yüksek bir hayatta kalma şansı veya daha fazla üreme şansı sağlayan değişiklikler sürekli hale gelmiş, sonra da geliştirilmiştir. Her tür, kendi genetik şifresinin içinde atalarının örgütlenme planını ve ona dair iyileştirmeleri korumuştur. Bu nedenle evrim, modüler bir yapıdadır.[34] Her aşama, üze-

rinde iyileştirmeler yapılabilecek işlevsel bir adımdır (bu özellik, bir Lego modelinde bulunmaz, inşaatın ara aşamalarının herhangi bir şeye benzemesine gerek yoktur).

Plan ne kadar karmaşıklaşırsa, belleğin de o kadar artması gerekir. Yapıyı belirleyen genetik bilgilerin kümülatif olmasının ve birkaç kromozoma bölünmesinin nedeni, budur.

Çıplak gözle görülebilen bütün hayvan ve bitki türleri için durum bu şekildedir. Bizler, 200'den fazla farklı tipten oluşan (kemik, karaciğer, barsak, nöronlar, yumurta, deri, kas, hatta hücre toplumunda bir tür hareket özgürlüğü kazanmış olan ak kan hücreleri ve yüzen spermler gibi hücreler) yüz milyonlarca hücreden meydana gelen karmaşık bir organizmaya örnek teşkil etmekteyiz. Bununla beraber, bu farklı hücrelerin hepsi aynı genetik bilgilere sahiptir, fakat bu bilgiler hücrenin tipine ve gelişme süreci içinde diğerlerine göre sahip oldukları yere göre bastırılır veya ifade edilirler.[35] Çok iyi örgütlenmiş bir moleküler haberleşme sistemi, dölet geliştikçe hücrelerin ortaya çıkış sırasını, konumlanmasını ve uzmanlık türünü belirler (ontogeni, budur).

Organizmaların mimarisi ile farklı organizmaların dölütlerinin farklı gelişim aşamaları arasında gözlemlenen çok sayıda benzerliğin aslında genellikle genetik benzerlikler olduğuna dikkat edilmesi, mantıklı olur. Örnek olarak, memelilerde ortak olan morfolojik ve anatomik özellikleri ve değişik türlerin dölütsel aşamaları arasında gelişimlerinin çok ileri dönemlerine kadar mevcut olan büyük benzerlikleri verebilirim: Proteinlerimizin ve nükleik asit dizilimlerimizin yüzde 99'u, bir şempanzeninkilerle aynıdır.[36] Aynı şekilde, fare genomunda bulunan nükleotid tabanlarının sayısı, insanda bulunanlardan sadece yüzde 14 oranında azdır.[37]

Stephen J. Gould, canlı organizmaların bir kısmının karmaşıklığında görülen acımasız artış konusunda mantıklı bir sunum yapmıştır.[38] Bu sunum, bilinen en basit organizmaların bakteriler olduğu temeline dayanır.[39] Bu "basit" durum, daha da basit bir duruma doğru evrim geçiremez, bu nedenle bunun evrim açısından aşılması mümkün olmayan bir duvar olarak kabul edilmesi gerekir. Buradan yola çıkarak, yaşamın bakterilerle başlayan evriminin gereklilikler nedeniyle sadece iki yön ile kısıtlı olduğu sonucuna varmak, mantıklı olacaktır:

- Tek hücreli yaşamın bütün uyarlamaları ile sınırlı olan yön (evrim, içseldir, hücresel fabrikanın içindedir).
- Hücrelerin birleşerek karmaşık, çok hücreli organizmalar oluşturmasına neden olan yön.

Bu iki evrim yönü üzerinde herhangi bir sınırlama mevcut değildir.

Her ne kadar içsel evrimi asla sonlandırmamış olsalar da, hâlihazırda Dünya üzerinde yaşamakta olan organizmaların büyük bir çoğunluğunun "basit" (tek hücreli) kaldığını, bölüm 3 ve 6'da vurgulamıştım. Bağımsız tek hücreli organizmaların içlerinde, bütün hücre bileşenlerinin sayıları, şekilleri, büyüklükleri ve kendine özgü özellikleri gibi fizyolojik ve anatomik düzeydeki çeşitlenme olasılıkları, muazzam bir palete yayılmıştır.

Benzer şekilde, hücre kütlelerinden meydana gelen mimari türlerin sayısı da sonsuzdur.

Bu iki evrim patikasının içsel kurcalama ve hücrelerin bir araya toplanması anlamına gelen toplam sonucu, günümüzdeki biyolojik çeşitliliği oluşturmaktadır. Bu durum, tek hücreli yaşamın egemenliğini koruduğunu ve çok hücreli organizmalar arasında en küçük ve en az karmaşık olanın da baskın olduğunu göstermektedir (hayvanlar arasında böcek ve solucan türlerinin sayısı, omurgalı türlerinin sayısına kıyasla çok daha fazladır). Denizde, bireysel kopepod'ların (minyatür kabuklular) sayısı, diğer bütün pelajik çok hücreli organizmaların bireylerinin toplamından daha fazladır. Bu nedenle, biyolojik çeşitliliğe genel olarak baktığımız zaman, büyüklüğe ve karmaşıklığa yönelen genel bir eğilim olmadığını görürüz. Yaşam, karmaşıklığı arttırmaya yönlenmiş olmadığı gibi, kaderinde giderek daha karmaşık bir hale gelmek de bulunmamaktadır.

Karmaşıklık, evrime açık olan iki yoldan sadece biridir ve bu yol, türlerin küçük bir bölümü tarafından az düzeyde kullanılmıştır.

Evrimle bağlantılı sistematik gelişme efsanesi ve yaşamı karmaşıklığa doğru itmesi önceden kararlaştırılmış olan gizemli can veren ruh çağrışımları, yalnızca narsistik fikirlerdir. Stephen J. Gould'un sunumu, yaşam tarihinin var olma nedeninin artan karmaşıklık olmadığı sonucuna ulaşmaktadır. Bakterilerin içinde, gelişerek insanların kendilerinde gördüğü "üstün" ve mükemmel yaratığa ulaştıran önceden tasarlanmış bir genetik program yoktur. Bizler, çok hücreli hayvan şekillerinden başlayan önceden tasarlanmış bir plan olmaksızın detaylandırılmış muhteşem bir Lego inşaatını temsil etmekteyiz. Biz, önceden tasarlanmış bir modelin gerçekleştirilmiş hali değiliz; biz sadece hücrelerin bir araya toplanmasına yol açan rastlantısal bir süreç tarafından üretilmiş milyonlarca modelin en karmaşıklarından biriyiz.

Bu güzel sunumun, bir sistemden diğerine çok hücreli yaşamın doğuşunu simgeleyen geçişin nedenlerini açıklamadığını gözlemlemek yararlı olabilir. Stephen J. Gould, bu geçişin sadece hangi yolun açık olduğuna bağlı olduğunu, evrime sunulan olasılıklardan biri, bir anlamda mantıklı bir geçiş olduğunu tahmin etmektedir.

Çok Hücrelilik: Çok Sayıda Grup ve Organizma için Ortak bir Yenilik

Çıplak gözle görülebilen yaşamın ortaya çıkışını anlatan bu doğa tarihini örnekleme olanağını bana sağlayan Lego oyunu benzetmesi, en önemli noktayı vurgulama avantajına sahiptir. Karmaşık yaşamın evriminde her şey, temel bir yenilikle başlar – hücrelerin birleşmesi ve daha sonra bir topluluk halinde yaşarken uzmanlaşmasına (farklılaşması) olanak sağlayan bir süreç. Bu, gözümüzle görebildiğimiz çoklu yaşam yapılarınmalarının başlangıç aşamasıdır.

Lego oyunu 1958 yılında patent altına alınmıştı ve patent, tek bir teknik buluşu kapsıyordu: Parçaları birbirine tutturma sistemine. Mucitleri, icatlarını "yaratma gücü" olarak etiketlemeyi hedeflediler. Bu yaratma gücü, değişik boylara, şekillere ve renklere sahip parçaları sayesinde zenginleştirilmişti. "Yaratma gücü" sloganı, hücre ortaklığının meydana getirdiği daha büyük oyun için de geçerlidir; birleşmeleri ve farklılıkları, çok hücreli organizmaların yaratılmasına olanak sağlamıştır.

Hücreler birbirlerine tutunma ve farklılaşma yeteneğini kazandıktan sonra, doğa, elinde binlerce değişik Lego parçası bulunan, aşamalar halinde, modüler bir proje – fiziksel, kimyasal ve biyolojik dış kuvvetlerle uyum içerisinde olan güçlü kuvvetli iskeletler –tasarlayan bir çocuk gibi davranmaya başladı. Başarılı her proje, başka mimariler için sonsuz ölçekli iyileştirmelerin dayanağını oluşturdu. O noktadan itibaren, üç boyutlu yenileşim alanı açılmıştı.

Birkaç hücreden meydana gelen hayvanların, mantarların ve alglerin ortaya çıkışı, eski bir özdeyişe ait evrensel mantıktan ortaya çıkıyormuş gibi görünüyordu: *Birlikten kuvvet doğar.*[40] Bu birliktelik, çok hücreli yaşamın, çıplak gözle görülebilen yaşamın başlangıcını işaretlemiştir.

Yaşamın ayrıntılarının belirlenmesi sırasında bu stratejinin daha önce uygulanmış olması, dikkate değer. Aslında, ilk hayvan ve bitki hücrelerinin bakterilerin birleşmesi ile nasıl ortaya çıktığını bölüm 4'de anlatmıştım. Endosembiyoz, yani birkaç bakterinin kaynaşması, hayvan ve bitki yaşamını güçlendirmiştir. Başlangıç noktası, ökaryotların başlangıcı, buydu.

Birbirinin aynısı birkaç hayvan veya bitki hücresinin birleşmesi ile ortaya çıkan birliktelik, yeni ortamları fethetme potansiyeline sahip hücre toplumlarına giden yolu açtı: Kıta sahanlıklarının dar, aydınlık tabanları ve daha sonra, kuru toprak. Böylece yaşam, sıvı yaşam ortamlarından ayrılarak karaların üstüne yayıldı.

Bu tarihçeyi ortaya koyduğuma göre, bir noktaya dikkat edilmesi gerekir: Çok hücrelilik ve hücre uzmanlaşması, hayvanlar, mantarlar ve çeşitli bitki soyları tarafından aynı sırada ve birbirlerinden bağımsız olarak benimsenmişti; yani bunlar, ortak bir tek hücreli veya çok hücreli ataya sahip değildirler. Yaşama ilişkin en son yapılan sınıflandırmalar, temel olarak dokuz "bitki" soyu (hepsi klorofil içeren organizmalar) ortaya koymaktadır. Günümüzde bu dokuz soyun tek hücreli temsilcileri mevcuttur ve altı tanesinde de çok hücreli yaşam şekilleri bulunmaktadır (kahverengi ve kırmızı algler ve yeşil bitkiler dahil).[41] Diğer organizmalarda - hayvanlar ve mantarlar - on iki belirgin soydan iki tanesinin içinde çok hücreli yaşam şekilleri mevcuttur (bir mantar soyu ve çıplak gözle görülebilen bütün hayvanlardan meydana gelen kalıtımsal soy).[42]

Böylece, etrafta çok hücreli temsilcilere sahip sekiz farklı, bağımsız soy bulunmaktadır. Bu soyların hepsinin dikkat çekici şekilde benzerlik taşıyan karmaşık sosyal yapıları edinmiş olması, hayret uyandırıcıdır. Hücre farklılaşmasının ardından, bu toplu ve eş zamanlı eğilimin (birbirinden farklı bu soyların hepsinde birden) ortaya çıkmasını nasıl açıklayabiliriz?

İlk olarak çok hücreliliğin ve hücre farklılaşmasının elde edilişinin, belirli bir nedene bağlı bir etki olarak ortaya çıkmış olduğunu hatırlayalım: Yerleşik yaşama geçiş. Dolayısıyla, çok hücreliliğin doğuşu, benzer koşullar altında canlı kalmak için gösterilen uyumun mantıksal bir sonucundan ibarettir. Bu durumda, iki varsayımı değerlendirmemiz gerekir:

- Ya organizmalara kıyı şeridindeki deniz tabanında yaşam ile iyi şekilde uyum sağlamış çokhücrelilik kazandırmak üzere doğa tarafından seçilmiş mutasyonlar, bütün çok hücreli soylarda *bağımsız olarak* ortaya çıkmıştır;
- Ya da bütün çok hücreli soylar, koşullar uygun hale geldiği (yerleşik duruma geldikleri) zaman çok hücreli hale gelmelerine olanak sağlayan aynı bilgilere başlangıçta (daha tek hücreli durumdayken) sahiptiler.

Çok Hücrelilik: Bir Yakınsak Evrim Ürünü mü?

Eğer ilk varsayım doğru ise, çok hücrelilik, değişik soyların o sırada geçerli olan çevre koşullarına karşı dolambaçsız fırsatçı bir uyum sağlamayı benimsemelerinden, yani yakınsak bir evrim gerçekleştirmelerinden kaynaklanmış olurdu. *Yakınsak* deyimi, ortak bir soruna karşı farklı soylar tarafından benzer bir ideal çözüm benimsenmesini kastetmektedir.

Fiziksel kuvvetler veya kimya yasaları moleküller, hücreler ve hücre bölünme planları üzerine etki eder ve genetik karışmalarla mutasyonların birbirleri ile otomatik olarak kol kola girmesine neden olur, bunun ardından da doğal seçilimin gücü, soyu ne olursa olsun (böylece bütün soylar iplikçik, top veya kabuk olarak ortaya çıkarlar) benzer bir çok hücreli yapının benimsenmesine yol açar.[43] Bunun ardından çok hücreli durumun ortaya çıkışı, paylaşılan bir nedene karşı basit bir kendi kendine örgütlenme tepkisi olacaktır.

Yukarıda anlatılanlar, çok hücreliliğin doğuşu için *materyalist* bir varsayım oluşturmaktadır. Bazı yazarlar, bir organizmayı içindeki genetik bilgilerden ibaret kabul ederek tam anlamıyla açıklamanın mümkün olamayacağını vurgulamak amacıyla, çok hücreli yaşamın şekillenmesi ile ilişkin bu sistemi tanımlamak üzere *sistemik* (dizgesel) ifadesini kullanmayı tercih ederler.

Yaşamın tarihinde yakınsak stratejiler için verilebilecek çok sayıda örnek bulunur. Belirli durumlarda bağımsız gruplar benzer şekillere, hatta bazen ürkütücü bir şekilde benzer şekillere bürünebilirler. Yunuslar ile köpek balıkları örneği, en tanınmış örneklerden biridir. Bu deniz hayvanlarının her ikisi de suda hızlı bir şekilde hareket etmelerine olanak sağlayan yüzgeçleri bulunan iğ biçimli birer vücuda sahiptir. Bununla beraber, çok farklı gruplara aittirler: Köpek balıkları balık olmasına karşın, yunuslar memelidirler. Bu hayvanlar, yakınsaklaşmışlardır; vücutları, hızlı yüzmeye olanak sağlayan yenilikleri tercih eden seçim nedeniyle yavaş yavaş gelişerek dönüşüme uğramıştır. Benzer kısıtlamalar, onlara benzer şekiller kazandırmıştır.

Stephen J. Gould, biyolojide yakınsaklık olgusunu göstermek için birbirinden çok farklı iki organizma tarafından, istiridyelerle çok yakın akraba olan bir yumuşakça ve bir tür fener balığı tarafından geliştirilen, olağanüstü şekilde birbirine benzer iki özelliği örnek olarak verir.[44] Her iki hayvan da, vücutlarının bir parçasını küçük balıkları andıran bir zoka şekline sokmuştur (Bu elbette bir gecede olmadı; bu sonuca ulaşmak için yüz binlerce yıl süren bir evrim geçirmek gerekti). Fener balığı, zokasını koskoca ağzının önünde dalgalandırır ve onun cazibesine kapılan küçük balıkları yutar. Yumuşakça, balığa benzeyen zokasını hareket ettirerek bir balığı kendine çeker; meraklı balık yaklaştığı zaman da larvalarını ona doğru püskürtür. Larvalar, balığın solungaçlarında parazit olarak yaşamaya başlarlar. Bu örnek, yakınsak evrim için verilebilecek en çarpıcı örneklerden biridir.

Paleontolog Simon Conway Morris, yakınsaklıklar için biraz daha az sistematik olan bir rolün uygun olduğunu düşünmektedir. Çok sayıda örnek vererek yakınsaklıkların önemli bir evrimsel eğilimin kanıtları olduğunu göstermeye çalı-

şan Morris'in görüşüne göre, bu örnekler evrimin sapabileceği yolların sayısının kısıtlı olduğunu ortaya koymaktadır. Evrim, pek çok fiziksel ve kimyasal koşul tarafından yönlendirilmektedir.[45] Conway Morris'e göre, evrimin sapabileceği yolların sayısı bu nedenle epeyce kısıtlıdır ve bu kısıtlılık, yakınsaklıkların ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Nobel ödülü sahibi Christian de Duve de aynı sonuca ulaşmıştır; onun görüşüne göre rastlantısal olayların olası sonuçları sınırlı sayıdadır.[46] Bu nedenle evrim, seçici bir optimizasyondur ve bu nedenle yakınsak şekiller oluşturmaktadır.

Dolayısıyla, evrimde yakınsak uyarlamalar bu kadar yaygın olduğu için, bu kadar çok sayıda çok hücreli soyun kökeninin yerleşik bir yaşam için geliştirilen ideal bir stratejiden kaynaklandığını düşünebiliriz. Bunun ardından, artan karmaşıklığı da türlerin kıyı yaşamı ile uyumlu hale gelmesine olanak sağlayan bir yakınsak yol olarak görebiliriz. Bu bakış açısı, çok hücreliliğe giden evrim sürecinin bir bütün olarak, tek hücreli organizmalar tarafından çeşitli nedenlerle yerleşik bir yaşam tarzının benimsenmesi sırasında başlamış olma olasılığını görmemize olanak sağlar. Yazarlar, eşey hücrelerinin daha iyi şekilde üretilmesi veya sabit bir konumda ya da deniz çökeltileri içine gömülmüş bir konumdayken besin bulma işlemini kolaylaştıracak hücresel işbirliği sistemlerinin ortaya çıkmasını, bu nedenler için verdikleri örnekler arasında saymaktadırlar. Her iki durumda da, ata rolünü üstlenen tek hücreli organizmanın başlangıçtaki kalıtımsal soyu ne olursa olsun, sürecin bir anlamda kendi kendini düzenlemiş olması gerekmektedir.

Çok Hücreliliğin Ortaya Çıkışı: Paylaşımlı Yazılımın Sonucu mu?

Çok hücreliliğin doğuşunu açıklayan ikinci kuram, çok hücreli soyların bütün tek hücreli ataları tarafından paylaşılan genetik bilgileri işaret etmektedir. Bu durumda, organizmaların yerleşik duruma geldikleri zaman çok hücreli hale gelecek şekilde önceden programlanmış olması gerekecektir. Bu kuram, belirleyici bir olgunun varlığını (çok hücreliliğin önceden kararlaştırılmış olduğunu) öngörmektedir.

Tıpkı evrim konusunda yapılan yorumlarda olduğu gibi (bölüm 5), değişik düşünce akımları bu belirleyicilik üzerinde farklı bakış açıları ortaya çıkmasına yol açmıştır. Çoğu insan için, kendi görüntüsüne sahip mükemmel bir eseri – insanı – ve insan için yararlı olan her şeyi (hayvan ve bitki örtüsüne ait yaratıkları)

yaratan, sadece Tanrı'dır. Çeşitli dinlerin öğretilerine göre, hiçbir şey hiçbir zaman evrim geçirmemiştir; her şey kasıtlı olarak yapılmıştı, her şey önceden kurulmuştu, her şey önceden kararlaştırılmıştı, her şey *akıllı tasarım* ile tasarlanmıştı. Bu yüzden, yaşamın tümü kutsaldır. Tanrı, "Evrenin Yüce Mimarı" (bazı farmason yeminlerinde kullanılan bir ifade), "Yaşamın Yüce Tasarlayıcısı" (Yahova Şahitleri tarafından kullanılan bir ifade), ve daha yakın zamanlarda da "Akıllı Tasarımcı"dır.

Yahudi-Hıristiyan ve İslam dinleri, yaşamın ve insanın tasarlanmasındaki bu ilahi güç üzerine kurulmuştur. Olayların tümü, ilk peygamberlerin yazılarında gayet iyi açıklanmıştır. Bazı Doğu dinleri, daha önce yaşanmış olan organizmaların başka bir vücut içinde yeniden dünyaya gelmesini temel alan planlı bir yaşam tasarımı üzerine kuruludur.

Dinsel doktrinlerle uyum içinde olan bu belirleyici yaşam tasarımının üzerine, aykırı bir görüş oluşturma cüretini gösteren birkaç cesur filozof tarafından on yedinci yüzyıldan itibaren bir gölge düşürülmüştür. Bir taraftan o sıralarda çok tartışmalı olan görüşlerini ifade ederken diğer taraftan kendini korumak amacıyla çok dikkatli şekilde hareket ederek Tanrı'yı doğa olarak tanımlayan (*Deus sive Natura*) Hollandalı filozof Benedict (Baruch) Spinoza'yı (1632-1677) unutmamamız gerekir. Şu iki alıntı, onun devrim yaratacak nitelikteki bakış açısını en iyi şekilde ortaya koymaktadır: "*Nature finem nullum sibi praefixum habet*" (doğada önceden belirlenmiş hiçbir sabit hedef yoktur) ve "*Omnes causae finales nihil nisi humana sunt figmenta*" (Asıl amaçların tümü, sadece insan hayalinin ürünleridir).[47]

Spinoza, ilkelerini 1662 ile 1677 yılları arasında, Vermeer'in stüdyosundan sadece birkaç kilometre uzakta, Vermeer *Astronom* adlı tablosunu yaparken (1668) yazmıştır!

Hiç şüphesiz, tek hücreli organizmaların yerleşik hale geldikleri zaman kaçınılmaz bir şekilde çok hücreliliğe geçmelerini zorunlu kılan paylaşımlı bir belirleyicilik üzerine başka bir açıklama da oluşturmamız mümkündür. Fakat bu noktada, aşağıdaki uslamlamanın tamamen kişisel olduğunu ve bazı biyologların beni temelsiz spekülasyonlar içinde tepinip yuvarlanan bir ateist olarak tanımlamaktan zevk duyacağını ifade etmek zorundayım. Çok hücreliliğin ortaya çıkışına ilişkin bu diğer senaryoyu ayrıntılandırırken, çok hücreli toplumların inşa edilmesi açısından iki karmaşık mekanizmanın ortaya çıkışı bana çok önemli görünmektedir:

- *Hücreler arasında birbirine tutunma ve ortaklık kurma sistemi* (bölünmelerine karşın birbirlerine sıkı sıkıya bağlı durumda kalmaları ve sonra iletişim sistemleri vasıtasıyla hep birlikte hareket etmeleri)

- *Hücresel farklılaşma* (gelişme sırasında hücrelerin uzmanlaşarak değişik roller ve işlevler üstlenmeleri)

Sosyal yaşama ve karmaşık yaşam şekillerinin inşa edilmesine olanak sağladıkları için, bu yenilikler bana olağan dışı görünmektedir. Böylesine özel yeniliklerin birbirinden farklı iki soyda birden ortaya çıkma olasılığının sonsuz ölçüde küçük olacağını ileri sürmek, bana mantıklı gelmektedir.[48] Buna karşın bu yenilikler, sekiz değişik soyda görülmektedir!

"Birlikten Kuvvet Doğar" Programı

Kalıtımsal açıdan birbirinden bağımsız pek çok grupta çok hücreliliğin belirleyiciliğini ve buna eşlik eden hücre uzmanlaşmasını açıklamak için, çok hücreli organizmaların bütün atalarında belirli genetik bilgilerin ve bu atalar yerleşik konuma geçtikleri zaman etkinleşen bir programın var olduğu yolunda bir varsayım yürüteceğim. Bu organizmaların hepsinin ortaklaşa sahip olduğu (fakat henüz bilim tarafından keşfedilmemiş olan) bu genetik bilgileri veya programı "birlikten kuvvet doğar" şeklinde adlandıracağım.

Bu ortak mekanizma, hayvan veya bitki yaşamının karmaşık hale gelmesinin kaçınılmaz bir kader olduğu anlamına gelmez. Aslına bakılacak olursa, tam da bu noktada, bu kuramı bilim toplumu tarafından üzerinde anlaşmaya varılmış olan üç öğe ile ilişkilendirmem gerekir.

İlk olarak, epeyce yüksek düzeyde yapılanmış, bazıları dallanmaya da uğrayan dizgeler meydana getiren ve büyük ölçekte farklılaşmış hücreler üretebilen (özel bir şekil alacak kadar uzmanlaşmamış, fakat mesela atmosferdeki azotu yakalamak gibi özel bir işlevi üstlenen) bitki benzeri bakteriler bulunmaktadır. Çok hücreli bitki benzeri bakteriler olan bu siyanobakteriler, uzun zamandır mavi-yeşil algler (veya Cyanophyceae) olarak adlandırılmaktadırlar (bakınız bölüm 3, şekil 5).[49] Şimdi, yaşamın ilk kalıntılarından bundan 3,5 milyar yıl öncesine tarihlenen bazılarının bu bitki benzeri bakterilere benzeyen çok hücreli bakteriler olduğunu göz önünde bulunduralım. Bu çok eski bakteriler, deniz dibinin kıta sahanlığı tarafından oluşturulan dar bir şeridinde yaşıyorlardı ve taş halıların, stromatolitlerin temelini oluşturuyorlardı (klişe 3 ve 4). Bunlar, uzmanlaşmış işlevlere sahip hücrelerin çok erken dönemlerde evrimleştiğinin ve bu yaşam ortamı içinde yerleşik bir yaşama uyum sağlayan çok hücreli yaşam şekillerinin kanıtlarıdır.[50] Stromatolitlerin sosyal (çok hücreli) yapı ustaları, kendilerine bir tür ölüm-

süzlük kazandırmış olabilecek bir yerleşik yaşam sisteminin öncüleriydi: Bunların kendilerine çok benzeyen ardılları, günümüzde hâlâ yaşamaktadır.

İkinci olarak, günümüzdeki bakterilerin genomlarının incelenmesi ve kökenlerinin araştırılması, büyük bir bilgi karışımının varlığı yolunda kanıtlar elde edilmesini sağlamaktadır.[51] Her bakterinin genomu, pek çok kez meydana gelmiş küçük miktarlardaki genetik malzeme alışverişinden gelen bilgilerin oluşturduğu bir kırkyama işi gibidir. Bütün bakteri grupları, diğer gruplardan miras olarak gen almış veya onlarla gen alışverişi yapmıştır. Bu nedenle, Arkebakteriler (veya bölüm 3'de kemobakteri olarak adlandırdığım Arke'ler) ile Öbakteriler (çoğunlukla bitki benzeri bakteriler ve mantar benzeri bakteriler) arasında ortak genetik bilgiler bulunmaktadır.

Ve üçüncü olarak, tek hücreli hayvanların ve bitkilerin yaratılışı, bakterilerin kaynaşması (endosembiyozlardan; bölüm 4 içindeki açıklamalara bakınız) ile meydana gelmiştir.

Dolayısıyla, genetik temelli hücre birleşmelerinin "Birlikten kuvvet doğar" durumuna (çok hücreliliğe) giden bir uygarlık oluşturması, en az 3,5 milyar yıl önceki ata bakterilerde ortaya çıkmıştır (ve hücre farklılaşması, bitki benzeri bakterilerde 2,45 milyar yıl önceden itibaren görülmektedir). Bu kalıtımsal bir mekanizma olduğu ve zorunlu olarak bir nesilden diğerine aktarıldığı için, sonradan 2,7 milyar yıl önceden başlayarak bitki ve hayvan soylarının ortaya çıkmasına yol açan endosembiyozlarda rol alan bazı bakterilere de aktarılmış olduklarını öngörmek, makul bir düşünce şekli olacaktır. Avcı bakteriler tarafından yutulan ve bunların vücutlarının içinde evcilleştirilmesi sonucunda ilk hayvan ve bitki hücrelerinin ortaya çıkmasına yol açan bakteriler arasında bazılarının "Birlikten kuvvet doğar" anlamına gelen kalıtımsal, sosyal bilgileri taşıdığı, neden düşünülmesin?

Çok hücrelilik mekanizmasının, çok hücreli hayvan türlerinde görülen patlamadan *üç milyar yıl* önce ortaya çıkmış olduğunu ve geçmişte ya da günümüzde, yerleşik veya bağlı bir şekilde yaşamış veya yaşamakta olan tek hücreli organizmaların tümü tarafından benimsenmiş olmadığını vurgulamak isterim. Modern bakterilerin çok büyük ve bitkilerle hayvanların büyük bölümü, deniz veya kara toprağının içinde yaşamakla beraber tek hücreli olarak kalmışlardır. Kendi kendini çok hücreliliğe doğru yönlendiren yakınsaklık mekanizması (ilk varsayım), evrim için avantajlı bir ortamda yaşadıkları birkaç milyar yıl boyunca çok sayıdaki bu tek hücreli organizmalara uygulanmamıştır.

Varsayımım, anormal görünen bu durumu açıklamaktadır: Yerleşik koşullar altında tek hücreli olarak kalan bu organizmaların hiçbiri, kalıtımsal "Birlikten kuvvet doğar" bilgilerini miras olarak almamıştır.

Öyleyse, henüz keşfedilmemiş olan mekanizma, kullanıcılar tarafından sonsuz şekilde geliştirilip iyileştirilebilecek bir bilgisayar kullanma yöntemi ile eşdeğer olacaktır. Bu sistem etkin konuma getirildiği zaman, ondan yararlanan organizma başarılı toplulukların ortaya çıkmasını sağlayan bilgileri veya programları belleğinde tutmak üzere kendi yenilikçi ilkesini (çok hücreli yaşam ve farklılaşmış hücreler) kullanabilir. Bu varsayım, ayrıca bizi varlığını sürdürme olasılığına sahip toplulukların ister istemez mantığa uygun olması gerektiğini düşünmeye de sevk eder. Bunların birbirlerine bağlanmaları, modeli meydana getiren bütün parçalar için geçerli olan fiziksel ve kimyasal kuvvetlere dayanmaktadır; kendi kendini örgütleme, sadece hücresel birlikteliğin bir yolu olarak etki edecektir. Hücre kütleleri vasıtasıyla meydana gelen şekiller veya hücre birlikleri. Çevre koşullarına gayet iyi uyum sağlamış, genetik bilgilerin arasında yerleştirilmiş olan yapısal gelişimin her adımı, hepsi için ortak olan temel modele her soy için ilave edilen kişisel bir alt program gibidir.[52]

Bu durumda, çok hücreliliğin başlaması ve hayvanlarla bitkilerde hücresel farklılaşma, tam anlamı ile yakınsak olaylar değildir. Bu şekilde evrim geçirme gücü, öncelikle karmaşıklık yaratabilme yeteneğinin varlığına veya yokluğuna bağlıdır. Bu güç, aktarılabilecek ve yeniliğe olanak sağlayan bilgilerin varlığı tarafından belirlenir.

Bu, Lego oyunundaki en önemli yeniliktir. Legolar icat edilmeden önce, çocuklar sadece çok kısa ömürlü eserler meydana getirebiliyorlardı: Değişik şekil ve renklerdeki tahta parçalarını çöküp yıkılıncaya kadar üst üste diziyorlardı (Jean-François, yıkılan inşaatların sesine öykünülerek "Badaboom" adı verilmiş olan bu oyunu da oynamıştı). Kalıcı şekiller meydana getirme yeteneğini yaratan şey, bu birbirine tutunma sistemidir.

Bilgilerin bütün bireyler tarafından saklandığı yolundaki varsayım (şimdiye kadar kanıtlanmamıştır, sadece çıkarım yapma yolu ile oluşmuştur) hem redüksiyoncu, hem de sistemiktir.[53] Bu varsayım, değişik hayvan ve bitki soyları tarafından çok hücreliliğin ve hücre farklılaşmasının aynı zamanda edinilmesi için mantıksal bir açıklamadır.

Bu kuram üzerinde düşündüğümüz zaman, kendimize bu bağımsız soyların hepsinde ortak olarak bulunan aktarılabilir sosyal mekanizmanın kökeni hakkında sorular sorabiliriz. Eğer yaşamın Dünya üzerinde mevcut inorganik maddelerden ve karbon içeren moleküllerden yaratıldığını kabul ediyorsak, bu durumda "Birlikten kuvvet doğar" mekanizmasının Dünya üzerinde, evrim yolu ile ortaya çıkmış olması gerekir. Eğer yaşam önce başka bir yerde ortaya çıkmış ise (bakınız bölüm 2), bu durumda Dünya'nın meteorlar tarafından taşınan bakteri-

ler vasıtasıyla aşılanmış olması gereklidir. Acaba "birlikten kuvvet doğar" mekanizması, bu bakteriler arasında zaten mevcut muydu?

Her iki olasılık da aynı sonca yöneliyor: 3,5 milyar yıl öncesine tarihlenen bakteriler (muhtemelen bitki benzeri bakteriler), zaten çok hücreliydi! Çok hücreli yaşama ait en eski fosillerin tarihinden (3,5 milyar yıl önce) evvel yaşamın ortaya çıkmış olma olasılığı bulunan sürenin, yaşamın gelişmesi açısından hiç de dostane olmayan çevre koşulları nedeniyle çok kısa (jeolojik bir zaman ölçeğine göre) olması gerekir. Dolayısıyla ben, "Birlikten kuvvet doğar" bilgisinin Dünya'ya gelen bakterilerde zaten var olduğu yolundaki kuramı tercih ederim - onlar, ya da hiç olmazsa aralarından bazıları, çok hücreli şekiller yaşam açısından çok avantajlı duruma geldiği zaman örgütlenme kapasitesine zaten sahipti. Eğer bu spekülasyon doğruysa, bu eğilimin başka bir yerde ortaya çıkmış ve geliştirilmiş olması gerekir. Bu noktada kendimi gizemli bir uçuruma bakarken buluveriyorum.

Küçük yeşil Marslıların varlığını kanıtlamak gibi bir niyetim yok; onun yerine, Dünya'dan başka yerlerde iyi yapılanmış yaşam şekillerinin varlığının bir dizi makul varsayım tarafından öne sürüldüğünü göstermek istiyorum. Bunların neye benzediğini hayal gücü ile canlandırma işini film yapımcılarına ve romancılara bırakıyorum, onlar da uzun zamandır bunu zaten yapmaktalar. Benim yürüttüğüm akıl, sadece farklılaşmış hücre tiplerine sahip çok hücreli yaşam şekillerinin başka yerlerde var olma olasılığını değerlendirmeye yöneliktir. Ve eğer ben haklıysam, yaşamı karmaşık bir hale gelmesi için zorlayan bilgilerin yaratılmasına yol açan nedenler ve koşullar, gizemini korumaya devam etmektedir.

Burada, düşüncelerimin temelini oluşturan, onlara destek veren faraziye ve spekülasyon zincirinin farkında olduğumu tekrarlamak istiyorum. Sonuç olarak bu, yalnızca bir girişimdir. Bilimsel araştırmalar, bana makulmüş gibi gelen bu varsayımı test edecektir.

Mimari Planlar ve İşçiliğin Bölünmesi: Yaşamın Üçüncü Yaratılışı

Hayvan ve bitki örtüsünün 2,7 ila 0,57 milyar yıl önce yaşanan en büyük evrim dönemine dair bu kişisel betimleme, üç ana noktada özetlenebilir:

1. Karmaşık yaşamın gelişmesi, evrimin yollarından sadece bir tanesini oluşturur; genel kural değildir. Tek hücreli organizmalar (bakteriler ve tek hücreli hay-

vanlarla bitkiler), sayıları ve küresel kütleleri ile hâlâ gezegenimizdeki yaşam üzerinde hâkim durumdadırlar. Bunlar, kendi içlerinde evrimi sürdürmüşlerdir.

2. Yerleşik düzene geçmenin davranışsal özellikleri ve deniz kıyısı ortamının kısıtlamaları, toplu yaşam stratejisine yönelmeye neden olmuştur. Yerleşik bir yaşam tarzına gayet iyi uyum sağlamış hücre toplulukları, hücrelerin birbiri ardına eklenmesi ile ortaya çıkmıştır.
3. Çok farklı hayvan, mantar ve (çok sayıda) bitki soyu tarafından çok hücrelilik ve hücre uzmanlaşması edinilmiştir. Bu yenilikçi yaşam stratejisi, ya kendi kendine örgütlenmenin yakınsak yolları vasıtasıyla, ya da ortaklaşa sahip olunan bilgi veya programların ifade edilmesi nedeniyle benimsenmiştir. Bu ikinci durumda bütün karmaşık, gözle görülebilir yaşam şekillerinin sahip olduğu, ayrı kökenden gelen aynı mekanizma, onların hücre toplulukları için planlar oluşturmasına olanak sağlamış ve bu planlar, bir nesilden diğerine geliştirilmiştir. Bu ortak mekanizma, başka bir yerde ortaya çıkmış ve ifade edilmiş olabilirdi.

Bütün bu nedenlerden dolayı, çok hücreliliğin ve hücre farklılaşmasının edinilmesini yeni bir potansiyelin ortaya çıkışı olarak kabul ettim. Bu çıkış, yaşamın, çıplak gözle görülebilen bitki ve hayvanlara ait yaşamın üçüncü yaratılışıdır. Hücre birleşmesine ve hücre farklılaşmasına ilişkin bu ilkeler bir kez elde edildiği zaman, mutasyonların ortaya çıkardığı beklenmeyen durumlar, eşeyli üreme kaynaklı genetik karışma ve (çeşitli temel şekilleri dayatan) fiziksel ve kimyasal koşullar, daha sonra kendini besleme, kendini savunma ve üreme yeteneklerine göre seçime tabi tutulan canlı mimarileri yaratmıştır. Hücre toplumlarının bu doğuşu, üç boyutlu bir yaratma gücünün edinilmesi anlamına gelir. Bu doğuştan başlamak üzere, görülebilir yaşamdan meydana gelen inanılmaz bir ihtişam, önce denizleri, sonra da karayı ve havayı kolonileştirmiştir.

Biyologlar ve meslektaşlar: Hücre kavramının soyut olduğunu ve biyolog olmayan bir kişinin okulda nadiren yaptığı deneyler dışında yaşamı boyunca bir hücreyi asla görmediğini hatırlayın. Yine, bir maymunun evrim geçirerek insana dönüşmüş olabileceğini kabullenmek fikri, sadece iki veya üç nesil önceki atalarımıza ne kadar garip ve inanılmaz geldiğini hatırlayın. En eski mezarı 3,5 milyar yıl öncesine tarihlenen bir bakterinin bizim doğrudan atamız olabileceği fikrinin daha da garip olduğunu anlayın.

Ayrıca, biraz hayal gücünün bu kavram boşluğunu daha iyi gösterebileceğini düşünmüştüm. Jean-François'in en sevdiği oyundan bahsedişim bu bağlamda

uygundur, çünkü bütün ebeveynler ve çocuklar, blokların birbiri ile birleştirildiği bu yaratıcı sistemi tanırlar. Hiç şüphesiz, biyologlar için bir Lego parçasını bir hücreye benzetmek elbette çok önemsiz ve pek de doğru sayılmayacak bir iştir, fakat bu yöntem, konuya yabancı olanları aydınlatmayı başarmaktadır.

Sizleri Antoni van Leeuwenhoek'in kaynaşan hücreleri büyüteç altında keşfettiği çağa götürdüm. Pek çok hücre arasında düzenlenen toplumsal bir yaşamın benimsenmesi demek olan kolektivizm mekanizması sayesinde yaşamın yaratıcı bir ivme kazandığını anlamanıza Lego oyunu vasıtası ile yardımcı olduğumu umarım. Kavram boşluğu ve soyutluk, belki bu sayede biraz olsun hafiflemiştir. Evet, yaşayan her organizmada değişik şekil ve işlevlere sahip Lego parçalarından meydana gelen güzel bir model görmek gerekir. Evet, ilk parçaların bir araya gelişine bakarak, onun inşaatının nasıl başladığını hayalinizde canlandırabilirsiniz. Evet, modellerini sonuca ulaştırmak için belleği yeterli düzeye gelinceye ve bir kurgu planını kullanmayı öğreninceye kadar çalışan Jean François'in çıraklık dönemine ilişkin karmaşık kurguları anlayabilirsiniz. Evet, Lego benzetmesi ile karşılaştırmak suretiyle, iki akademik kuram hakkındaki gizemi dahi anlayabilirsiniz:

- Jean François'in halının üzerine onun yetişebileceği bir alana dağıtılmış her tür Lego parçasını başarılı bir şekilde birleştirmesini onun olgunluk düzeyi ile mi ilişkilendirmemiz gerekir?
- Yoksa, onun parçaları birbirine yapıştırmasına olanak sağlayan bir sistemin önceden var olduğunu mu her şeyden önce dikkate almamız gerekir?

Günümüzde hayranlıkla izleyebileceğimiz canlı organizmaların sayısız şekil ve rengi, büyük bir tabloda bereketi temsil eden bir kaptan dökülüyormuş gibi betimlenebilir.[54] Ancak, bu tablonun öğeleri, Dünya'nın çıplak gözle görülebilen biyolojik çeşitliliği, sabit değildir. Bunların tuval üzerindeki hareketsiz görüntüleri, yalnızca resmedildikleri andaki durumlarını yansıtmaktadır. Her şey değişmeye devam eder, hiçbir şey sabit değildir, hepsi yarın değişecektir. Yaşayan eserler, asla bitirilmez.

Vermeer, günümüzde hayranlıkla seyrettiğimiz tablolar yaratmıştır. Babam da bir ressamdı ve resimlerinin konuları önündeki tereddüdünü, boş tuval üzerindeki ilk fırça darbeleriyle birlikte modellerde yaptığı değişiklikleri hatırlarım. Bu nedenle, Vermeer'in modellerini çerçeve içine almak ve onlara canlı gibi görünen, gerçekçi pozlar vermek için nasıl uzun uzun uğraştığını hayalimde canlandırabiliyorum. Bunun yanı sıra, vermek istediği havayı da, resmini yaptığı ki-

şilerle uyumlu olarak yaratmak zorundaydı. Giysiler, dekor, aydınlatma - her şey, ilk fırça darbesinden önce kurgulanmalıydı. Sonra, ışık oyunlarını, yüz ifadelerini düzenliyordu. Bir karanlık kutu ve ufuk noktaları vasıtası ile taslak hazırlarken, perspektifin geometrik yasalarına ve orantılara dikkat etmek zorundaydı. Onun zamanında boyalar, metal tüplerin içinde satılmazdı; organik veya inorganik maddeleri öğütmesi ve bağlayıcı maddelerle karıştırması gerekiyordu. Tablolarını bu şekilde yarattı. Yani her şey, sanatçı tarafından düşünülür, önceden tasarlanır, yaratılırdı. Ve nihayet, bir tablo, ölümsüzlük için yaratılmış bir eser. Bir tuval, fakat narin, zamanın yıkıcı etkilerine veya yangın, hırsızlık, bir delinin saldırısı gibi olası afetlere açık bir tuval. Aslına bakılacak olursa, Vermeer'in *Astronom*'u, sonsuza kadar yok olmaktan son anda kurtulmuştur. Bir zamanlar Baron Alphonse de Rothschild'e ait olan eser, II. Dünya Savaşı sırasında Naziler tarafından çalınmıştı. Hitler'in göz koyduğu esere, Rosenberg tarafından el konulmuştu. İyi bir şans eseri, savaştan sonra resim bulunarak Rothschild ailesine teslim edildi. 1983 yılında Fransa, bir borca karşılık *Astronom*'u elde etti; eser, o tarihten bu yana Louvre Müzesinde bulunmaktadır.

Çok hücreli yaşamın bize kadar ulaşan uzun doğuşu sırasında, yaşamın tesadüf eseri ortaya çıkan mimari taslakların arasında bizim türlerinden birini oluşturduğumuz, omurgalıların atası olan, solucana benzer küçük bir organizmanın ortaya çıkması için kaç girişime veya kaç modele gerek duyulmuştur? Küçük solucan ve onun çok sayıda kuzeni, soylarının asil geleceği tarafından korunmadılar; onlar, gezegen çapında meydana gelen çok sayıda felaketten şansları sayesinde kurtuldular. Böylece, ortaya ikinci bir soru çıkıyor: *Gelecekleri ümit vaat eden kaç tane başka soy, ortadan kayboldu?*

Soyların acımasız bir şekilde tükenmesi, bir kez daha göstermektedir ki, evrimde hiçbir şey kesinlikle kazanılmış veya kaderi önceden belirlenmiş değildir. Her şey, bir kazanın tehdidi ile karşı karşıya kalabilir. Aslını isterseniz, küresel bir ölçekte kazalar çok sayıdadır - bunlar, flora ve faunamızı çeşitli zamanlarda harap eden büyük afetlerdir. Dolambaçsız olmaları ve tanımlamak için fazla bir zekâya ihtiyaç bulunmaması nedeniyle yaşamın tarihçesinde bunların ikincil olaylar olarak düşünülmemesi gerekir. Bunlar, yaşamın şu andaki bileşimini belirlemişlerdir.

Candide,* *Jurassic Park* ve Nuh

Voltaire (1694-1778), bilgeliği ve edebiyat, felsefe, tarih ve coğrafya alanlarına yaptığı önemli katkılarıyla tanınmış bir düşünürdür. Yazılarıyla, din savaşlarından yaklaşık bir yüzyıl sonra, özellikle Kral XV. Louis zamanında egemen olan dinsel doktrinlerden türeyen yaygın zihniyete karşı çıkıyordu. İnançlı bir insan olan, fakat dini sistemlerden, hurafelerden ve hoşgörüsüzlükten nefret eden Voltaire, bitip tükenmek bilmeyen bir başkaldırı içindeydi ve yazılarının neden olduğu düşmanlığa karşın yorulmadan eleştirilerine devam ediyordu. 1759 yılında yayımlanan *Candide, ou l'optimisme*, en tanınmış hikâyesidir.[1] Voltaire, bu hikâyede hiciv ve abartıyı yan yana getirerek zamanının "politik açıdan doğru" bazı doktrinlerine saldırmaktaydı.[2]

Candide'in hikâyesi, Candide'in Avrupa, Amerika ve Karayiplerde yaptığı ve bu sırada sürekli olarak kendi dünya görüşünü sorguladığı büyük bir gezi sırasında aksiliklerden, berbat facialardan ve korkunç felaketlerden meydana gelen uzun bir diziden ibarettir. Öğretmeni olan Pangloss, Candide'in karşılaştığı bütün felaketlerin "hayırlı" olduğunu düşünmektedir. Ona göre, meydana gelen her şey daima iyidir, çünkü her şey programlanmıştır: "Şeylerin olduklarından

* Candide, ou l'Optimism, *(Candide, ya da iyimserlik)* Aydınlanma Çağı'nın ünlü filozofu Voltaire'in 1759'da yazdığı, Pikaresk türünün en önemli yapıtlarından biridir. (Ç.N.)

başka türlü olamayacakları kanıtlanabilir, çünkü her şey bir amaca hizmet etmek üzere yapılmıştır, bu yüzden hiçbir şey gelişmeye açık değildir."[3]

Dünya savaşları arasında Fransa'da halkın beğenerek söylediği bir şarkı, Pangloss'un en sevdiği melodidir; bu şarkının nakaratı şu şekildedir: "Her şey iyidir / Madam Markiz / Her şey iyidir / Her şey harika gidiyor!"[4] Buradaki espri, şarkıdaki satırların Markiz'in başına gelen felaketlerden bahsediyor olmasından kaynaklanmaktadır.

Stoacılık felsefi ekolünün koyu bir temsilcisi olan, sürekli şekilde iyimserlik telkin eden Pangloss, insanın karşılaştığı her olayın önceden belirlenmiş olduğuna ve bizim "iyiliğimiz için" olmaları nedeniyle bunları kabullenmemiz gerektiğine inanmaktadır. Voltaire, Candide ve onun yol arkadaşlarının başından geçen zorlukların, savaşın yarattığı dehşetin adaletsizliklerin ve doğal afetlerin yaptığı etki vasıtası ile bu mantıkla alay eder. Dinin ilahi takdir doktrinini ve insanların karşılaştığı en dehşet verici kaderleri haklı gösterme veya onları programlı, kaderi önceden belirlenmiş gibi görme eğilimi içinde bulunan stoacılık türlerini[5] alaya alır.

Candide'de anlatılan afetler arasında Portekiz'in başkenti Lizbon'u yok eden korkunç deprem, göze çarpar. Bu deprem, 1 Kasım 1955 Cumartesi günü meydana gelerek 60.000 kişinin, şehir nüfusunun neredeyse dörtte birinin ölümüne yol açmıştır. Kurbanların çoğu, 1 Kasım Yortusu ayinlerine katıldıkları sırada üzerlerine kiliselerin çökmesi nedeniyle hayatını kaybetmiştir. Pangloss için bu felaket, önceden planlanmıştır ve "hayırlı"dır. Hayatta kalan talihsizlere şunları söyler: "Eğer Lizbon'un altında bir volkan varsa, bu, başka bir yerde olamayacağı anlamına gelir; çünkü şeylerin bulundukları yerden başka bir yere yerleştirilebilmeleri olanaksızdır. Çünkü her şey, hayırlıdır" (s.12).

Voltaire açısından Lizbon depremi nedensiz, tamamen beklenmedik, önceden kararlaştırılmış olmayan ve kendisine karşı insan iradesinin çaresiz olduğu, son derece dolaylı olaylara bir örnek teşkil etmekteydi. Onu ilahi bir ceza veya doğa tarafından programlanmış bir son olarak kabullenmeyi reddediyordu. Ona göre, bu doğal afet, acınası bir adaletsizlik modeliydi. 1756 Temmuz'unda bu konuda yazdığı bir şiirin vardığı sonuç, şu iki mısrada özetlenebilir:

> Bir gün her şey hayırlı olacak, ümidimiz budur:
> Bugün her şey hayırlıdır, bu yanılsamamızdır.

Kendimizi daima kandırabiliriz, fakat tarih meydana geliverir; onu hiçbir ilahi güç planlamaz.

Candide'i bütün yolculuğunda izliyormuş gibi görünen çok sayıda korkunç, beklenmedik, yaşamı altüst eden olay, Voltaire tarafından varoluşun kırılganlığına dikkat çekmek amacıyla kullanılmıştır. Tavrı ve inancı ne olursa olsun, herkes belirsiz, öngörülmesi mümkün olmayan, bazen adil olmayan bir kadere sahiptir.

Candide'in yaşamının hikâyesi, yaşam yollarının temel bir özelliğini örnekleyerek gösterebilir. Aslına bakılacak olursa, bir bütün olarak doğa tarihi her biri biyolojik çeşitliliği perişan etmiş bir dizi mahşeri felaketle doludur. Bu felaketler, bazı soyların ve türlerin körlemesine seçilmesine yol açmıştır. Eğer soyumuzun eski zamanlardaki ataları olan memeliler kellelerini erkenden kaybetme adaletsizliği ile karşılaşmadılarsa, bu tamamen bir kör talih eseridir.

Buradan hareketle, felaketlerin yaşam tarihinde dördüncü bir gelişigüzellik veya beklenmeyen durumlar katmanı oluşturduğunu söyleyebiliriz. Bu katman, mutasyonların ortaya çıkışını, eşeyli üremedeki genetik karışmayı ve varoluşun çevresel koşullarını yöneten diğer üç gelişigüzellik katmanına eklenir. Yaşamın evrimine müdahale eden bu dördüncü gelişigüzellik türü, reklamı iyi yapılmış bir örnek sayesinde günümüzde çok daha iyi tanınmaktadır: Dinozorların tamamen ortadan yok olmasına yol açan olay. Bu afet, insanın ortaya çıkışından önce mevcut olan tüm yaşamı etkilemiştir.

Jurassic Park

Jurassic Park filmi gösterime girdiği zaman, çocuklarımla birlikte seyretmek üzere kuyruğa girmiştim. Filmi iki kere daha seyrettim ve ayrıca *Kayıp Dünya: Jurassic Park, Jurassic Park III* ve Walt Disney Productions tarafından yapılan *Dinozorlar*[6] karton filmine de gittim. Muhteşem bir şekilde canlandırılan bu sürüngenlerin hem çocuklar, hem de yetişkinler üzerinde olağanüstü bir etki yaptığı, dikkatimi çekti.

Jurassic Park dizisinde insan, girişimci bilim insanları tarafından yaşama döndürülen düşman dinozorlarla karşı karşıya gelmektedir. Hayvanların çeşitliliği ve davranışlarının betimlenmesi, ortaya bir romanın bütün bileşenlerini içeren olağanüstü bir fantastik hikâye çıkmasını sağlamıştır. Belirsizliklerle dolu olan senaryoda bir aşk hikâyesi, art arda büyülenen ve dehşete kapılan çocuklar, yaşamlarını dehşet verici şekilde kaybeden iyi ve kötü tipler ve aynı anda hem sempatik, hem de korkunç olabilen garip hayvanlar bulunmaktadır. Sen Georgios'un ejderhayı öldürmesinde olduğu gibi, insanoğlu daima dinozorlara, hatta korkunç *Velociraptor* ve *Tyrannosaurus rex*'e karşı dahi, galip gelmektedir. Dinozor-

lar, filmlerdeki canilerin mükemmel bir şablonudur. Devasa ve korkunç görünümleriyle çocukları korkuturlar. Ancak, çocukların onlardan korkmasına gerek yoktur, çünkü dinozorlar artık mevcut değildir. *Fakat bir zamanlar varlardı!* Bu hikâyeyi içinde tamamen hayal ürünü olan dünya dışı yaratıkların insan ile savaştığı diğer Hollywood filmlerinden ayıran şey, bu gerçektir.

Bu filmler sayesinde bütün bir nesil, bugün sadece fosilden ibaret olan, aniden ortadan kaybolmadan önce Dünya üzerinde bu kadar çok sayıda iz bırakan, başka bir çağın büyüleyici organizmaları olan bu devasa sürüngenlerin yaşamı ve ölümü ile ilgilenmeye başlamıştır. Dolayısıyla bu filmler, halkı yaşam tarihinin bir kısmı üzerinde duyarlı hale getirmek için iyi birer araç rolü üstlenmişlerdir.

Filme giden herkesin karanlık bir salondan çıkarken dinozorlarla ilgili olarak sorduğu soru, onların neslinin tükenmesine neyin yol açtığıdır. Bol miktarda bilimsel yayım, bu filmlerin ortaya çıkışına eşlik etmiştir. Biz bu filmden, dinozorların birdenbire ortadan yok olması için paleontologların birkaç varsayım önerdiğini öğrendik.

Bunlar arasında en sıradan olanlardan biri, çok tehlikeli bir bakteri veya virüs salgınıdır. En hayret uyandırıcı olanı ise, dinozorların birdenbire husyelerinin aşırı ısınmasına yol açarak onları kısırlaştıran bir global ısınma ile karşı karşıya kaldıklarını öne süren bir senaryodur.[7]

Dünya'ya düşen büyük bir meteor varsayımı, ilk olarak 1980 yılında ortaya atılmıştır.[8] Bir asteroit kayası veya buzdan bir kuyruklu yıldız, Dünya'ya çarparak patlamış, bütün gezegeni saran bir toz ve curuf bulutu yaratmış, uzun, karanlık, buzlu bir kış meydana gelmesine neden olmuştur. Bu ani iklim değişikliği sonucunda bitki örtüsünün çoğu yok olmuştur. Bu durum, önce otobur dinozorların, sonra da onlarla beslenen etoburların ölümünü açıklamaktadır.

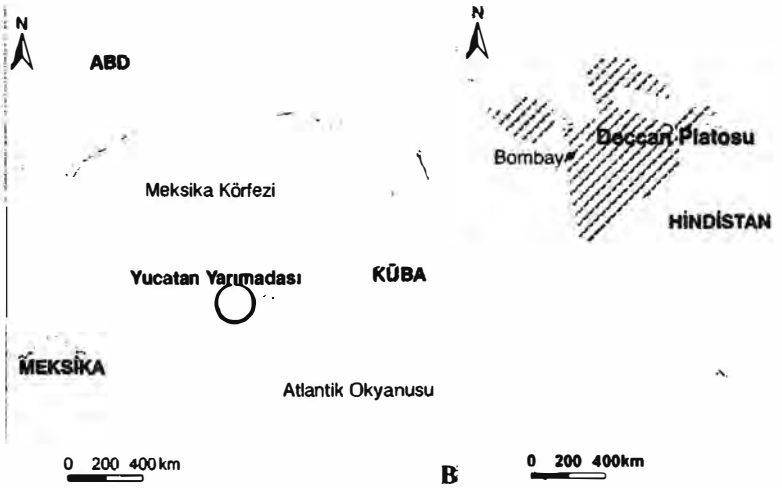
Bu varsayım, çok titiz bir bilimsel soruşturmanın öğeleri tarafından desteklendi. İtalya'da dinozorların ortadan kalktığı döneme ait kayaları dikkatle incelerken, planktondan türeyen kalker katmanları arasına gömülmüş ince bir kil tabakası ile karşılaşan bir jeologun içinde merak uyandı. Alt katman tebeşir döneminin sonunu gösteriyor, üst katman ise denizdeki biyolojik çeşitliliğin dikkat çekici bir şekilde azalması ile tanımlanan erken üçüncü zamanı simgeliyordu. Fizikçilerden yardım alarak, kilin içinde Dünya üzerinde çok ender görülen, fakat meteorlarda yaygın olarak karşılaşılan bir element buldu: Platin ile kimyasal açıdan çok yakından ilişkili olan iridyum. Sonradan bu element, gezegenin etrafında yüz farklı yerde iki çökelti katmanının arasında sıkışmış durumda keşfedildi. Aynı anormallik, her defasında 65 milyon yıl öncesine, bütün dinozorların orta-

dan kaybolduğu döneme tarihleniyordu. Bu önemli buluş, çarpan bir meteorun patlayarak gezegenin her tarafına imzasını bırakan bir etki - iridyum tozu - bıraktığı fikrinin doğmasına neden oldu.

Bu varsayım, sonradan meteor çarpması nedeniyle ortaya çıkan bir kraterin keşfi ile desteklendi: Günümüzde kısmen Meksika Körfezi'nde, Yucatan Yarımadası'nın yakınlarında deniz altında bulunan muazzam bir çukur (Şekil 22A). Bu krateri meydana getiren çarpma da 65 milyon yıl öncesine tarihlenmektedir.

Bilimsel hesaplamalar, bu çarpmanın şiddetinin hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Dünya dışından gelen, çapı 10 kilometreden daha büyük (Everest Dağı'ndan daha büyük bir kütle!) meteor, Dünya'ya saatte yaklaşık 100.000 kilometre hızla çarpmış olmalıdır. Bu çarpma, 100 milyar ton dinamite eşdeğer bir patlamaya, nükleer cephaneliklerin ağzına kadar dolu olduğu bir sırada elde edilebilecek gücün on bin katı kadar büyük bir patlamaya yol açmıştır.

Çarpışma bölgesinde bulunan her şey toza dönüşmüştü. Belirlemelere göre, iki alev dalgası meydana gelmişti: Bunlardan ilki son derece sıcaktı, buharlaşmış kayalardan oluşan bir bulut meydana getirmişti; birincisi kadar sıcak olmayan ikinci dalga ise, alev alarak karbon dioksit (CO_2) açığa çıkaran kalker ($CaCO_3$) tarafından üretilmişti. Muazzam büyüklükte bir alan, devasa bir deprem dalgası



Şekil 22. A, Yucatan Yarımadası'nın haritası ve 65 milyon yıl önce meteorun çarptığı bölge. B, Hindistan'da, 65 milyon yıl önce muazzam boyutlarda volkanik hareketliliğin yaşandığı Deccan Traps bölgesi. (Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Fabrice Javel.)

tarafından tahrip edilmişti. Çarpmanın şiddeti, bütün Dünya'yı titretti ve atmosferi uzun bir süre karartan kalın siyah bir toz tabakası kaldırdı. Gezegenimizin üzerinde yaşayan her şey, yok olmadıysa dahi altüst oldu. Pek çok tür, bu şekilde ezildi, yandı, boğuldu, dondu veya açlıktan öldü.

Bu, 1755 Lisbon depreminin küresel ölçekteki bir benzeriydi: Çarpışmadan önce Dünya üzerinde var olan türlerin dörtte biri, sonsuza kadar yok oldu. Dinozorlar, koşulların öngörülemeyecek şekilde kötüleşmesine karşı savaşmak için kendilerine sığınak bulamayan ve kaynak sağlayamayan bu muazzam canavarlar da, tamamen ortadan kalkan soylar veya türler arasında yer almaktaydı.

Günümüzde buna benzer bir durumu kim hayalinde canlandırmamıştır? Hiç şüphesiz, astrologlarımız, bir asteroitin gelişini tıpkı *Tenten'in Maceraları* adlı çizgi romanların "Esrarengiz Yıldız" adlı hikâyesinde belirtildiği şekilde görebilirler.[9] Bir uçuşa çıkarak (büyük ölçekli bir "Yıldız Savaşları" girişimi) onu havaya uçurmaya, iyi nişan alınmış bir nükleer bomba vasıtasıyla yörüngesinden çıkartmaya çalışabiliriz ... fakat eğer asteroitin kütlesi çok büyükse, kendimizi korumak ve uzun bir süre hayatta kalmaya yeterli olacak ihtiyaç malzemesini toplamak için elimizden geleni yapmak zorunda kalırız. Şurası açık ki, insanoğlunun çok küçük bir kısmı hayatta kalmak için gereken olanaklara sahip olacaktır. Faal olsun veya olmasın, madenler bannak olarak rağbet görse de, bunlar toplumlarımızın hakim güçlerin ve orduların tekeli altına girecektir. Bir zamanlar rüyamda evimin altına bir sığınak kazdığımı ve ailemi kurtarmak için gereken her şeyi oraya yerleştirdiğimi görmüştüm: Hava dönüşüm sistemi, yiyecek, su, kitaplar, aydınlanma ve ısınma için bir enerji kaynağı, vitaminler ve diğer ilaçlar. Sonra kendimi Nuh'u taklit ederken bulmuştum, yararlı olsun veya olmasın, yaşamdan mümkün olan en küçük örnekleri topluyordum - böcekler, tohumlar, küçük kuşlar, kemirgenler. Daha sonra rüyam o kadar karmaşık bir hal almıştı ki, uyandığım zaman böylesine ayrıntılı bir stratejiyi nasıl geliştirdiğime şaşıp kalmıştım.

Bir meteor çarpması varsayımı, popüler medya tarafından gayet iyi bir şekilde reklamı yapıldığı için günümüzde çok iyi bilinmektedir. Bununla beraber, en azından onun kadar akla yatkın olan ve çok sayıda kanıt tarafından desteklenen bir alternatif varsayım daha mevcuttur; Paris'de jeofizik profesörü olan Vincent Courtillot, bu varsayımı hareketli bir şekilde geliştirmektedir.[10] Kendisine ve bazı meslektaşlarına göre, dinozorlar muazzam volkanik patlamaların ardından ortadan kaybolmuştur. Dünyanın derinliklerinden gelen akkor halindeki maddelerin köpükleri, yeryüzüne fışkırarak devasa lav akıntıları (iki milyon kilometreküpten fazla) ve gaz (milyarlarca metreküp karbon dioksit, gaz halinde sülfürik asit, hidroklorik asit ve diğer pek çok zehirli madde) yaratmıştır. Batı Hindis-

tan'da (Deccan Platosu bölgesinde) meydana gelen bu durum, on binlerce yüzyıl (jeolojik zaman ölçeği için göz açıp kapayıncaya kadar geçen bir süre) boyunca sürmüş, bazalt dağlarının yükselmesine yol açmıştır (Şekil 22B). Yeryüzündeki bu fışkırmaların birbiri ardına yığılan katmanlarını günümüzde hâlâ ayırt edebilmekteyiz; devasa merdivenlere benzemektedirler. Bu oluşumlar, Fransa veya Teksas kadar büyüktür ve dinozorların ortadan kaybolduğu döneme tarihlenmektedirler.[11]

Bu iki varsayım da iyice desteklenmekte ve aynı dönemde meydana gelen dehşet verici olayları açıklamaktadır. Her iki olayın da meydana geldiğini ve hiç şüphe yok ki dinozorların ortadan yok olduğu dönemde tükenen türlerin sayısını büyük ölçüde arttırdığını kabul etmek zorundayız.

Dünya Çapındaki Geçmiş Felaketler: Evrim İçin Yapılan Devrimler

Aslına bakılacak olursa, bir meteor çarpmasının ve volkanik etkinliğin dinozorları yok eden felaketi, geçmişte meydana gelen ve bitki örtüsü ile hayvan örtüsünü şiddet dolu bir şekilde tahribata uğratan gezegen çapında birkaç afetten iki tanesi olarak kabul etmek gerekir. Omurgalı hayvan fosillerinin karşılaştırmalı incelenmesinin kurucularından biri olan Fransız doğa bilimci Georges Cuvier (1769-1832), bu kitlesel yok oluşları kolay anlaşılabilir bir biçimde ve tutkuyla betimleyen ilk bilim insanlarından biriydi. Cuvier, türlerin ortadan kayboluşunu açıklayan bir "devrimler" (Fransız İhtilali'nin dönemiydi ve kelime çok rağbetteydi) kuramını detaylı şekilde hazırladı.[12] Cuvier'e göre, bu gezegendeki yaşamın büyük kısmı, birkaç kere muazzam afetler (devrimler) tarafından kökünden yok edilmişti. Her afetin ardından, bir önceki türlerin daha gelişmiş sürümlerinin ortaya çıktığı yeni bir yaratılış meydana geldiğine inanmaktaydı. Her defasında yeni yaratılmış bir yaşamın, yeni bir denge içerisinde ortaya çıktığına inanmıştı. Türlerin bir şekilden diğerine evrim geçirebileceğine inanmıyordu. Görüşüne göre, her afetin ardından hayatta kalanlar ve yeni yaratılan türler, şekillerini dahi değiştirmeden çoğalmaktaydılar: Yaratılanlar Dünya üzerindeki yaşama ekleniyordu ve bütün türler, zaman içerisinde donmuş veya sabit idiler. Türlerin kitlesel yok oluşunun bu hayalperest savunucusu, kendisiyle aynı çağda yaşayan Lamarck'ın dönüşümler varsayımını asla kabul etmedi.

Daha sonraları afetçiler olarak adlandırılan Cuvier ve pek çok meslektaşı için durum apaçık ortadaydı: Her şey, seller tarafından birkaç kez gömülmüştü. Her

devrim, tıpkı İncil'de tarif edilene benzeyen bir tufan nedeniyle meydana gelmiş, ardından kıyılar pek şiddetli bir şekilde kurumuştu. Cuvier, kanıt olarak çok uzun zaman önce aniden suların altında kalmış olan dağlık yüksek bölgelerde şaşırtıcı şekilde bulunan çok sayıda deniz organizması fosilini göstermekteydi. İncil'de anlatılan sel, Cuvier'e göre bu devrimlerden sonuncusuydu (Dünya kabuğunun, deniz tabanını çökeltileri arasında bulunan bütün fosillerle birlikte kaydırıp kaldıran ve dağları meydana getiren veya anakaraları kaydıran hareketlerinin mekanizmaları, o sıralarda henüz bilinmiyordu).

Dünya üzerinde ilk kez ortaya çıkışlarının ardından mikroplarla tek hücreli ve çok hücreli bitki ve hayvanların gelişmelerine dair özellikleri artık çok daha iyi anlıyor olmamızın yanı sıra, aslında evrimlerinin sık sık başka tür bir şans tarafından kesintiye uğratıldığını da artık biliyoruz: Afetler.

3,85 ila 3,5 milyar yıl öncesinden (görünüşe göre Dünya'da yaşamın ortaya çıktığı dönem) 570 milyon yıl önce çok hücreli yaşama ait izlerin birdenbire ortaya çıkışına kadar, şiddetli felaketlerle sık sık karşılaşılıyordu. Bu zaman aralığı içinde atmosfer inceydi ve asteroitlerin içeri daha kolay şekilde girmesine izin veriyordu. Güneşin ve gezegenlerin oluşumunun ardından bağlantısız kalan bu kütlelerin halihazırda bolca gezinip durduğu benzer ve kararlı güneş yörüngeleri içinde toplanması, biraz zaman aldı. Fakat Dünya'nın oluşumunu izleyen ilk milyar boyunca, bunların güneş sistemi içindeki sayısı hâlâ epeyce yüksekti ve bazıları Dünya ve diğer gezegenlerle çarpıştı. Bugün, yüzey kabukları uzun zaman önce sertleşmiş olan ay ve Mars üzerinde, bu yıldız bombardımanından kalan çarpışma yaralarının izlerini açıkça görebilmekteyiz.

Aynı dönemde, buzul döngülerinin genliği - sıcaklık oynamaları - son 600 milyon yıldır Dünya üzerindeki yaşamı etkileyen ısınma ve soğuma olayları ile ilişkilendirilen değerlerin çok ötesine geçti. Bazı yazarlar, okyanusların kutuplardan başlayarak günümüzde ılıman bölge olarak adlandırılan yerlere kadar donmuş olduğu ve deniz düzeylerinin yaşamın beşiği olan kıta sahanlıklarını neredeyse kurutacak kadar düştüğü bir "kartopu Dünya" tarif ederler.[13]

Bunlar yetmiyormuş gibi, Dünya'nın yan yana konmuş hareketli kayalardan oluşan kabuğu, hâlâ çok kararsızdı. Gezegenimizin kaynamaya devam eden kalbi, pek çok yerde yüzeyi delip dışarı çıkıyordu. Yıkıcı depremler ve devasa volkan patlamaları karaların kayışına eşlik ediyor, kabuğu orada burada sıkıştırarak sıradağlar yaratıyordu.

Dünya'da yaşamın ortaya çıkışından (3,5 milyar yılı aşkın bir süre önce) 570 milyon yıl öncesine kadar okyanuslarda sadece göçebe, mikroskobik yaşamın gelişebildiğini Bölüm 6'da anlatmıştım. Yıkıcı olayların her biri boyunca bu plank-

ton benzeri yaşam şekillerinin çok küçük bir kısmı hayatta kalmış olmalıdır. Bu çok uzun süre boyunca ümit vaat eden bakteriyel türlerden kaç tanesi felaketlerin yıkımına uğramıştır? İlk bitki ve hayvan hücrelerini meydana getiren bakteri birlikteliklerinden kaç tanesi, öncü konumlarına karşın silinip gitmiştir? Planları yeni çizilmiş çok hücreli kaç yaşam şekli, egemen olma potansiyeli taşıyan soylar, kesilip atılmıştır? Bu soruların yanıtını hiç kimse bilemez. Yok edilmiş bir yaşam şeklinin tarihin akışı içerisinde gerçekleştirebilecek olduğu bir geleceği canlandırmayı asla başaramayacağız.

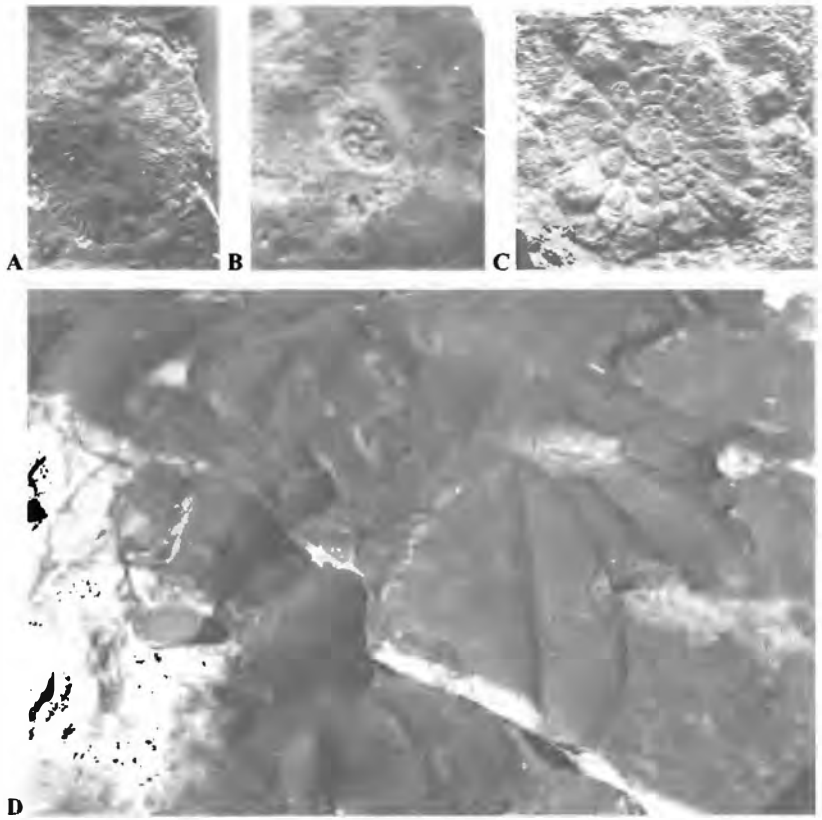
Gözle Görülebilen Yaşam, İki Afet Arasında Okyanuslarda Ortaya Çıkıyor

670 milyon yıl öncesi ile 570 milyon yıl öncesi arasında Dünya, birkaç kez bir buz topuna dönüştü. Yaşam, her seferinde ekvatorun civarında konumlanmış daracık sıcak su vahâlârına çekilmek zorunda kaldı. İlk hayvanların kolaylıkla görülebilir izler bırakması, bu aşırı iklim krizleri dizisinin sonlarına doğru gerçekleşti. Koni biçimindeki süngerler, tanımlanan ilk hayvanlardır; bunlar, 580 milyon yıl önce deniz tabanına yapışmışlardı. Fakat ilk hayvan fosilleri, birbirleriyle bitişik olarak yaşayan, garip ve çıplak gözle görülebilen canlı yapılar tarafından özellikle iyi bir şekilde temsil edilmektedir. Bunlar, çoğunlukla yuvarlak şekilli ve düzenli çizgilere sahip büyük (bazıları bir metre uzunluğa erişir) bisküvilere benziyordu (Şekil 23A-D). İzleri - basit izler - ilk olarak Avustralya'nın Ediacara bölgesinde keşfedilmişti;[14] daha sonra paleontologlar, dünyanın diğer bölgelerinde çoğunlukla 570 ila 540 milyon yıl önce ince plaj halinde oluşmuş ve sonra kumtaşı halinde kümelenmiş çökeltilerde de benzer izler bulunduğunu gözlemledi. Bu garip yaşam şekillerinin çoğu, yassı mercanları andırır.[15] Muhtemelen bazıları, dar kıta sahanlığı boyunca sürünen bir tür deniz anasıydı. Bu bulgular, büyük yassı mercanların veya deniz analarının o zamanlar, 540 milyon yıl önce jeolojik arşivlerin çoğundan birdenbire kaybolduğunu ortaya koymaktadır (bu yassı, büyük fosillerin çok azı 510 milyon yıl öncesine tarihlenmektedir). Bunlara ne oldu? Ölümcül buzullaşma mı? Bir meteor mu? Volkanik etkinlik mi? Nedeni ne olursa olsun, bu alışılmamış, yeni ortaya çıkmış yaşam birlikteliğinin çoğu, silinip ortadan kalkmıştı.

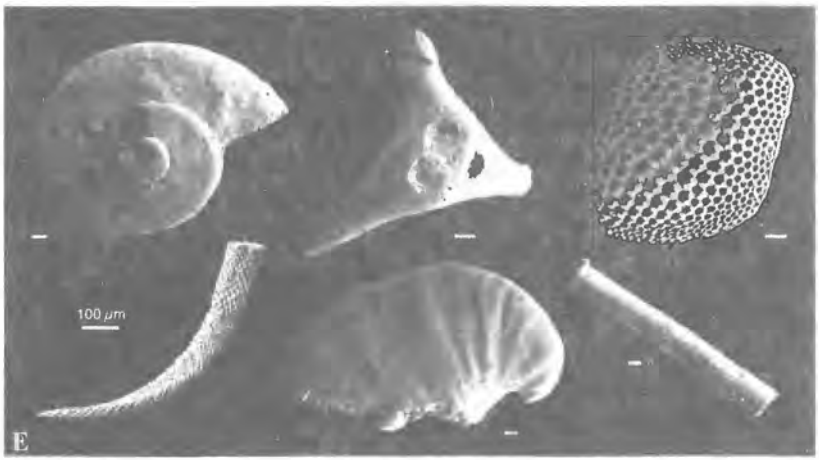
Hakim durumdaki Ediacara hayvanlarının ortadan kaybolmasından birkaç yüz bin yıl sonrasına tarihlenen kayalarda fosilleşmiş kalkerli kalıntıları küçük kabukları, boruları veya dondurma külahlarını andıran başka bir organizma gru-

bu ile karşılaşırız (Şekil 23E).[16] İlk kez Sibirya'nın Tommot kasabası yakınlarında bulunan bu hayvan örtüsü, gezegenin her tarafına dağılmış durumdadır. Bu canlı yapılar da kalıntılar bırakmış, sonra benzer bir soy bırakmadan kaybolmuştur. Neden?

540 ila 515 milyon yıl öncesine tarihlenen başka kayalarda bulunan fosillerin bolluğu, yaşamda ani bir çeşitlilik "patlaması" olduğunu göstermektedir. Yakla-



Şekil 23. Çok hücreli ilk büyük hayvanların fosilleri. A-D, 600 milyon yıl öncesine ait Ediacara hayvanları. A-C, Güney Avustralya'da bulunan değişik şekiller (A, Dickensonia; B, Tribrachidium; C, Mawsonites). D, Ediacara organizmalarının desimetrik büyük izleri (Pteridinium, yaklaşık 560 milyon yaşında, Namibya'dan). E, Küçük kabuklu fosil örnekleri. Bunlar, kalker içeren iskeletlere veya hayvan kabuklarına (örn. yumuşakçalar ve süngerler) ait ilk (540 milyon yıl öncesine tarihlenen) örneklerdir. (Fotoğraflar A-C, Pamela J. W. Gore; fotoğraf D, Shin-ichi Kawakami; fotoğraf E Li Guo Xian Li ve Jean Vannier.)



Şekil 23'ün devamı

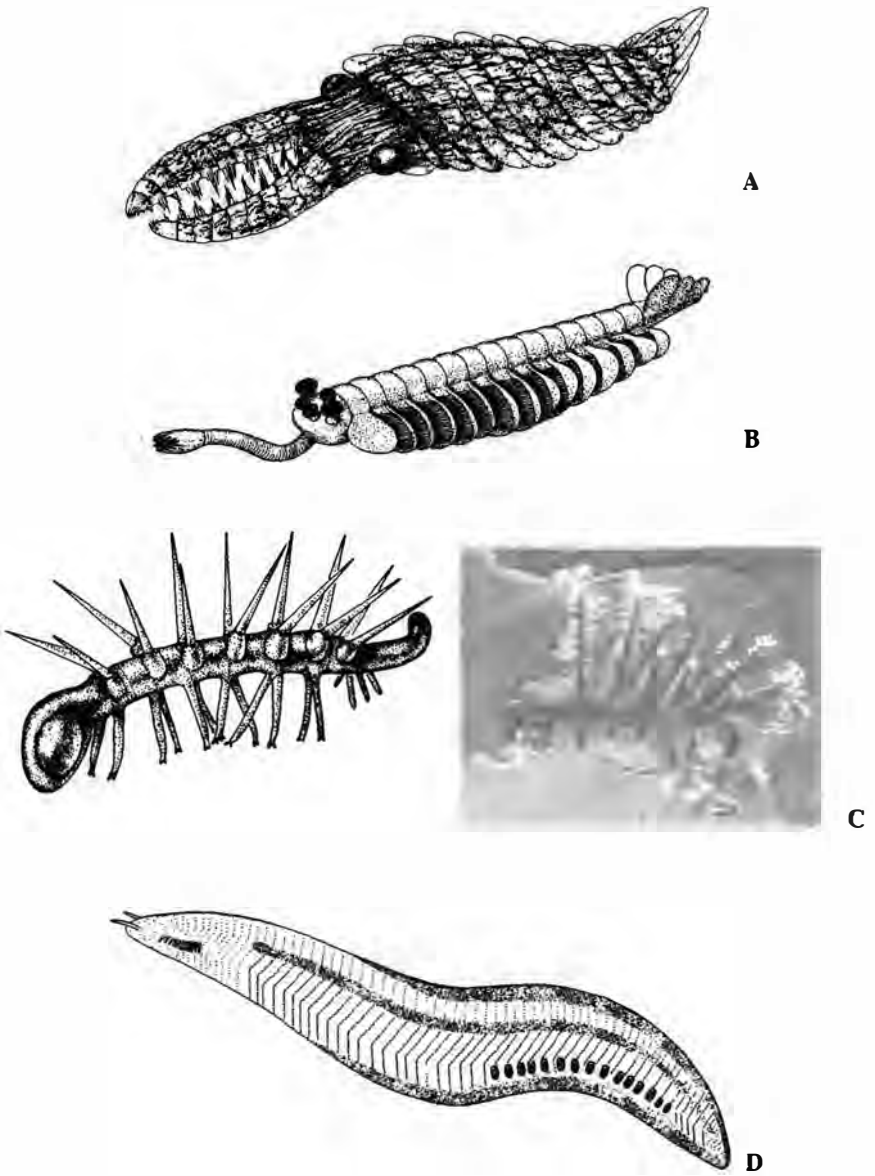
şık bir yüzyıl önce, olağanüstü fosiller içeren, birbirinden bağımsız iki büyük alan keşfedilmiştir. 1910 yılında Çin'in Yunan bölgesinin haritasını çıkartan Fransız jeologlar (o sıralarda Fransız yönetimi altındaydı), Chengjiang'da garip fosiller buldular, fakat pek fazla önemsemediler; 75 yıl sonra, Çinli paleontologlar bu fosilleri tanımlamaya başladı. Chengjiang'da 150'den fazla çok değişik hayvan bulunmuştur. 540 ila 520 milyon yıl önce gelişen bu hayvan örtüsü, hayvanlardan ve çok hücreli alglerden meydana gelen kıyıya yakın biyotik toplulukların daha o zaman çok iyi yapılanmış olduğunu göstermektedir.[17] Hayvanlar, süzücü (süngerler ve mercanlar), çürütücü (solucanlar) ve avcı (kabuklular) grubundandılar; bu son grupta omurgalılara benzeyen şekiller de bulunuyordu.

Başka bir bölge, çok hücreli yaşamda 15 milyon yıl kadar sonra (515 milyon yıl önceye tarihlenen) meydana gelen bu ani gelişmeye tanıklık etmektedir. Burası, British Columbia, Kanada'da bulunan Burgess civarıdır. Olağanüstü fosillerin bulunduğu bu birikim de yirminci yüzyılın başlarında keşfedilmiştir. 3.000 metre yüksekliğe ulaşan ve eskiden dik bayırlarla çevrelenmiş bir lagünün dibi olan çıplak bir dağın yamaçlarında bulunmaktadır. İnce kesitli Burgess şistleri, doğa hazineleriyle doludur. Garip biçimlere bürünmüş, her biri diğerinden büyük ölçüde farklı pek çok hayvan, sanki kayanın içine kazınmış gibi görünmektedir.[18] Onları keşfeden ilk paleontolog olan Charles Doolittle Walcott (1850-1927), onlara yeni isimler vermiş ve bilinen tür grupları arasında sınıflandırmıştır. Küçük silindirik şekilli olanları solucanlar olarak adlandırmış, küçük

karideslere benzeyenleri kabuklular, kâse şekilli olanları ise deniz anaları olarak sınıflandırmıştır. Burgess fosilleri, şaşırtıcı bir biyolojik çeşitlilik düzeyi sergilemektedir, çünkü günümüz hayvanlarına ait önemli vücut planlarının hepsi orada bulunmaktadır. Doğa tarihi, birdenbire süngerler, mercanlar, solucanlar, kabuklular, derisi dikenliler (deniz kestanelerinin ve deniz yıldızlarının soyu) ve omurgalıların bir atası (o sıralarda sırtında bir sinir iplikçiği bulunan küçük bir solucan tarafından temsil ediliyordu) gibi çok çeşitli hayvan kalıntıları ile zenginleşmiştir.[19] Tanımlanan ve sınıflandırılan fosiller, müze çekmecelerinde yerlerini almaktaydı. Altmış yıl sonra, bu türlerden bazılarının sınıflandırmasını sorgulamak, diğer araştırmacılar için büyük bir çaba harcanmasını gerektirdi.[20] Bu fosilleri tekrar tanımlamak için yapılan dikkat çekici çalışma sonucunda birkaç hatalı yorum kalsa da, Burgess hayvanları arasında vücut planları günümüzde tümüyle bilinmez olan hayvan gruplarına karşılık gelen bazı fosilleri açıkça görebilmekteyiz.[21] Bunlar eğer bugün ücra bir mağarada canlı olarak bulunsalardı, Marslıların dünyaya indiğine pekâlâ inanabilirdik. Bununla beraber, Burgess hayvanları 515 milyon yıl önce yaşamışlardı; alglerle veya avlanarak besleniyorlardı.

Geride sadece fosiller, gri taşların üstünde mütevazı izler, soyların yattığı bir mezarlık ve evrimin sonsuza kadar ortadan kalkmış ara yaşam şekilleri kalmıştır. Bu fosillerden bazılarını Washington D.C.'de Smithsonian Ulusal Doğa Tarihi Müzesi'nde gördüm. Boyutları beni şaşırtmıştı; görebildiklerim, günümüzde görebildiklerimizden çok farklı türleri temsil eden minicik hayvanların karanmış izleriydi. Bazıları kimeralar, yarı karides, yarı solucan canavarlardı; ucunda kıskaçlar bulunan bir hortumları ve beş adet göz küreleri vardı (Şekil 24B).[22] Romancılar ve film yapımcıları, korkutucu şekillere ve esrarengiz alışkanlıklara sahip bu küçük hayvanlardan yola çıkarak çok ilgi çekici orijinal hikâyeler yaratabilirlerdi. Fakat bunlar hem çok doğaüstü, hem de çok küçüktüler, dolayısıyla genel halkın gözünde önemsizdiler; böyle senaryolar için kötü birer aktördüler. Muazzam, acayip, etkileyici yaratıklar olan dinozorların soyları tükenmiş olan hayvanlar arasında ilgi ve duygularımızı uyandıracak ideal baş oyuncular olduğunu kabul etmek zorundayız. Onların tarihi, daima en iyi bilinen tarih olacaktır.

Halkı Burgess hayvan örtüsünün garipliği konusunda bilinçlendiren, yine Stephen J. Gould olmuştu. Yaşam tarihinin bu sayfası karşısında büyük bir heyecan duymuş ve kitaplarından birinde ayrıntılı şekilde anlatmıştı.[23] Haklı olarak, geçmişte ortaya çıkmış olan bu çeşitliliğin, yaşamın *beklenmedikliği* için en olağanüstü kanıt olduğunu tekrar tekrar hatırlatıyordu. Beklenmediklik! Bu, evrim sürecinin tümü için tam anlamıyla geçerli olan kelimedir. Kesintiye uğramış giri-



Şekil 24. Fosilleri Kanada'da Burgess yakınlarında ve Çin'de Chengjiang'da bulunan, 520 ve 505 milyon yıl önceleri arasında yaşamış hayvanların doğaüstü görünümlü şekilleri. (Çizimler Mary Parrish, Simthsonian Enstitüsü izniyle.) A, Anomalocaris (muhtemelen bir metre uzunluğa erişiyordu). B, Opabinia (6,5 santimetre uzunlukta). C, Hallucigenia (çizim ve Burgess kayalarındaki kararmış iz). D, Pikaia (en eski kordat, 4 santimetre uzunlukta).

şimlerin muazzam mezarlığı üzerinde yükselen canlı binanın ne denli kör talih eseri olduğu ve nasıl taş üstüne taş konularak yapıldığı, Burgess hayvanları tarafından mükemmel bir şekilde betimlenmektedir. Belki o sıralarda yakınlarda bulunan bir meteorun dünyaya çarpması, belki de başka bir tür ile ölümcül bir rekabet içine girilmesi gerçekleşmiş olmasaydı, şimdi dünyada egemen konumdaki hayvanın Burgess kalıntıları arasından çıkacak küçük bir yaratık - yani biz değil - olması son derece mümkündü.

Chengjiang ve Burgess fosillerinin tanımlanmalarının ve incelenmelerinin yarattığı büyük şaşkınlığın ardından araştırmacılar, yaşam şekillerinden çoğunun her iki bölgede de bulunduğuna dikkat ettiler. Her ne kadar aradan geçen 520 milyon yıl içinde anakaralar büyük ölçüde yer değiştirmiş olsa da, bir alandan diğerine benzerlik gösteren çok çeşitlenmiş bir canlı örtüsünün o dönemde büyük alanlarda geliştiğini kabul etmeliyiz. Chengjiang ve Burgess hayvanlarının torunları, dünyanın her tarafına dağılmış daha genç kayaların içinde fosilleşmiş olarak bulunmuştur. Bunun ardından, egemen soylar ortaya çıkmıştı. Bunlar arasında sayıları giderek artan türler bulunmaktaydı ve bunlardan bazıları, günümüzde var olan evrim dallarının türemesine yol açmıştı. Gözle görülebilir büyüklükteki hayvanların evriminin bu büyük ve rastlantısal temeli, bu dönemde ortaya çıkmıştı. Fakat evrimin yürüyüşü, zaman zaman durmuştu. Yaşamın ulaşılan veya ayrıntıları belirlenme aşamasında olan yeni yapısı ve çeşitliliği, birkaç kez tahrip olmuştu. 435 milyon, 355 milyon, 252 milyon, 215 milyon ve 65 milyon yıl önceye ait beş afet (muhtemelen muazzam volkanik patlamalar, meteorlar veya ilkin değişikliklerinin yol açtığı), en derin yaralara yol açmıştı (bu tarihler, gelişen jeokimyasal ve jeofizik tekniklerine bağlı olarak sürekli şekilde daha doğru belirlenmektedir). Bu krizlerden bazıları, tüm deniz canlısı türlerinin yüzde 85 kadarını yok etmişti. Her seferinde, hayatta kalan türler çeşitlendi, mevcut yaşam ortamlarına yeni uyumlar sağlamak üzere evrim geçirerek başka şekillere dönüştü ve sonunda yeni bir felaket ortaya çıktı. Egemen türler ortadan kalkarak daha önce ikinci konumda olanlara yer açabilir, onlar da sırası gelince aynı kaderle karşılaşabilir, çünkü felaketler tekrarlamaktadır. 200 milyon yıldan biraz daha önce bir meteorun Dünya'ya çarpmasının yol açtığı afetin ardından dinozorların ortaya çıkışı, bu şekilde olmuştur. Biyolojik çeşitlilikte meydana gelen bu büyük değişikliğin zamanına tarihlenen kayalarda da iridyum izleri bulunmuştur.[24] Sonra, yaklaşık 65 milyon yıl önce, egemen dinozorlar, yerlerini o zamana kadar önemsiz ve boyunduruk altında tutulan hayvanlar olan kemirgenlere bırakmışlardır. Bunlar da, sürekli evrim sonucunda önce bir maymun ailesini, sonra da insanları meydana getirmişlerdir.

Gezegen Boyutlu Felaketler: Dördüncü Şans

Bu dehşet verici olayların önemini anlamak ve yaşamın tarihi üzerine yaptıkları son derece önemli etkiyi değerlendirmek zorundayız. Beklenmeyen durumların oluşturduğu üç katmanın - mutasyonlar, genetik karışma ve ortamın koşulları tarafından gerçekleştirilen doğal seçilim - günümüzdeki yaşamı ve onun tarihçesini açıklamak için yeterli olmadığını anlamalıyız.[25]

Afetlerin ne zaman ve nerede meydana geldiğini belirleyen kör talih, evrime bağlı yeniliklerin (mutasyonlar ve genetik karışma) temelini meydana getiren beklenmeyen genetik değişikliklerden bağımsız olarak gerçekleşir. Genlerin tek bir amacı olmasına, yani kendi kendilerini canlı altsoylarına kopyalamaya ve kalıcı olmak için bütün stratejilerinden yararlanmalarına karşın, hepsi de kaderin bir fiskesinin insafına kalmış durumdadır. Nasıl genlere sahip olursa olsun, tesadüfen bir kuyruklu yıldız veya asteroitin öngörülmesi olanaksız olan yolu üzerinde veya büyük bir volkan patlamasının yakınında bulunan bir organizma, yok olacaktır.

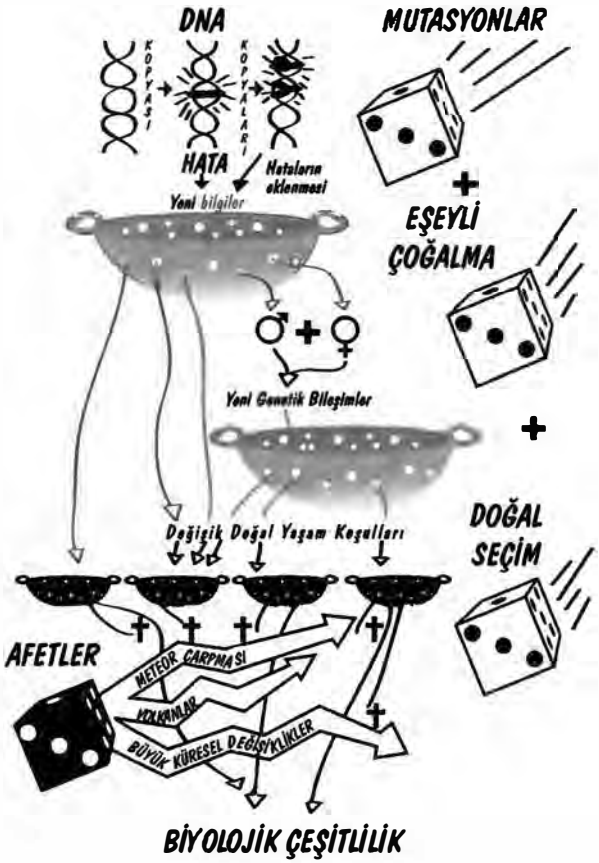
Günümüzde var olan genler, birkaç milyar yıllık bir evrimin sonucunda "daha iyi" oldukları için başarı kazanan genler değildir. Bunlar, her şeyden önce felaketlerden kurtulacak kadar şanslı oldukları için başaranlardır.

Öngörülmesi olanaksız felaketler, türleri şekillendiren çevre koşullarının rastlantısallığı tarafından meydana getirilenlerden farklı etkilere sahiptir. Bunlar, çevre koşullarına uyum sağlamış türlerin doğal seçilimine yol açan tesadüfi nedenlerin bir parçası değildirler. Aslına bakılacak olursa, yalnızca tarafsız veya çok sayıda fakat görece kararlı "normal" çevre koşulları için avantajlı olan evrimsel imalatlar sürekli olacak ve çoğalabilecektir. İçinde yetiştikleri ortamın özellikleri tarafından bitmek tükenmek bilmez bir şekilde seçilmekte olan organizmalar, rastgele olayların oluşturduğu dördüncü bir katmanla karşı karşıya gelirler. İçinde yaşadıkları ortamın olağan değişimlerine karşı ne kadar iyi uyum sağlamış olurlarsa olsunlar, önceden tahmin edilemeyecek ve soylarını tamamen bitirecek bir topyekûn yıkım ile her an karşılaşabilirler.

Çevre koşullarına karşı sağlanan uyumda ardışık iyileştirmeler yaparak yaşamı sürekli olarak şekillendiren üç tür rastlantısallık (mutasyonlar, genetik karışma ve doğal seçilim), yaratıcı ve yenilikçi olmaları nedeniyle olumlu kabul edilebilir. Bunların yaptığı etkilerin sonuçları, olumsuz olan dördüncü rastlantısallık türünün ellerine aktarılır (Şekil 25). Bunlar, etkin şekilde çoğalmakta olan ve iyi bir gelecek vaat eden soylarla düşüşe geçmiş olan soylara herhangi bir ayrım gö-

zetmeksizin vuran, kör, öngörülemez felaketlerdir. Hataları azaltıp düzelterek değil, kitle yıkımı yolu ile etki eder. Bu, bir tür *karşı-yaratılıştır*.

Bu ikilik, dinlere ve felsefelere çok erken çağlarda yerleştirilmiştir. Yaşamın yaratılışına ilişkin ruhani yorum, daima ilahi yaratılış ile ilişkilendirilmiş, buna karşın, İncil'deki sel gibi yok edici felaketler şeytanın kötü niyetli hareketleri veya Tanrı'nın cezalandırıcı hareketleri olarak görülmüştür.



Şekil 25. Evrim: Rastlantısallığın dördüncü şekli. Mutasyonlar, genetik karışma ve doğal seçilim tarafından oluşturulan üç olumlu, yaratıcı ve yenilikçi rastlantısal olay ve büyük felaketlerin olumsuz rastlantısal olayı. Kevgirler, belirli yenilikleri ortaya çıkan kitleden süzen fiziksel ve kimyasal koşulları betimlemektedir. (Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

Genetik ve moleküler biyolojinin yükseldiği çağımızda, yaşamın kimyasal mekanizmaları karşısında heyecan duymakta ve redüksiyoncu bilimin moleküler düzeydeki katkılarının yaşam tarihinin anlaşılmasını sağlayabileceğini keşfederek şaşırmaktayız. Bununla beraber, yaşam yolunun bu modele uymayan temel öğelerini göz ardı etmemek, önem taşımaktadır. Mutasyonların, genetik karışmanın ve doğal seçilimin evrim üzerindeki etkileri, derin teorik ve teknik yaklaşımlar gerektiren konular olmuştur ve öyle de kalmıştır.

Afetlerin evrim üzerine yaptığı etkiler, bir otomobil kazasında ölmeye benzer: Anlaması kolaydır, bazı soyların sona erdiğini algılamak için fazlaca bilimsel çalışma gerekli değildir. Otomobil kazalarını anlamanın kolay olması, o kazaların olmasını veya onların yaşam beklentisi üzerindeki etkilerini göz ardı etmemiz gerektiği anlamına gelmez.

Felaketlerin - "kazaların" - kör talihi, yaşam tarihinde belirleyici bir rol oynamıştır; bu kör talihin, bugün Dünya üzerinde bulunan canlı varlıkların seçimini yapan mekanizmalar hiyerarşisindeki diğer üç beklenmeyen durum ile aynı kürsüye yerleştirilmesi gerekir.

Bisküviye benzeyen *Ediacara* hayvanlarının ve dinozorların kalıntıları ile birlikte Burgess'in "yarı dünya dışı" kalıntılarıyla birlikte, bize Dünya üzerindeki biyolojik çeşitliliğin ayrıntılarının öngörülemez olduğunu, önceden belirlenmiş bir plana dayanmadığını hatırlatmaktadır. hiçbir şey ayarlanmış değildir, hiçbir şey önceden belirlenemez. Yaşam dinamiktir, pek çok kesintiyle birlikte değişmeyi sürdürmektedir: Aşırı yok oluş dönemleri, ardından göz kamaştırıcı bir yenileniş.

İncil'deki Sel, Yerel Bir Afet

Doğa, her seferinde onu aşmayı başardı.

Bütün bunlar bana ilk defa apaçık ve anlaşılır göründüğünde aklıma İncil ve rahibin kızıma öğrettikleri geldi. Eski Ahit'in ilk metinlerinde kötülüğe sapan ilk insanların hikâyesi bulunur.[26] Çok fazla günah işlemişlerdi, bu nedenle Tanrı, bu canavarları ortadan kaldırmaya karar verdi ve bu amaçla bir felaket düzenledi: Devasa bir su baskını. Sadece yaşlı ve bilge bir adam olan Nuh'u korudu ve ona karısının, oğullarının ve gelinlerinin eşlik etmesine izin verdi. Irk ıslahının aşırı bir örneği, bir tür ultra şiddetli yapay seçim olan bu hikâyede Nuh'un gemisini pek çok hayvan ve bitki çiftleri ile doldurduğunu hatırlamalıyız. Ve felaketi getiren su baskını nihayet sona erdiğinde, bu küçük topluluğu doğaya saldı, yaşam yeni baştan başladı.

Peygamberler böylesine olağanüstü bir hikâyeyi nasıl kurguladılar? Bu hikâye, gerçeği çok güzel bir şekilde simgeleyen bir benzetmedir. Aslında afetler olmuştu, her seferinde kurtulanlar olmuştu ve her seferinde, bu kurtulanlar yayıldı, çoğaldı ve çeşitlendi.

Fakat Yaradılış kitabındaki diğer ibretlik hikâyelerde olduğu gibi, şimdi Nuh'un hikâyesinin de bilimsel bir sürümü bulunmaktadır. Çok sayıda bilim insanına göre, Orta Doğu'da, Karadeniz kıyılarında veya Marmara Denizi sahillerinde, 7.150 ila 5.300 yıl öncesi arasında muazzam bir sel gerçekten meydana gelmişti. Bu sel, kim bilir nereden gelen sersemletici bir sağanak sonucunda değil, tümüyle açıklanabilir, fakat yine de vahşi ve heybetli bir olay nedeniyle ortaya çıkmıştı.

Karadeniz, Akdeniz'in kuzeydoğusunda bulunur ve bu denize Çanakkale Boğazı, Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı vasıtasıyla bağlıdır (Şekil 26). Bu denizin dalgaları, günümüzde Türkiye, Gürcistan, Rusya Federasyonu, Kırım Özerk Cumhuriyeti, Bulgaristan, Ukrayna ve Romanya kıyılarını ıslatır. Bazı yazarların[27] savına göre, bundan 7.150 yıl önce Karadeniz, Akdeniz'den ayrı muazzam bir göldü ve yüzeyi Akdeniz'in yüzeyinden 150 metre aşağıdaydı (Şekil 27A). Karadeniz'i Marmara Denizi'nden ayıran kara parçası, bir nedenle (belki de Avrupa ve Asya anakara plakalarının birleşim hattı boyunca meydana gelen bir deprem ve olağanüstü bir yağmur!) kırıldı. Akdeniz'in suları, Karadeniz'e hücum etti. Bu olayın meydana geldiğini doğrulayan kanıtları toplayan yazarlar, Çanakkale Boğazı'nı, Marmara Denizi'ni izleyen, İstanbul'un üzerinden geçen ve hacmi Niagara'nın 400 katı olan dev bir şelale halinde Karadeniz'e dökülen muazzam, çamurlu bir nehir betimlemektedirler.

Farklı büyüklüklerdeki rezervuarlar arasında sıvı akışını gözlemlemek için hazırlanan basit modeller, Karadeniz'deki düzey yükselmesinin görece yavaş olduğunu göstermektedir (bir tahmine göre, 10 yıl sürmüştür).[28]

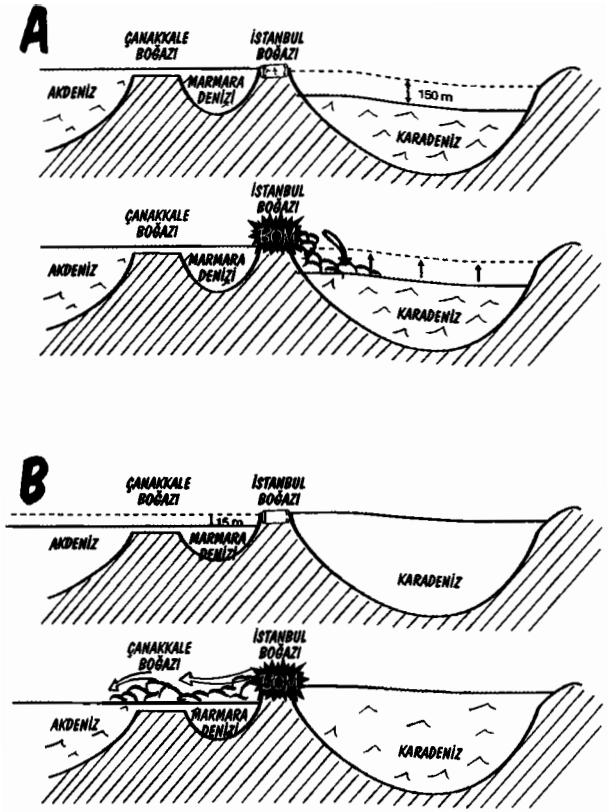
Başka yazarlar,[29] Karadeniz'in son buzulların geriye çekilmesi (12.000 yıl önce) sonucunda doğu Avrupa'nın büyük nehirlerinden, özellikle dört D'den: Tuna (Danube), Dinyester, Dinyeper ve Don nehirlerinden gelen sularla yavaş yavaş dolduğunu öne sürmektedir (Şekil 27B). Karadeniz'in düzeyi, yavaş yavaş Marmara denizi'nin düzeyine kadar yükselmiştir. Ancak, İstanbul'n batısına boşalan bir nehrin getirdiği çökeltilerin oluşturduğu muazzam bir tıpa, Karadeniz'in tatlı sularını Marmara Denizi'nin (Çanakkale Boğazı aracılığıyla 12.000 yılı aşkın bir süredir Akdeniz ile bağlantılıydı) tuzlu sularından ayırıyordu. Üzerinde henüz anlaşma sağlanamamış olan bir tarihte (7.150 ila 5.300 yıl önce), çökelti tıpası patladı. Karadeniz'den gelen sular, Çanakkale Boğazı üzerinden Ak-



Şekil 26. Karadeniz ve çevresinin haritası. Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Julien Gratiot.)

deniz'e akmadan önce, Marmara Denizi'nin kıyılarını istila etti. Karadeniz'in suları, o zamandan bu yana Marmara Denizi'nden geçerek Akdeniz'e akar.

Eğer bu varsayım doğruysa, Marmara denizinin kıyılarının sular altında kalması, birdenbire gerçekleşmişti, çünkü bu deniz oldukça dardır ve Akdeniz ile bağlantısı sadece uzun, girintili çıkıntılı Çanakkale Boğazı üzerinden sağlanmaktadır. Bu varsayımın (yani Karadeniz'in Akdeniz'den daha yüksek olduğu ve İs-



Şekil 27. Nuh'un hikâyesinin bilimsel sürümü: Orta Doğu'da, Karadeniz kıyılarında veya Marmara Denizi sahillerinde, 7.150 ila 5.300 yıl öncesi arasında muazzam bir sel gerçekten meydana geldi. A, Bir varsayıma göre afet niteliğindeki bir sel, 7.150 ila 5.300 yıl öncesi arasında Akdeniz'den Karadeniz'e akmıştır. B, Bir başka varsayıma göre, yine 7.150 ila 5.300 yıl öncesi arasında afet niteliğindeki bir sel, suyun hızla Karadeniz'den Akdeniz'e akmasına yol açmış, Marmara Denizi kıyılarını su altında bırakmıştır. (Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

tanbul Boğazı üzerinden Akdeniz'e döküldüğü) dikkate değer olan yanı, Aristo ve Eflatun döneminde Yunanlı yazarlar tarafından da düşünülmüş olmasıdır.[30]

Günümüzde bu varsayımları desteklemek üzere kanıt olarak gösterilen çok sayıda çökelti, fosil ve jeoloji araştırmasına ilişkin yorumlar üzerinde anlaşma sağlanamadığını görsek de, kesin olan bir şey vardır: 7.150 ila 5.300 yıl öncesi arasında Karadeniz'in Marmara Denizi vasıtası ile Akdeniz'e olan bağlantısı ile iliş-

kili olağan dışı bir olay meydana gelmiştir. En basit anlatımı ile bu, değişik düzeylerde bulunan su kütlelerinin birbiriyle birleşmesi ve daha alçak olan su kütlesinin bir afete uğrayarak kabarmasıdır.

Karadeniz ve Marmara Denizi bölgesi, bu olayın gerçekleştiği sırada Batı uygarlığının beşiği durumundaydı. Eldeki bütün veriler, Karadeniz'in ve Marmara Denizi'nin elverişli kıyılarında gelişmiş bir toplumun yaşadığını göstermektedir. Deniz düzeyindeki ani yükselme nedeni ile kıyılardaki bütün şehirlerin sular altında kalması karşısında herkesin her şeyi olduğu gibi bırakarak kaçması gerekmişti. Hiç şüphesiz, alüvyonlu düz ovaların kıyılarında yaşayanlar, hızla yükselen sular karşısında en büyük şaşkınlığı yaşayanlar arasında bulunuyordu ve en büyük yıkımı da onlar yaşamıştı.

Nuh adlı birinin canını diğerlerine kıyasla daha kolay kurtarmış, yaya olarak değil de bir tekne ile kaçmış, tekneye ailesinin bütün erkek, kadın ve çocukları ile her şey düzeldiği zaman tekrar işe yarayacak bütün tohumları ve hayvanları almış olması, kuvvetle muhtemeldir.

Bu tarihi olay, canlarını kurtararak çevredeki topraklara göçenleri çok derinden etkilemiş olmalıdır. Gerçekte yaşananlar, bütün Orta Doğu bölgesinde yayılarak bir nesilden diğerine aktarılan bir efsaneye dönüşmüş ve insanlara - özellikle günahkârlara - etki eden doğa üstü, ilahi güçleri göstermek amacıyla havariler tarafından kullanılmıştır.[31]

Nuh'un torunları üzerine Tanrı tarafından gönderilecek olan bir kıyamet konusu, uygarlığımızın sona ermesinin an meselesi olduğunu öne süren gurular arasında popülerliğini sürdürmektedir. Nostradamus'un inanılmaz kehanetlerini ve üçüncü binyılın yaklaştığı sıralarda müritlerini gelmekte olan kıyametin acıları ile karşı karşıya gelmektense intihar etmeye yönlendiren tarikat liderlerini hatırlayabiliriz. Bu kehanetlerin hepsi de, büyük yıkım getiren bir felaketin eninde sonunda gerçekleşeceği esasına dayanmaktadır ve bu kehanetleri ortaya atanlar, kendilerinde bulunan öngörü yeteneği sayesinde olayın tam olarak ne zaman meydana geleceğini bilebildikleri konusunda insanları inandırmayı başarmışlardır. Bu şekilde kandırılanların sayısı çok fazladır. Doğal afetlerden kurtulmayı başaranların içine düştüğü dehşet ve çaresizlikten istifade etmek amacıyla, bu afetlerin önceden belli olduğunu öne süren fırsatçı kâhinlerin sayısı da o kadar çoktur.

Candide'i okumak, konuya açıklık getirmeye yardımcı olur: Kıyametler ne programlanmış, ne de önceden yazılmıştır. Bunlar, rastgele ve beklenmeyen olaylardır. Daha da ötesi, Voltaire, su baskınının İncil tarafından yorumlanış şek-

li karşısında şaşkına dönmüştür; kendisine göre bunun İncil'de anlatılan mucizelerin en büyüğü olduğunu söylemektedir.

Voltaire'in 1734 yılında bu konuda vardığı görüş, şöyledir:

> Fakat suyun bir seferde bütün dünyayı kaplamış olması, olanaksızlığı yer çekimi ve akışkanlar yasaları ile su miktarının yetersizliği tarafından ortaya konulan bir kuruntudan ibarettir. Tevrat'ın ilk beş kitabında bildirilen evrensel tufanı en hafif şekilde olsa dahi yalanlıyor olmak iddiasında değiliz: Bu, tam aksine, bir mucizedir; dolayısıyla ona inanmamız gerekir; bu bir mucizedir, çünkü fizik yasalarına bakılırsa bunun meydana gelmemiş olması gerekirdi.
>
> Tufan tarihinde her şey mucizevidir: Kırk gün süren yağmurun dünyanın dörtte üçünü sular altında bırakması ve suyun en yüksek dağdan on beş kübit* yukarıya çıkması mucizevidir; gök kubbede perdeler, kapılar, açıklıklar bulunması mucizevidir; dünyanın her yanından gelen bütün hayvanların bir teknenin yolunu tutması mucizevidir; Nuh'un bütün bu hayvanları on ay boyunca besleyemeye yetecek malzemeyi bulması mucizevidir; teknenin bütün hayvanları besinleri ile birlikte alması mucizevidir; çoğunun ölmüş olmaması mucizevidir; gemiden çıktıkları zaman yiyecek bir şey bulmaları mucizevidir.[32]

Stephen J. Gould, tufan hikâyesinin algılanışını göstermek amacıyla, inancına ve kilisedeki konumuna karşın bu efsaneye inanmayı başaramayan papaz Thomas Burnet'in (1635-1715) hikâyesini anlatır.[33] Burnet, kendisi ile aynı dönemde yaşayan birisinin "Dünya'nın kendi içindeki suyun altında kalabileceğine inanmaktansa, bir insanın kendi tükürüğünün içinde boğulabileceğine inanmayı yeğlerim" sözünden etkilenmişti. Burnet bu görüşten caymak zorunda kaldı; gezegen boyutunda bir selin olanaksızlığını aşırı doğru bir şekilde vurgulamış ve dolayısıyla İncil ile çelişkiye düşmüştü. Gould, Cambridge Üniversitesi'nde Isaac Newton'dan sonra matematik bölümü başkanlığı yapmış olan profesör William Whiston'un (1667-1752) hikâyesinden de bahseder. Whiston'un geliştirdiği şaşırtıcı bir teoriye göre Dünya'nın çok yakınından bir kuyruklu yıldız geçmiş ve bu yıldızın sudan oluşan kuyruğu dünyayı su içinde bırakarak su baskınına neden olmuştu.[34]

Temeli neye dayanıyor olursa olsun, yaratılışın hemen arkasından felaketlere atıfta bulunulması, insanı rahatsız etmektedir. Peygamberler hiçbir şey bilmiyor-

---

* Kübit (cubit): çok eski bir ölçü birimi. uzunluğu zamana ve yere bağlı olarak değişmekle birlikte, genellikle 45 ile 65 cm arasındadır. Burada sözü edilen on beş kübit, yaklaşık 6,60 metreye karşılık gelmektedi. (Ç.N.)

lardı, ne evrim hakkında, ne de insandan önce gelenlerin yaşamlarını yok eden dramatik maceralar hakkında. Bununla beraber, bize yaşamın son derece kırılgan olduğunu ve neredeyse her şeyi yok edebilecek korkunç felaketlerin insafına kalmış olduğunu hatırlatmak amacıyla özellikle bu hikâyeyi seçtiler. Bu hikâye kendileri açısından bizim ve etrafımızda bulunan bütün canlıların kaderini yöneten ilahi gücü simgeliyor olsa dahi; peygamberler gerçek bir olayı doğruluk yolundan sapmamaları için insanlara yönelik ahlaki bir uyarıya dönüştürmüş olsalar da - "İlahi yasaları çiğneyen insanların başına bunlar gelir!" - şurası muhakkak ki, her şey bir akşamdan sabaha yok olabilir. Bununla birlikte her şey, yeni baştan başlayacaktır.

Hangi nedenlerle meydana gelmiş olursa olsun, Karadeniz veya Marmara Denizi kıyıları boyunca, 7.150 ila 5.300 yıl öncesi arasında yaşamın vahşi bir şekilde yok olduğu, bir gerçektir. Ve aynı yok oluş, 65 milyon yıl önce küresel çapta meydana gelmişti. Yaşam, ortaya çıktığı 3,85 milyar yıl önceden bu yana birkaç kere yanıp yıkılmıştır. Her seferinde, hayatta kalarak evrimin ondan sonraki akışını önemli ölçüde değiştiren felaketzedeler olmuştur. Ediacara, Tommot, Burgess hayvan örtülerinin ve meşhur dinozorların ortadan kaybolması, yaşamın bir dizi rastgele olay vasıtasıyla ortaya çıktığı görüşünü güçlendirmektedir.

Evrim: Olayların Sırası, Önceden Belirlenmiş Bir Sürecin Aksine, Şans Tarafından Belirlenmektedir

Dünya üzerinde yaşamı şekillendirmiş olan önemli olayları anlatırken, bu aşamada şöyle bir özet yapabilirim:

Yapılandırıcı üç doğuşun (bitki ve hayvan hücrelerinin temelini meydana getiren bakterilerin Dünya üzerinde görülmesi ile yaşamın - başka bir yerde - ortaya çıkışı ve farklılaşmış hücreleri ile çok hücreli türlerin ortaya çıkışı) birbirleri arasında meydana gelen dokunun evrim mekanizmalarını oluşturan üç düzey halindeki yapıcı rasgelelikle ve bir yıkıcı rasgelelik katmanı (felaketler) ile karşı karşıya gelmesi, yaşamın günümüzdeki çeşitliliğinin tarihçesini izah edebilir (Şekil 25).

İlahi yaratılış ve yaşamın önceden belirlenmiş bir şekilde doğuşu konusundaki kutsal efsanenin ortadan kaldırılmasının Darwin'in çağında şok edici olduğunu ve kültürleri hâlâ İncil'deki Yaradılış kitabını temel almakta olan kökten dinciler için günümüzde aynı niteliği taşıdığını anlıyorum. Bunlardan bazıları, onun artık inanılması mümkün olmayan güzel bir efsane olduğunun ayırtına varacak

ve içine düştükleri hayal kırıklığı, Noel Baba'nın mevcut olmadığını öğrenen bir çocuğun duygularına benzeyecektir. Değişik yaratılış türlerinin ve yaşamdaki çeşitliliğin şekillenmesini sağlayan talihin bu şekilde birbirlerinden ayrılarak incelenmesi, inananları inançlarının temellerini sorgulamaya yönlendirebilir. Ayrıca, yaşamın dur durak bilmeyen gelişigüzel katliamlar karşısında hayatta kalabilmek için verilen uzun, acımasız ve rastgele bir mücadelenin sonucundan başka bir şey olduğunu hayal etmeyi yeğleyen filozofların ve romantiklerin düşüncelerini de kökünden sarsabilir.

Talihin taşıdığı temel rolün zalim gerçekliği ile yaşamın, insan yaşamı dahil, ortaya çıkışındaki beklenmeyen durumları birbirleriyle bütünleştirmemiz gerekir. Temelde öngörülemeyen ve beklenmeyen gelişigüzel olaylar, bazen daha iyi, bazen de daha kötü sonuçlar üretir. Davranışlarımız ve geçmişimiz ne olursa olsun, bunlar kazanılmış şeyler değildir. Hem daha iyi günler ümit etmemizi haklı göstermemize, hem de talihsiz olaylarda kaderin elini veya cezayı görmemize olanak sağlayan gelenekler bağlamında, beklenmeyen durum kavramını kabullenmemiz, bu nedenle zordur.

Aslına bakılacak olursa, İncil'in yaşam tarihinin el kitabı olarak kabul edilmemesi (pek çok kökten dinci yaratılışçı öyle kabul etse dahi) gerekir.[35] Bu kitapta bulunan her şey sembolik, efsanelerle ilgili, ahlakla ilgili, ruhani ve kutsal niteliklere sahiptir. Bir yandan inançlarını muhafaza ederken diğer yandan da alev alev yanan bilimsel ilerlemeler tarafından dinin ana direklerinden biri (yaşamın yaratılışı) üzerine düşürülen kuşkuyu kabul edenler, çok eski zamanlardan kalma, ilahi mesajların modern bilgiye uyarlanabileceğine inanmaktadırlar. Bunlar, ilk tek tanrılıların İsa'dan birkaç bin yıl önce Mısır'da yaşamış olmasına karşın, ilahi mesajların yaşamın başlangıcının bir şifreyi temsil eden bir DNA molekülü olduğunun, gözle görülemeyecek kadar küçük, mikroskobik canlıların var olduğunun, bunların birbirleri ile birleşerek mutasyonlar ve genetik karışma sayesinde bitki ve hayvan örtülerini meydana getirdiğinin, bunun ardından bazı organizmaların fiziksel ve kimyasal koşullar tarafından şekillendirilen ve diğer çevre zorunlulukları tarafından seçilen çok hücreli şekillere dönüştüğünün Musa, İbrahim ve onların müritleri tarafından anlaşılmasını sağlayamamış olduğunu kabul edebilirler.

Van Leeuwenhoek, Lamarck, Darwin, Mendel, Crick, Watson ve daha pek çoğu tarafından yapılan bilimsel açıklama ve keşifler, çok eski çağlarda İncil'i, Tevrat'ı, Kur-an'ı ve Asya inançlarının kutsal metinlerini yazanlara yaşamın kökeni konusunda ilahi kelam tarafından açıklanamayan bilgilerin ilerlemesi yolunda sağlanan zaferler olarak görülebilir. Günümüzde çok sayıda din, bilimsel bilgile-

rin inançlı olanlar tarafından dahi kabul edilmesi zorunlu olan hızlı ilerlemelerini kendileriyle çeşitli şekillerde bütünleştirme eğilimi içindedir. Artık pek çok din, Tanrı'nın insanı kendi görüntüsünde yarattığı şeklinde İncil'de de yer alan sözleri, Tanrı'nın insana anlayış verdiği şeklinde yorumlamaktadır.[36] Bu dinler ayrıca, esas olarak insana Tanrı tarafından üretilenleri daha iyi bir şekilde anlamak, sürdürmek ve yönetmek için bilgileri toplama ve biriktirme görevi verildiğine inanma eğilimi içindedirler.[37] Bu bağlamda bu dinler, bilimi ve bilgiyi, ahlaki kurallarımızı ve davranışlarımızı günümüz yaşamına uygun bir şekilde yönlendirmek üzere kabul edilmesi ve geliştirilmesi gereken ilahi bir evrim mirası olarak görmektedirler (demografik baskılar ve nüfusun aşırı şekilde yükselmesi ile ilişkilendirilen biyolojik çeşitlilik erozyonu, bazı yazarlar tarafından *altıncı kitlesel yok oluş* olarak adlandırılmaktadır).[38] Bu eğilim, Amerikalı biyolog Kenneth Miller tarafından yirmi birinci yüzyılın şafağında açıkça ifade edilmiştir.[39]

Bu, bilimsel ilerleme için, rağbette olan akıllı tasarım düşüncesi taraftarlarının yaptığından farklı bir yorumdur. Bunlar, evrim sürecinde meydana geldiği yaygın şekilde kabul gören adımlar dizisini (örneğin bakteriden insana geçiş) kabul etmekte, fakat bu evrim süreci içinde beklenmeyen durumların veya şansın rolünü reddetmektedirler. Bu ruhani kuram, bütün evrim süreçlerinin önceden belirlenmiş akıllı bir tasarım uyarınca Tanrı tarafından yönetildiği inancına dayanmaktadır. Dolayısıyla, akıllı tasarım, yaratılışçılık için bir metafizik veya dinsel alternatif haline gelmiştir ve savunulması giderek zorlaşmaktadır. Bu kuram, 1990'lı yıllarda ABD'de geliştirilmişti ve ona duyulan inanç, lise müfredatına dahil edilmesinin savunuculuğunu yapan Başkan George W. Bush tarafından son zamanlarda yüreklendirilmiştir. Buna karşın, akıllı tasarım inancı bazı Katolikleri huzursuz etmektedir. 2005 Kasım ayında bir Cizvit astronomu ve Vatikan Gözlemevi'nin yöneticisi olan din adamı George Coyne, akıllı tasarım kuramını açık bir biçimde reddetmişti. Onun görüşüne göre, bu kuram bilimsel değildi ve bilimsel konuların yanı sıra öğretilmemesi gerekliydi. Bu görüşün ruhani olmadığını da eklemişti; Tanrı'yı "evreni düzenli çalışan bir saat olarak yaratmış bir Newton Tanrısı" olarak görmemizi istemiyordu. Bununla beraber, hemen hemen aynı sıralarda, Papa Benedict XVI, evrenin "akıllı bir proje" olarak yaratıldığını onaylayıp "yaratılışının yönetimsiz veya düzensiz bir şekilde gerçekleştiğini bilim adına söyleyenleri" eleştirmekteydi.[40]

Yaratılışçılığın bu ruhani alternatifi, bilimsel ilerlemelerin dini inançlar üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Din kuralları bilimsel keşiflere uyum sağlar ve eski sözler artık harfi harfine okunmamaktadır: Biz, onları yorumlamaya çalışmaktayız. Benzer şekilde, Yeni Çağ guruları bilimsel dil ör-

tüsü altına saklanmış yeni metafizik düşünce silsileleri yerleştirmeye çalışmaktadırlar. Bununla beraber, bu inançların ve düşüncelerin gelişmesi ne şekilde olursa olsun, ruhani ve bilimsel yetki alanları daima birbirinden ayrı kalacaktır. Ruhani yetki alanının yandaşları için daima inanç, iman mevcut olacaktır. Ben sadece, inananların inançlarını kaybetmeden bilimsel ilerlemeyi kendileri ile bütünleştirebileceklerini gözlemlemekteyim.

Bilim insanlarının çoğu, yaptıkları keşiflerin ruhani çıkarımlarına karşı ilgisiz kalırlar. Evrim konusunda yeni bilgiler biriktirmeye, varsayım ardına varsayım test etmeye, bazılarını reddetmeye, bazılarını tereddütle kabullenmeye devam ederler. Ancak, türlerin evrimi tarihinin giderek daha iyi öğrenildiği ve evrensel kabul gören bir niteliğe ulaştığı bir çağda, tartışmalar en fazla sürecin belirleyiciliği konusu üzerinde yoğunlaşmaya başlamıştır. Bazı bilim insanları, evrimi yöneten fiziksel ve kimyasal koşullara giderek artan bir önem yüklemeye başlamışlardır. Şekil 25'de gösterilen kevgirler, evrimi süzen kısıtlamaları göstermektedir. Bu kuramcılar için,[41] fiziksel ve kimyasal koşullar, evrimin şekil ve işlevi bir noktada birleştirmesine kaçınılmaz bir şekilde yol açmaktadır. Bu mantık, insanın evrimine giden yolun kaçınılmaz olduğu görüşünü gündeme getirmektedir. Bu bilim insanları her ne kadar akıllı tasarım gibi bilimsel olmaktan çok ruhani olan varsayımları ortaya atmaktan kaçınmaktaysalar da, evrime ilişkin olarak şansın rolünün daha az olduğu, gerekliliğin hâkim olduğu, evrim olasılıklarının kapsamını daraltan çeşitli kısıtlamalar tarafından yönlendirilmekte olduğu görüşünü ileri sürmektedirler.

Bu tartışma ile ilgili olarak, bu bölümün konusunu hatırlamak yararlı olacaktır: Küresel felaketlerin evrimin durgun, huzurlu yolu üzerine yaptığı etkiler. Bu, evrimin aslında temel olarak beklenmeyen durumlardan meydana geldiğini en iyi şekilde gösteren en basit örnektir; bu, kamuoyu açısından en iyi anlaşılabilecek açıklamadır. Bundan iki yüzyıl önce Voltaire'i öylesine yoğun bir şekilde endişelendiren şey, ani felaketler tarafından zorla kabul ettirilen gelişigüzel seçimlerdir, çünkü bu önemli olayların herhangi bir mantığı yoktur; bunlar, gelecek vaat eden yaşamları gelişigüzel bir şekilde yok etmişlerdir. Bu felaketler, vahşi, mantıksız bir tarzda, herhangi bir mantık veya akıl yürütmeden, yaşamın evrimini beklenmeyen yönlere çevirmiştir. Felaket niteliğindeki beklenmeyen durumları Dünya üzerinde yaşamın ayrıntılı şekilde ortaya çıkışının dört talih katmanından (beklenmeyen mutasyonlar, eşeyli üreme sırasında genetik birleşme ve doğal seçilim ile birlikte) biri olarak kabul etmek, yaşamın tasarlanmasının hiçbir mantıksal yol izlemediği yolundaki görüşün güç kazanmasını sağlayacaktır. Çevre koşullarını ve gezegenimizdeki yaşamın çeşitliliğini sık sık alt üst etmiş

bulunan bu türlü olayların karşısında, hiçbir şey önceden belirlenmiş veya alın yazısı olarak yazılmış olamaz.

Benzer şekilde, yaşamın kapsamını her şeyden çok birleşmelerin genişlettiğini göstermiş olduk. Bu birleşmelerin bazıları, uzak geçmişte, çok özel koşullar altında meydana gelmiştir. Bu olaylar, tekrarlanmamıştır - artık moleküllerden kendi kendine bakteriler ortaya çıkmamaktadır, yeni yaşam birliktelikleri yaratan özgün bakteri birleşmeleri artık meydana gelmemektedir. Bu birleşmeler, fırsatçı, beklenmeyen ortaklıklardı. Eğer bu ortaklıklar kurulmuş veya başka tür birleşmeler meydana gelmiş olmasaydı, günümüzdeki biyolojik çeşitlilik çok farklı olurdu.

Bir fikrin kaynağı ister ruhani olsun isterse bilimsel, evrim tarihinin temelde beklenmeyen ve belirleyici olan yönlerinin şimdi iki etki alanı arasındaki en çekişmeli fikir çatışmalarından birinin konusu haline geldiğine dikkat etmek, önem taşımaktadır. Her ne olursa olsun, yaşam yollarının kader tarafından birbirine bağlanmış gibi görünen rahatsız edici, anlaşılması zor beklenmeyen durumlar silsilesi ile karşı karşıya geldiğimiz zaman, hiçbir şey bizi iyimser ve coşkulu olmaktan alıkoyamamalıdır. Gerçek Stoacı, kaderi programlanmış veya hak edilmiş olduğuna inanmaksızın kabul etmekle beraber, etki edebileceği her şey üzerindeki serbest iradesini muhafaza eder.

Vermeer'in o muhteşem yapıtına, *Astronom*'a tekrar bakın. Bu mükemmeliyetçi, hiçbir şeyi şansa bırakmamıştır. Her ayrıntı, bir şeyler ifade etmektedir. Modelin, Antoni Van Leeuwenhoek'in arkasında, duvarda asılı bir tablonun konusu, ruhaniliği temsil etmektedir. Gölgelerin arasında kalan bu çalışma, zar zor belli olmaktadır. Fakat sanat tarihçileri, aynı eserin daha büyük bir şekilde başka bir Vermeer eserinde, *Mektup Yazan Kadın ve Hizmetçisi* adlı tabloda da bulunduğuna dikkat etmişlerdir. Mektup yazmakta olan kadının arkasında aynı tablo, bu sefer iyi aydınlatılmış bir şekilde, bütün duvarı kaplamaktadır. Tabloda Musa'nın sudan çıkartılışı betimlenmektedir.

Bebek Musa, olağan dışı olayların sonucu ve tamamen şans eseri olarak, hem insanların çılgınlığından ve hem de içinde bulunduğu sepetin atıldığı Nil Nehri'nin azgın sularından kurtulmuştur. Şüphesiz, kutsal kitaplar, tıpkı Nuh'un kaderini olduğu gibi, Musa'nın kaderini yönetenin de Tanrı olduğunu söylemektedir. Bu, bir ilahi takdir, Esirgeyen Tanrı benzetmesidir. Daha sonra Musa, Mısır da yaşamakta olan tek tanrılı insanlarına doğru yolu göstermiştir. Ona ayrıca bir astronomun yetenekleri, eski Mısır'da çok gelişmiş bir bilime ait bilgiler verilmiştir. Peygamberler ve Vermeer, ruhani ve bilimsel etki alanları arasında nasıl uzlaşma sağlayacaklarını bilmektedirler.

Evrim İpinin Ucu

Evrimin Temposu ve Şimdi...

Uzak Geçmişteki Evrimin Betimlenmesi

Dünya üzerinde yaşamın geliştiği ölçülemeyecek kadar büyük sürenin öğrenciler tarafından anlaşılmasını sağlayabilecek pedagojik yaklaşımlar üzerinde sık sık düşünüp taşınırım. Uzak geçmiş kavramını nasıl daha somut bir şekle getirebilirim, yaşamın gelişimi sırasındaki yaratılış dönemlerini ve büyük ilerlemeleri onların zihinlerine nasıl yerleştirebilirim? Yazarların çoğu, bu amaçla bir saat kullanırlar. Dünya üzerinde yaşamın ortaya çıkışından bugüne kadar geçen süreyi 12 veya 24 saat olarak gösterirler ve bu zaman ölçeği içerisinde insanın sadece son iki dakika boyunca mevcut olduğunu izah ederler.[1] Zamanın bir döngü içinde olduğu izlenimini verdiği için, evrimin böyle bir zaman ölçeği ile görüntülenmesi beni kızdırır. Sanki zaman akmaya devam etmektedir, fakat 12 saatlik bir mekanizma içine sıkışmıştır, bu nedenle sanki esneyebilen bir lastik şeritmiş gibi görünür. Bir ip görüntüsünü bir saat görüntüsüne tercih etmemin nedeni, budur - uzunluğu, geçen zamanı temsil eden bir ip. Bunun yaptığı duygusal etki aynıdır: İnsan, ipin ucuna çok az kalıncaya kadar sahneye çıkmaz.[2] Fakat bir ip, bir ok gibi, doğrusal, tek yönlü bir şekilde akan zamanı benim gözümde da-

ha iyi canlandırır. Bu, bazen *oksu zaman* olarak adlandırılır (*sagittal time*, Latince ok anlamına gelen *sagitta* kelimesinden türemiştir).[3]

Zamanın bu görüntüsünde bir başlangıç mevcut olmadığını açıklamam gerekir. Geçmiş zaman, sonsuzdur. İnsan aklı, bu antik ezel kavramını algılamakta zorlanır. Bu konuda yardımcı olmak üzere, ipin bir ucu bir yumağın içine saklanmalıdır, öyle ki hiç kimse ipin uzunluğu hakkında bir tahmin yürütemesin. Zaman ipinin sadece bir ucu vardır o uç da zamanın akmaya devam ettiğini simgeleyen bir ok şeklindedir. Dünya üzerindeki yaşamın yaratılışların doğrusal zaman içerisindeki yerini betimlemek için, yumağın yeterli miktarda ipi açığa çıkartacak kadar açılması gerekir. Önemli bir olayın, ipe ölçek kazandıran bir işaret olarak kullanılması gerekir. Bu amaçla kullanmak üzere, 15 milyar yıl kadar önce meydana gelmiş olduğu varsayılan büyük patlamayı seçebiliriz. Bu durumda, açılmış, gözle görülebilen ip, 15 milyar yılı temsil etmektedir. Ancak, bu seçim yapıldığı takdirde yaşamın gelişmesine ilişkin önemli adımların bu ip üzerinde işaretlenmesi çok zorlaşır, çünkü işaretlerin hepsi ipin son çeyreği üzerinde birikecektir. Geçmiş zaman ipini daha yakın bir dönem ile sınırlandırmak için, başlangıç noktası olarak gezegenimizin şekillendiği zamanı seçebiliriz. Bu olay, yaklaşık 4,56 milyar yıl önce gerçekleşmiştir. Bu seçim, yaşamın gezegenimiz üzerindeki evrimini zaman açısından betimlemek için ipe daha uygun bir ölçek kazandıracaktır.

Fakat, uzak geçmişe bu şekilde rastgele seçilmiş bir sınır getirilmesine karşın, bu birkaç milyar yılın tam anlamıyla uçsuz bucaksız bir dönem oluşturduğunu, öyle ki, soyut bir kavram olmaktan öteye gidemediğini biliyorum.

Aslında, bizim gayet iyi bir şekilde farkında olduğumuz zaman, Güneş'in konumu ve gece ile gündüzün birbirini izlemesi sonucunda belirlenen zamandır. Kolumuzdaki saatin gösterdiği zamandır. Zamanı günler, haftalar, aylar ve yıllar gibi parçalara bölen bir sistem olan Gregoryen Takvimi'nin (Papa Gregory XIII tarafından 1582 yılında kurulmuştur) gösterdiği zamandır. Güneş döngüsü temeline dayanır ve mevsimlerin, gün-tün eşitliklerinin ve gün dönümlerinin geçişine göre işaretlenir (Mısırlılar, MÖ 4000 yılından önceki zamanlarda bunun bir sürümünü kullanıyorlardı). Benzer şekilde, zaman, Musevi ve İslam takvimlerinin temel aldığı Ay aşamalarının döngüsüne bağlı olduğu kesin şekilde anlaşılmaktadır (Ay'ın hilal durumu, İslam'ın simgesidir). Bir Ay takvimi hazırlamak için ilk çalışanlar, Babilliler olmuştur.

Bir insan nesli ölçeğinde zaman, bize yakın kişilerin doğum ve ölüm yıldönümleri vasıtasıyla somutlaştırılır. Daha uzak geçmişteki zamanı somutlaştırmak için, İsa'nın (yaklaşık) doğum tarihi ve Güneş'in döngüleri ile ilgili işaretler-

den yararlanırız. Fransa'da son dünya savaşlarının tarihleri (1939-1945 ve 1914-1918), Fransız İhtilali (1789) ve Marignan Savaşı (1515), en iyi bilinenler arasındadır. Fakat daha eski olaylar söz konusu olduğu zaman, tarihler zihnimizde bulanıklaşmaya başlar. Daha önceki bölümlerde yıllardan bahsederken 10.000, 100.000, bir milyon veya bir milyar gibi sayılar verdim; çoğumuz için, bu sayılar dahi somut bir zaman uzunluğunu ifade etmez. Sadece jeologlar, zamanı devirlere (birinci, ikinci, v.b.), dönemlere (Kambriyen, Ordovizyen, Silüryen gibi), devrelere (alt ve üst Kambriyen gibi) ve kayaların, çökeltilerin veya fosillerin özelliklerine bağlı olarak ayrımı yapılan daha başka alt bölümlere ayırarak, çok uzak geçmişi bilinçleriyle bütünleştirmeyi başarmışlardır. Bir sürü jeolojik çağa dair bütün incelikleri bilmeksizin, eski çağların zaman içindeki konumunu hayalimizde canlandırmak ve bunları birbirlerinden ne kadar zamanın ayırdığı hakkında bir fikir sahibi olmak için, basit bir iplikten yararlanmamız mümkündür.

İp benzetmemi üniversitedeki öğrencilerim (evrim konusuna iyice aşina olan, fakat eleştiri yapmayan dinleyiciler) üzerinde teste tabi tutmadan önce, konuya pek aşina olmayan, fakat beni yakından tanıyan ve dolayısıyla rahatça eleştirebilen bir dinleyici kitlesine, Lions Kulübü'mün üyelerine anlatarak ilk denememi yapmıştım.

Konuşmamın konusu, yaratılışların tarihleriydi. Akşam yemeğini de kapsayan konuşmada arkadaşları ve eşleriyle birlikte yaklaşık olarak elli kişi bulunuyordu. Hepsi de benim modern araçlarla, video gösterici veya tepegözler vasıtasıyla karmaşık bir konuda uzun bir nutuk çekmemi beklemekteydi. Fakat ben, yanımda sadece üstü karnaval maskesi ve kağıt şerit resimleriyle süslenmiş (Mardi Gras1 günüydü) kağıt bir çanta getirmiştim. Çantadan ipimi çıkardım. Dinleyicilerimi beklemedikleri şeylerle karşılaştırmaktan, onları şaşırtmaktan zevk alıyordum. Etkisi derhal görüldü. Birkaç kişi, sunumlarını bir ip parçası ile yapmak zorunda kalan üniversite profesörlerinin içinde bulunduğu tehlikeli duruma ilişkin şakalar yaptı. Sonra bu ipi, odanın karşılıklı iki duvarı arasına dokuz metre uzattım. Hareketlerimden endişe duyan restoran sahibi, kendi mekânında bir konuşmanın böylesine alışılmamış bir şekilde başlaması karşısında rahatsızlığını gizleyemedi. Arkadaşlarım, duydukları büyük neşeyi belirtmeyi sürdürdüler; bazıları da restoran sahibini teskin etmeye çalıştı.

İpi germeyi bitirdiğim zaman, sesimin tonunu değiştirdim.

"Bu, çok eski, anlaşılması zor zamanları gösteriyor."

Sonra çantadan iki sayfa kâğıt ve iki mandal çıkardım. Mandallardan birini kullanarak, kâğıtlardan üzerinde büyük harflerle "Bugün" yazılı olan birini ipin

bir ucuna astım. İpin diğer ucuna da, üzerinde "Dünyanın kuruluşu: 4,56 milyar yıl öncesi" yazılı kâğıdı astım (Şekil 28).

Sonra şu soruyu sordum:

"İpin bir metresi, kaç yılı gösteriyor?"

Hesap kolay: Eğer dokuz metre, 4,56 milyar yılı gösteriyorsa, bir metre ip yaklaşık 500 milyon yılı gösterir.

Dolayısıyla, ipe üzerinde sayılar yazılı olan renkli kâğıtlar astım: 500 milyon yıl, sonra 1, 2, 3 ve 4 milyar yıl.

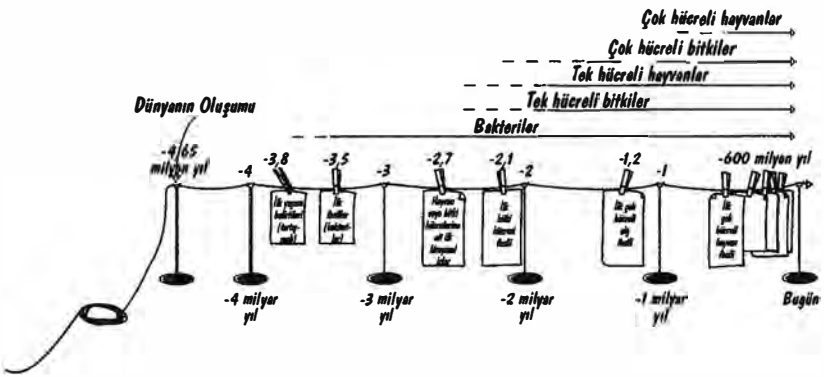
Sonra, en yeni ve en kesin olanından başlayıp en eski ve en soyut olana doğru giderek, evrimin büyük adımlarının yaratılışlarını gösteren zaman işaretlerini ip üzerinde uygun yerlere yerleştirdim.

"İlk olarak Kro-Magnon'ların, Henri'nin mağarasında yaşayan insanların yerini belirleyelim [Chauvet Mağarası; bakınız bölüm 1]. Bildiğiniz gibi, bundan yaklaşık 30.000 yıl önce oradaydılar.

Sonra, ipin "Bugün" diye işaretlenmiş olan ucuna gittim.

"Görüyorsunuz, bir metre 500 milyon yıla eşit, böylece bir santimetre 5 milyon yıla, bir milimetre ise 500.000 yıla eşit. Bu yüzden, üzerinde 'Kro-Magnon' yazan kâğıdı doğru şekilde asmanın olanağı yok!"

Bu nedenle, kâğıdı "Bugün" yazan kâğıda yapışkan bant ile yapıştırdım.



Şekil 28. İnsanların Dünya üzerinde yaşamın ilk görülüşü (bakteriler, 3,8 ila 3,5 milyar yıl önce) ile çıplak gözle görülebilen çok hücreli yaşamın ortaya çıkışı (600 milyon yıl önce) arasındaki muazzam zaman süresini anlamasını kolaylaştıran "Evrim ipi".
(Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

Sonra çantamdan üzerinde "İlk insansıların ortaya çıkışı, yaklaşık 6 veya 7 milyon yıl önce" etiketini çıkardım. Bu etiketi, bir mandal ile "Bugün" etiketinden sadece 1 santimetre uzağa astım (Şekil 29).

"Şimdi geçmişe, hepimizin bildiği bir olaya doğru uzun bir sıçrayış yapalım: 65 milyon yıl önce dinozorların ortadan kayboluşuna."

Bu etiketi, "Bugün" etiketinden 13 santimetre uzağa astım.

Sonra diğer önemli olaylara ait etiketleri çıkartıp ipin üzerinde doğru yerlere asarak devam ettim.

26 santimetre öteye "Çiçekli bitkilerin ortaya çıkışı, 125 milyon yıl önce" etiketi asıldı.

45 santimetreye: "İlk memelilerin ortaya çıkışı, 225 milyon yıl önce."

72 santimetreye: "Kozalaklıların ortaya çıkışı, 360 milyon yıl önce."

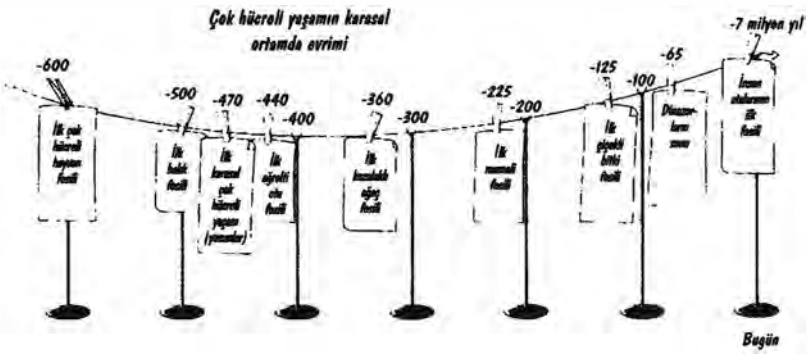
82 santimetreye: "İlk eğreltiotlarının ortaya çıkışı, 410 milyon yıl önce."

88 santimetreye: "İlk karasal bitkilerin (yosunlar) ortaya çıkışı, yaklaşık 470 milyon yıl önce."

Bir metre işaretine: "İlk balıkların ortaya çıkışı, 500 milyon yıl önce."

1,2 metreye: "İlk büyük hayvanların ortaya çıkışı (Ediacara), 600 milyon yıl önce,"

2,4 metreye: "İlk çok hücreli büyük bitkilerin (algler) ortaya çıkışı, 1,2 milyar yıl önce."



Şekil 29. "Evrim ipi"nin ayrıntıları. Evrimin en iyi araştırılmış bölümü, yeni ortaya çıkan kuru arazilerin gözle görülebilen çok hücreli organizmalar (yosunlar ve yengeçler) tarafından kolonileştirilmeye başladığı 600 milyon yıl öncesinden başlar ve 7 milyon yıl önce ilk insansıların ortaya çıktığı dönemi kapsar. (Çizim Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

5,25 metreye: "İlk mikroskobik hayvan ve bitki hücrelerinin ortaya çıkışı, 2,7 milyar yıl önce."

7 metreye: "İlk fosil bakterilerin ortaya çıkışı, 3,5 milyar yıl önce."

Ve son olarak, bakterilerin 3,85 milyar yıl önce ortaya çıkışına şahitlik eden ilk kimyasal izler, ipin bugünü simgeleyen ucundan 7,7 metre uzaktaki bir etiket tarafından temsil edilmekteydi.

İp, bir çelenk görüntüsü kazanmıştı. Hiç ses çıkartmadan, ipi süslemek için on beş dakika harcamıştım. Zamanın derinliklerine doğru geri gitmek için bir saatin dörtte biri. Zaman işaretleri, ipin uzunluğu ile orantılı şekilde yerleştirilmişti.

"Şimdi, insansıların ortaya çıkışı için şuraya, en uçtan 1 santimetre geriye astığım şu etikete bakın. Bu, 6 veya 7 milyon yıl önceydi. Bu süre, yaşamın tarihi içinde önemsiz bir süre değil mi?"

Sonra, dinleyicilerimden ipe daha yakından bakmalarını ve Dünya üzerinde yaşamın gelişmesi için geçen zaman hakkında neleri ortaya koyduğunu düşünmelerini istedim. Bakterinin eklemeler ve evrim sayesinde kendisini insana dönüştürmesi için geçen zaman hakkında.

"Gözle görülebilen yaşamın ortaya çıkışına kadar geçen sürenin uzunluğuna bir bakın!"

Aralarından bazıları, ipin "Bugün" etiketli ucuna yaklaştıkça etiketlerin daha yoğun şekilde asılmış olduğuna dikkat çekti. Bana sordular: Evrimin 550 milyon yıl önceden itibaren hızlanmasına neden olan şey, nedir?

"Bu sadece bir yanılsamadan ibaret. Bizlere ilgili olan bir dizi olayı o bölgeye yerleştirdim. İpin bakterilerin ortaya çıkışı ve çıplak gözle görülebilen çok sayıda hayvan ve bitkinin ortaya çıkışı arasında kalan en büyük bölümü üzerinde çok fazla etiket bulunmamasının nedeni, evrim olaylarının bizim gözümüze nadir, küçük veya önemsiz görünmesidir. Aslında yaşam, evrime asla ara vermemiştir, bu evrim ister tek bir hücreden meydana gelen organizmaların içinde gerçekleşsin, isterse makroskopik türleri meydana getiren muazzam sayıdaki hücrelerin arasında. Bahsettiğim bu son, bizim görüşümüze göre muhteşem, olan süreç, Dünya üzerinde yaşamın mevcut olduğu sürenin son çeyreğine kadar meydana gelmemiştir.

Sonra, en dikkate değer evrim olaylarını açıklamak için, yaratılışların zamanları üzerinden geriye doğru gittim ve ilk olarak, sihirli çantamı açıp bakterilerden hayvan ve bitki hücrelerinin meydana gelişine yol açan ardışık eklenmeleri (bakınız bölüm 4) açıklamak için birbiri içine giren Rus matruşka bebekleri çıkarttım. Ardından, suda yaşayan ilk hücrelerin baş etmek zorunda olduğu uç değerdeki kısıtlamaları göstermek üzere (bakınız bölüm 6), içinde sıcaklığı gösteren küçük küreler yüzen bir sıvı kullanarak yapılmış silindir şeklinde bir termomet-

re çıkarttım. Kürelerden bazıları dibe çökmüş, bazıları üste çıkmış, diğerleri de (sıcaklığı gösterenler) ara düzeylerde yüzmekteydiler. Sonra, çok hücreli organizmaların şekillenmesini açıklamak için bazı Lego parçaları (bakınız bölüm 7), son olarak da çıplak gözle görülebilen ilk hayvan fosilini (Ediacara döneminden) temsil etmek üzere *Fungia* türü bir mercan çıkarttım. En yeni bilgilerle en basit iletişim yöntemleri arasında ve böyle ciddi konularla karnaval süsü desenli bir kağıt çanta arasında olanlar gibi, bütün zıtlıklardan yararlanmaya çalıştım. Vermeer'in Van Leeuwenhoek'i evrenin minyatür bir görüntüsünü, bir gökküreyi hayranlıkla seyrederken betimleyen tablosundan esinlenmiştim. Sonsuzluğu algılamak için, ip ile aynı yöntemi kullanmıştı: Gökler ve galaksiler, avucunun içindeki bir küreye indirgenmişti. Mikropları keşfeden Van Leeuwenhoek, ölçeğin böylesine küçültülmesi sayesinde mikroskobik yaşamdan sonsuz büyüklükteki göklere kadar dünyanın düzenini hayalinde canlandırma ve onun üzerinde düşünme olanağını bulmuştu. Fakat bir elini daima masanın üzerinde, her şeyin maddeci temelinin üzerinde, sımsıkı bir şekilde tutmaktaydı.

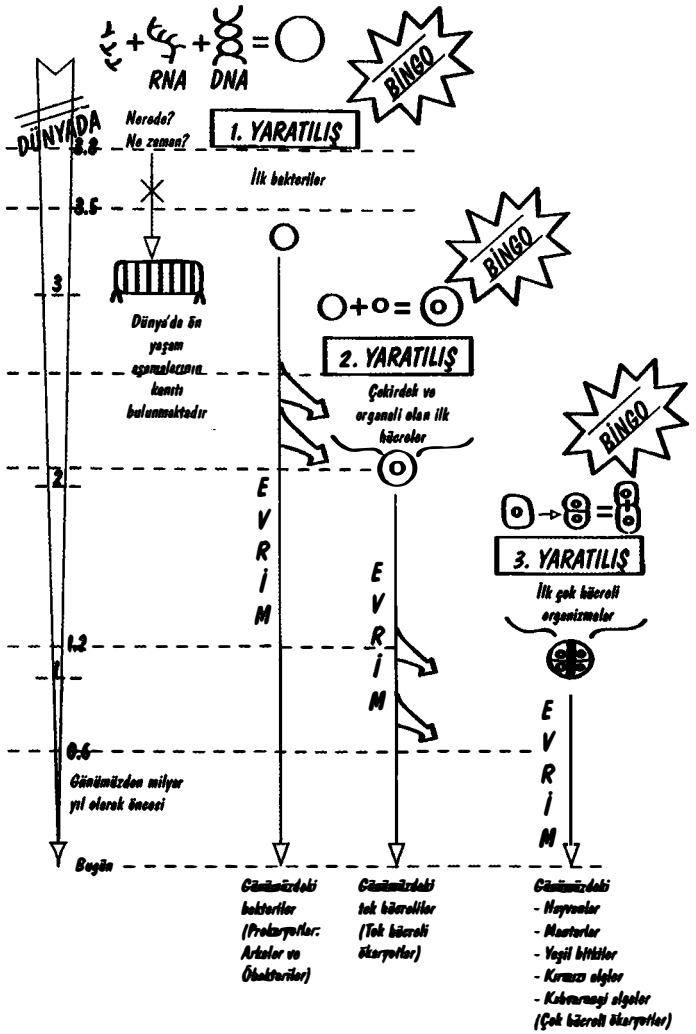
Yaşamın Üç Yaratılışı

Dünya üzerinde yaşamın gelişmesi için gerek duyulan zamanın büyüklüğünü anlamak için, bir ipin görüntüsü iyi bir sonuç vermektedir. Bu görüntü, yaşamın dinamiklerini birbiri ile daha iyi bağdaştırmamıza ve uzak geçmişteki durumları hayalimizde daha iyi canlandırmamıza olanak sağlamaktadır: Her şey, her zaman bugün gördüğümüz gibi değildi. hiçbir şey, zamanın başlangıcından bu yana bir köşeye sıkışıp kalmış değildir. Yaşam ne bir günde, ne de yedi günde yaratılmamıştır; dönüşüme uğramıştır, çok uzun bir süre evrim geçirmiştir.

Bu kitapta, Dünya üzerindeki başlangıcından itibaren yaşamın üç temel aşamasını birbirinden ayırt etmeye çalıştım (Şekil 30). Birbirini izleyen bu üç farklı yaratılış, şunlardır:

- Bakterilerin ortaya çıkışı.
- Mikroskobik hayvan ve bitki hücrelerinin oluşumu.
- Farklı hücre tiplerinden meydana gelen çok hücreli yaşam şekillerinin gelişmesi.

Türümüzde bilincin ortaya çıkışı, biyolojik olmaktan daha çok ruhani nitelik taşıyan bir dördüncü yaratılış olarak kabul edilebilir (bu, Teilhard de Chardin'in *noogenesis*'idir).



Şekil 30. Yaşamın üç yaratılışı. Her yaratılış, yeni yaşam örgütlenmeleri sağlayan bir birleşmeden (evrimsel "büyük ikramiyeler") türemiştir. Bu üç yaratılışın meyvelerinin günümüzde Dünya üzerinde hep birlikte mevcut olmalarına (bakteriler, tek hücreliler ve çok hücreli ökaryot soyları) karşın, ön yaşam toplulukla hiçbir zaman bulunamamıştır (bakterilerin kendi kendine ortaya çıkışı belgelenememiştir). (Çizimler Alexandre Meinesz, düzenleme Marjorie Meinesz.)

Üç yaratılışın her biri, Dünya üzerinde daha sonra kendi başına evrim geçiren bir yaşam tipi bırakmıştır. Böylece, bakteriler başka pek çok tipte bakterileri üretmiş, göçebe bitki ve hayvan hücreleri kendi aralarında evrim geçirmiş ve yüz binlerce değişik tek hücreli türü ortaya çıkartmıştır. Son olarak, çok hücreli yaşam şekilleri, çıplak gözle görülebilen hayvan ve bitki çeşitliliğini yaratmıştır. Bu aşamaların her biri boyunca, karşılarına birtakım kör, beklenmeyen, yok edici felaketler çıkmıştır.

Bu nedenle yaşam, azar azar ilerleyerek büyük çapta gelişmeye geçiş yapmıştır. Yerleşik çok hücreli hayvanlar etkin bir hareket yeteneği kazanmış ve tek hücreli hayvanlardan meydana gelen muazzam okyanuslara yayılmıştır. Çıplak gözle görülebilen yaşam, yaklaşık 450 milyon yıl önce sudan çıkarak karayı fethetmiştir.

Çok hücreli organizmalar arasında büyük türlerden meydana gelen, çevrelerindeki fiziksel ve kimyasal güçlerle uyum sağlamış hücre topluluklarından oluşan, doğal seçilim tarafından denenerek genetik bilgi şeklinde belleğe alınmış bazı topluluklar, değişik mimari ve işlevsel dengelerin adım adım ortaya çıkışına olanak sağlamıştır.[4] Bazı mikroskobik algler makroskobik alglere, bunların bazıları eğrelti otlarına dönüşmüş, bazı eğrelti otları evrim geçirerek tohum bitkileri ve çiçekli bitkiler haline gelmiştir. Bazı kabuklu soyları böcekleri oluşturmuş, bazı balıklar sudan çıkarak hem karada hem suda yaşayabilen hayvanlara veya sürüngenlere dönüşmüş, bazı sürüngenler önce dinozor, sonra kuş olmuş, başkaları değişerek memelilere dönüşmüş, bazı memeliler maymunlara, belli bazı maymunlar da insanlara doğru değişmiştir.

Bir soy içerisindeki şekillerin evrim geçirmesinin nedenleri ile bir organ veya hücrenin işlevindeki değişiklikler, türlerin dönüşümünün Lamarck tarafından on dokuzuncu yüzyılın başlarında açıklanmasından bu yana çok miktarda bilimsel yayının konusunu oluşturmuştur.

Evrim Mekanizmalarının Hiyerarşisi

Bağlantılar incelenmiş ve giderek daha iyi anlaşılan mekanizmalar halinde açıklanmış olmakla beraber, evrimciler büyük evrimsel değişikliklere yol açan temel nedenlerin bağıl önemi üzerinde tartışmayı sürdürmektedirler.

Alman paleontolog Adolf Seilacher, bu tartışmalara bir açıklık getirmek amacıyla, organizmaların yapısına (yaşam şekillerinin ayrıntılarının belirlenmesine veya *morfogeneze*) kılavuzluk edebilecek üç grup etmen tanımlamıştır.[5] Stephen

J. Gould, buna kıyaslama yaparak bu görüşleri işlevlere ve davranışlara, ve dolayısıyla evrimleşen yaşamın tümüne yaygınlaştırmıştır.[6] Bu yazarlar tarafından önerilen kısıtlama kümeleri, aşağıda özet olarak verilmiştir:

- tarihsel kısıtlamalar (mutasyonlar ve gen akışı yolu ile değişen ve kendinden sonra gelenlere belirli özellikler veren genetik bilgi deposu).
- yapısal veya mimari kısıtlamalar (yaşam şekillerini herhangi bir işlevsel uyarlamadan bağımsız olarak mantıksal mimarilere doğru yönlendirme eğilimi gösteren fiziksel ve kimyasal güçlerin toplamı).[7]
- bir organizmayı çevresi ile uyumlu hale getiren işlevsel kısıtlamalar (belli bir ortamda hayatta kalmayı ve çoğalmayı daha iyi becerenlere avantaj sağlayan doğal seçilim işleminin sonucu).

Bu üç gelişme ve evrim kısıtlaması grubu, her köşesi bir grubu temsil eden bir eşkenar üçgen şeklinde çizilir. Dolayısıyla, evrim dinamiğinin ve yönlenmesinin bütün nedenleri, aynı önemde kabul edilir.

Biyologlar arasındaki tartışmalar, üçgenin köşelerinden birinin diğer köşeler üzerindeki üstünlüğü üzerinde toplanmaktadır. İşlevsellik köşesinin (doğal seçilim tarafından yönetilen uyum sağlama) üstünlüğü taraftarlarının dogmatizmine yanıt olarak, Stephen J. Gould, meslektaşı Richard C. Lewontin ile birlikte,[8] bazı yazarların yürüttüğü mantıkta bir hata gözlemlemiştir. Bu iki yazar, canlı bir varlığı karakteristiklere (veya özelliklere) ayıran, sonra da kendi başına ele aldıkları her özellik için, o özelliğe giden yolda çevreye en iyi şekilde uyum sağlamak açısından mantıksal ve "en iyisi" görünen bir evrimsel olaylar dizisi öneren yazarları eleştirmişlerdir. Bu yazarlara göre, bir organizmanın yönlerinden her biri, adımları "en iyi" duruma: Organizmanın bir bütün olarak mükemmel hale getirilmesine yönelmek için doğa tarafından seçilen bir *uyum sağlama programının* sonucudur. Gould ve Lewontin, temelinde bireysel özelliklerin doğal seçilim tarafından kaçınılmaz bir şekilde iyileşmesine ve hepsi bir araya geldiği zaman şekillerin, işlevlerin ve davranışların giderek artan bir şekilde olgunlaştığı, inceldiği böyle bir evrimin taraftarlarını eleştirmektedirler.

Venedik San Marco Bazilikası'nın Orta Kubbesi Benzetmesi

Gould ve Lewontin, evrimin bu şekilde yorumlanışının yanlışlığını vurgulamak için, şaşırtıcı ve dolambaçlı bir benzetmeden yararlandılar: Venedik San Marco

Bazilikası'nın (o zamandan beri dünyadaki evrim biyologları arasında meşhur olmuştur) orta kubbesi. İlk olarak, bazilikanın dekoratörlerinin dört önemli kişiyi betimlemek üzere kubbenin çevresini saran her biri üç köşeli dört alan kullandıklarına dikkat çektiler. Dekoratörlerin kullanımına açık olan bu alanlar, Gould ve Lewontin tarafından kemer üstü dolgusu olarak tarumlanmış olan, yani, daha büyük mimari bağlamda bir açıklığın (kapı veya pencere) üstündeki veya iki kemerin arasındaki alanlar olan pandantiflerdir.[9]

Gould ve Lewonten'in örnek verdiği kemer üstü dolguları, on birinci yüzyıl inşaatçıları tarafından herhangi bir amaç gütmeksizin ayrıntılandırılmıştı – bunlar, kubbenin ve onu destekleyen dört sütunun yapımı ile ilişkili, kaçınılmaz mimari öğelerdi. İnşaatçıların ardından sıra kendilerine gelen dekoratörler, kubbeyi ve kemer üstündeki dört dolgu alanını Bizans stili mozaikler kullanarak bir bütün halinde dört yönlü bir simetri yaratmak üzere tasarlanmış muhteşem bir kompozisyon yaratmak amacıyla kullanmışlardı. Kubbenin ve dolgu alanlarının sonradan bakıldığında dekorasyonla gayet iyi bir uyum sağlıyor görünmesinin nedeni, budur. Aslına bakılacak olursa, kemer üstü dolgularının varlığı ve şekilleri, mozaiklerin sanatsal kompozisyonu ile birlikte, bir yan etki, ikinci bir üretim, bir yan ürün, ikincil önem taşıyan birer eser oluşturmaktaydı. Her şeyden önce, kemer üstü dolgularının varlığını zorunlu kılan mimari kısıtlama (kubbenin yükü taşıyan dört sütun üstünde olması); sonra da bu boşlukların var olması, şekilleri ile uyum içerisinde bulunan bir süsleme yapma fikrini doğurmuştu. Mimarlar ve dekoratörler, kemer üstü dolgular yaratıp bunları süslemek için herhangi bir plan yapmamışlardı. San Marco'nun altın yaldızlı mozaiklerle yapılmış muhteşem süslemeleri, asla bazilikanın varlık nedeni değildi.

Gould ve Lewontin'in mesajı iki katlıydı. İlk olarak, ters mantık kullanmamak – sebep ve sonucun yerlerini değiştirmemek – önemlidir. İnsan, dekoratörlerin mozaik resimleri kemer üstü dolguların şekline, sayısına ve düzenlemesine çok iyi bir şekilde uydurmuş olduklarını ne kadar düşünürse düşünsün, mimarinin bu boşluklara veya süslemelere uyum sağlamış olduğunun iddia edilmemesi, önem taşır. Gould ve Lewontin, bu gerçeği perçinlemek için, mevcut olan her şeyin öngörülmüş olduğu ve dolayısıyla her şeyin nihai bir amaca hizmet ettiği yolundaki kuramı savunan Pangloss'un iyimserliğinin saçma olduğunu göstermek için *Candide*'i kullanan Voltaire'e de atıfta bulunmaktaydılar. Gould, Lewontin ve başka yazarlar, ters mantığı betimlemek için daha basit başka örnekler de vermişlerdir. Bunlar arasında, burnun gözlükleri taşımak için evrim geçirmediğini, portakalların insanlar kendilerini kolayca görüp ağaçtan toplayabilsinler diye uyum sağlamadıklarını, karpuzun üzerindeki çizgilerin bir ailenin fertleri için di-

limlenmesini kolaylaştırmak üzere var olmadığını sayabiliriz. Bu örnekler, Yaratıcı'nın her şeyi daima daha iyi olsun diye düzenlediğine ikna olmuş bulunan on dokuzuncu yüzyıl yazarları tarafından, olumlu anlamda geliştirilmişti. Voltaire, bunları Candide adlı eserinde, olabilecek bütün dünyaların en iyisi olan bu dünyada her şeyin daha iyiye yönelik olduğunu sürekli olarak söyleyen Pangloss'un kişiliğinde karikatürize ediyordu.

İkinci olarak, kemer üstü dolguları örneği ile Gould ve Lewontin, yapıların başka bir kararın (San Marco örneğinde karar, bir kubbeyi taşıyacak dört sütun yapılmasıydı) ikincil sonuçları olarak (yani doğrudan uyarlaması olarak değil) çıkabileceğini göstermekteydiler.[10] Canlı organizmalar, tam olarak bu şekilde evrim geçirebilirler: Yapılar, renkler, işlevler ve yeni davranışlar, diğer özellikler için yapılan doğal seçilimlerin dolaylı sonuçları olarak ortaya çıkabilir. Bu gösterim, Seilacher'in üçgenindeki üç köşeden ikisinin (tarihsel ve mimari kısıtlamalar) önemini vurgulamaktadır. Göstermektedir ki, birbiri ardı sıra gelen ve etkileri üst üste biriken uyarlamalar dizisi, evrimin tek mekanizması değildir. Uyum sağlamanın kökeninde daima çevre tarafından seçilmiş tek yönlü, aşamalı bir dizi değişiklik bulunmaz. Başka bir deyişle, uyum sağlamanın, mükemmel organizmayı oluşturmak gibi bir nihai amaç ile bir organizmanın çeşitli parçalarının doğal seçilim tarafından daha iyi hale gelmesi için daima zorlanması sonucunda ortaya çıkan sürekli bir iyileştirmeden ibaret olduğunun düşünülmemesi gerekir.

Bu ikili benzetme (Pangloss ve San Marco'nun boşlukları), evrimcilerin küçük dünyasında pek çok mürekkebin akmasına neden olmuştur. Mimari üzerindeki ve uyum sağlama ile seçim üzerindeki tartışmalar, birkaç kitabın ve pek çok makalenin konusu olmuştur.[11]

İşte bu nedenle, daha sonra yaptığım bir Venedik seyahati sırasında bu meşhur boşlukları fena halde merak etmekteydim. Gösterişli binanın, temel olarak, her biri dört tane kemer üstü boşluğuna sahip beş ana kubbeden meydana geldiği, dikkatimi çekti. Her boşluk grubu, mozaikler vasıtası ile becerikli bir şekilde süslenmişti. Her mimari boşluk (kubbeler, kemer üstü dolguları, kemerler, bingiler, aylamalar, nişler), dekoratörler tarafından İncil'den bir sahneyi betimlemek üzere, mozaiklerle "en iyisi için" kullanılmıştı. Gould ve Lewontin, kubbelerden sadece birini ve onun sütunlarını anlatmış ve betimlemişlerdi: Merkezde olan (göğe yükseliş kubbesi olarak adlandırılan) ve ikonografisi dört kenarlı bir simetri ile bölünmüş olan kubbeyi. Büyük bir dinsel öneme sahip (ve daha yakın zamanlarda evrim biyologları için de önem taşıyan) bu yerleri hayranlıkla seyretmek üzere gözlerimi kaldırdığım zaman, Gould ve Lewontin'in makalesindeki

ilk cümleyi hatırladım. Onlara göre, Venedik'teki St. Mark Katedralinin büyük orta kubbesi, Hıristiyan inancının temel dayanaklarını ifade eden ayrıntılı bir ikonografi sunmaktadır." Bu ifade, bazilikanın gerçek değerini ifade etmeye yeterli değildir. Beş ana kubbeden göğe yükseliş kubbesi, Hıristiyanlığa atıfta bulunmak üzere çok iyi bir seçim oluşturmaktadır. Hıristiyanların bütün önemli kişileri gösterilmiştir: İsa, Meryem, on iki havari ve İncil'in dört yazarı (her kemer üstü dolguta biri). Galile'nin de düşüncelere dalmak için ziyaret ettiği orta kubbenin altında durup Akdeniz bölgesinin yedi yüzyıllık tarihini yansıtan muhteşem mozaikleri hayranlık içinde seyrederken, Gould ve Lewontin'in makalesinin başlığını da hatırlayarak gülümsedim: "San Marco'nun kemer üstü dolguları ve Pangloss paradigması: Uyumculuk program üzerine bir eleştiri."

Bu başlık, birdenbire bana gerçek üstü olmasa da, kışkırtıcı imiş gibi göründü. Gould ve Lewontin, Hıristiyanlığın içinde Yeni Ahit'teki bütün kişilerin betimlendiği bu mabetteki en simgesel ve en fazla saygı gösterilen görüntüleri seçmişlerdi. Ruhban sınıfına karşı oluşu ile tanınan Voltaire'in Pangloss'unu, bu kutsal ikonografiye eklemişlerdi ... ve üstelik, evrimin bilimsel bir açıklamasını yapmak için!

Gould her ne kadar sonradan örnek seçiminin riskli (amaçlanan şey için) olduğunu ve kasıtlı mizah içermediğini (örneklere ilişkin çıkarımlarla ilgili olarak) yazmış olsa da, ben bu simgesel örneği ve makaleleri için anlaşılması zor, dolambaçlı bir başlık seçerken eğlenmiş olmaları gerektiğini düşünüyorum.[12]

Gould ve Lewontin, San Marco bazilikasının kemer üstü dolgularının yerine daha kolay erişilebilir (eğitim amacıyla), daha tarafsız olan ve özellikle ABD ve İngiltere'de kuramlarına karşı çıkan araştırmacılar tarafından daha yaygın şekilde bilinen bir örnek seçebilirlerdi. Örneğin, bazı meslektaşlarının hatalı savlarına saldırıda bulunmak için, onların kendi ülkelerindeki bir anıtı, büyük ABD başkanlarının Güney Dakota'daki Rushmore Dağı'nda bulunan anıt heykellerini seçebilirlerdi. Aslına bakılacak olursa, bu granit dağına belirli bir şekil (uçurum, yar), doğa (tektonik yükselme, erozyon) tarafından verilmişti. İnsanlar, ABD başkanlarının özelliklerini yontmak üzere bu yeri seçerken, bu yapıyı ve kayanın özelliklerini dikkate almışlardı. Günümüzde anıtı gören bir turist, yanılgıya düşerek bu dağın bu büstlerin oyulması için önceden takdir edildiğini – uyarlandığını – düşünebilirdi.

San Marco kubbeleri örneğinin güçlü yanı, kullanım amacı ile iyi bir uyum içinde olduğu görülen herhangi bir şeyin bir dizi ardışık ve aşamalı uyarlamalardan değil de, başka bir şeyin ikincil sonuçlarından biri olabileceğini vurgulamasıdır. Bu şekilde bir sona ulaşan ikincil uyarlamaları tarif etmek üzere, yakın za-

man önce yeni bir terim önerilmiştir: *Eksaptasyonlar.*[13] Bu kavramı açıklamak için, genellikle biyolojik bir örnek kullanılır: Penguen kanatları. Penguen kanatları, başlangıçta bütün kuşlar tarafından paylaşılan ve uzun bir dizi iyileştirme - uçuşa uyarlanma - sonucu gelişmiş olan organlardı. Fakat penguenler için, kanatların kullanılış amacı değişmiştir; yüzmeye yardım ederler. Bu, kanatların başlangıçtaki evrimi sırasında öngörülmesi mümkün olmayan ikincil bir uyarlama, bir eksaptasyondur.

Uyarlama ve *eksaptasyon* terimlerini doğru şekilde kullanmak için, günümüzde daha eğitici başka bir benzetmeden yararlanılabilir; bu benzetmenin temelinde cep telefonları bulunmaktadır. Başlangıçta büyük ve ağırdılar ve ekranları yoktu. Uzun süren bir dizi uyarlama sayesinde küçük ve hafif bir hal aldılar ve ekranları giderek büyüdü ve parlaklaştı. Ekrandaki görüntüler başlangıçta siyahbeyaz idi, sonra renkli oldu. Bu son birkaç yılda cep telefonları, yeni bir ortak işlev kazandı: Sayısal fotoğrafçılık. Bu iki işlev (telefon ve sayısal kamera), günümüzde birbirinden ayrılmaz görünmektedir ve hatta etkileşimli (fotoğraflar telefon aracılığı ile gönderilmektedir) hale gelmiştir. Telefonun sayısal mimarisini ile böylesine iyi bir şekilde bütünleşmiş olan sayısal fotoğraf, telefon açısından türetilmiş bir işlev, bir yan ürün, bir "ikincil kullanım"dır. Evrimin iki dinamiği, bu benzetme tarafından gayet iyi gösterilmektedir: Ardışık bir uyarlamalar programı, "en iyi"ye (cep telefonlarının minyatürleşmesi) ulaşılmasını sağlamıştır ve bir eksaptasyon, seçilen yeni bir işlev (sayısal fotoğrafçılık), telefonla birleştirilmiştir (artık telefonlar başka eksaptasyonları da içermektedir: Görüntü kaydediciler, MP3 çalarlar ve benzerleri).

San Marco'nun kemer üstü dolguları örneği, Voltaire'in Pangloss karakteri ile birlikte, sıradan vatandaş tarafından anlaşılması kolay olmayan karmaşık benzetmeler kullanan bazı entelektüel bilim yazarları için tipik bir durumdur. Gould ve Lewontin, akıl yürütme sırasında yapılan bir hataya hücum etmek için kadife eldivenler kullanmış, sadece birkaç uzmanın anlayabileceği, belirli bir kesime hitap eden benzetmelerden yararlanmışlardır. Bu olayda, Bizans sanatı, Voltaire'in yazıları ve Hıristiyan olmayanlar için - dünyanın çoğunluğu - Yeni Ahit konularında (gösterinin özünü tam olarak anlayabilmek için, okuyanın dört İncil yazarı bulunduğunu bilmesi gerekirdi: Her boşluk işçin bir tane) ciddi bir bağlam değişikliği gerekmekteydi.

Aslına bakılacak olursa, bunların hepsi tekrar gösteriyor ki yaşamın tarihinde meydana gelen önemli dönüşümler tek bir yasaya uymazlar; bunlar, gelişimsel kısıtlamaların önce Seilacher, sonra da Gould tarafından tarif edilmiş bulunan üç köşesinin birbirleri ile olan etkileşimlerinin ortaya çıkardığı dengelerin sonuçla-

rıdır. Eğer tek ve evrensel bir evrim yasası olmadığını hatırda tutar ve doğal karmaşıklığı izah edebilecek birkaç mekanizmayı birden dikkate alacak olursak, hayvan ve bitkilerdeki evrimsel değişiklikleri olay bazında açıklamak mümkün olabilecektir.

Türlerin Zaman İçinde Dönüşümü ve Türlerin Yaşam Süresi

Bir insanın yaşam süresi ölçeği içinde, döngüsel biyolojik olayların periyodik tekrarlarını da algılarız. Bireylerin - kendimizin, bize yakın olanların, evcil hayvanların, ev bitkilerinin -acımasızca ortadan kaybolması, normal yaşam döngüleri içinde sıklıkla bizi kederlendiren olayları betimler. Bu tür olayları türler düzeyinde de gözlemleriz.

Belirli bir "tür" olarak adlandırılan varlık, birbirine benzeyen ve doğal koşullar altında çoğalarak doğurgan yavrular bırakan bireylerden meydana gelen bir topluluğu ifade eder. At ve eşek, birer türdür. Fakat bir at ile bir eşek arasında melezleştirme yapılarak elde edilen katır, doğurgan değildir - bir tür dahi sayılmaz. Bütün insanlar, aynı türe ait bireylerdir; bütün atlar da aynı türün parçasıdırlar. Tıpkı bireyler gibi, türler de ölümlüdür:

- Bazıları yavru bırakmadan ortadan kaybolur.[14]
- Bazıları yavaş yavaş farklı türlere dönüşür.[15]
- Son olarak, bazıları farklı cinslere dönüşür.

Farklılaşan bu cinslerin bir süre sonra ataları ile hiçbir ilgisi kalmaz, birbirleriyle etkileşmemeye ve üremeye başlarlar. Cinsler, bir süre sonra başka ırklarla eşeyli üreme özelliklerini yitirir ve böylece ayrı birer tür haline gelirler.[16]

Bu son evrimsel eğilimi daha iyi göstermek üzere köpeklere ilişkin klasik örneği verebilirim. Aslında köpek türleri, birkaç bin yıldan bu yana pek çok yerde insanlar tarafından uygulanmakta olan yapay seçim vasıtası ile çok sayıda cins olacak şekilde faklılaştırılma süreci içindedir. Böylece, Chihuahua küçük bir köpek, Alman çoban köpeği ise büyük bir köpek olmuştur. Kuramsal olarak bunlar kendi aralarında üreme yeteneğine sahiptirler, fakat birbirlerinden o denli farklılaşmışlardır ki, artık çiftleşmeleri ve dolayısıyla doğal yollardan çoğalmaları neredeyse olanaksızdır. Sonradan yeni türler oluşturan bir sürü cinse dönüştükten sonra bazı türlerin ortadan kalkması, bu şekilde gerçekleşmiştir (Darwin'in Galapagos Adaları'nda incelediği birkaç ispinoz türü gibi).

Böylece türler, yerlerine kendilerinden sonra bir veya birkaç tür gelse dahi, daima ortadan kaybolarak sona ererler. Zaman içinde türlerin birbirinin yerini, alması, her biri kendisinden önce gelenden türemiş bir türler soyunu meydana getirir.

Bu ardışıklık sırasında, bir soy içinde bir türün yaşam beklentisi nedir? Fosil arşivleri, bu alanda büyük bir değişkenlik bulunduğunu göstermektedir. En ayrıntılı araştırma, fosil türler için ortalama yaşam süresi olarak dört milyon yılı göstermektedir.[17] Bununla beraber, türlerin büyük kısmında 1 ila 10 milyon yıl boyunca dikkat çekici bir morfolojik değişim meydana gelmese de, diğerleri neredeyse 100 milyon yıl gözle görülür fazla bir değişiklik olmaksızın kalmayı başarmıştır.[18] Stromatolitleri inşa eden birkaç ipliksi bakteri türü (muhtemelen siyanobakteriler), bu alandaki rekorun sahibidir: Görünüşe göre, 3,5 milyar yıl hiçbir değişikliğe uğramadan kalmayı başarabilmişlerdir.[19]

Akla bir başka soru geliyor: Bir soyun içinde, türlerin sürekliliği jeolojik çağlar boyunca değişkenlik gösterebilir mi? Evrimin mantığı, bizi yararlı değişikliklerin üst üste biriken etkisinin giderek mükemmelleşen, çevrelerine giderek daha iyi uyum sağlayan türler ortaya çıkartacağını düşünmeye sevk ediyor. Daha mükemmel yaşam şekillerinin daha uzun yaşaması gerekir.

Durum hiç de öyle değil. Fosil temsilcilere sahip pek çok tarihi soyun incelenmesi, onların jeolojik çağlar boyunca geçirdikleri evrimi tekrar canlandırmamıza olanak sağlamaktadır. Bir soydaki birbirine bitişik, zaman içinde birbiri ardından gelen türlerin yaşam süreleri, evrimin ilerlemesine bağlı olarak artmaz.[20] Aslına bakılacak olursa, yeni ortaya çıkan her yaşam şeklinin kendini çevresindeki yaşam denizi ile bütünleştirmesi gerekir. Eğer bu çevre evrim geçirirse, o zaman bu yaşam şeklinin de evrim geçirmesi veya değişmesi zorunludur. Dolayısıyla, bir toplumun bileşenleri olan bütün türler, değişik ritimlerle de olsa, sonsuz bir yarışın içinde koşuşturmaktadır. Evrim geçirmeyi soluk almaksızın sürdürmek, daima yeni durumlara uyun sağlamak zorundadırlar. Evrim, mükemmel şekil ve işlevi kazanmayı amaçlayan bir gelişme yarışı değildir. Evrim, bir hayatta kalma yarışıdır. Hangi düzeyde olursa olsun, bir yaşam şekli kendisiyle rekabet içinde olan yaşam şekilleri ve değişen çevre koşulları arasında yolunu bulmak zorundadır. Bu süreç, evrim seçeneklerinin çeşitlenmesine yol açar. Türlerin çoğunun hızlı bir şekilde evrim geçirmesi bu yüzdendir. Bu bağlamda, iri ve karmaşık olmak, sonsuza kadar hayatta kalmayı garanti etmez - tam tersine! Türlerinin en büyük bölümü tehlike altında bulunan, yok oluş yolunda olan grup, besin zincirinin tepesinde olan gruptur: Büyük avcılar. İri, karmaşık, yaşamını sürdürme yolları özelleşmiş olan bu canlılar, besin ağının daha alt düzeylerindeki organiz-

maların sayısının azalması ve yaşam ortamlarının insanlar tarafından yok edilmesi nedeniyle tehdit altındadırlar.

Bütün soyların evriminin yöneldiği nihai hedefler, büyüklük ve karmaşıklık değildir. Bakterilerin ve tek hücreli hayvanlarla bitkilerin çoğu, mikroskobik kalmalarına karşın büyük ölçüde evrim geçirmişlerdir.; bunlar, gezegenimizin egemen organizmalarıdır. Çok hücreli türler için dahi, daha karmaşık hale gelmek, başarıyı garanti eden değişmez bir kural olmaktan uzaktır. Asalaklar, genellikle uzak atalarının evrim yoluyla sahip olduğu özellikleri tersine çevirerek veya büyük ölçüde basitleştirerek evrim geçirir. Önemli olan, etkin özgürlüktür - normal olandan hayatta kalmayı veya üremeyi iyileştirecek bir şekilde sapmak.

Dünya üzerindeki yaşamı meydana getiren, rekabet içindeki türlerin egoizmi, sonu olmayan bir evrimi de yanında getirir. Daima göreceli, fırsatçı, doğurgan ve yenilikçidir.

Evrimin Ritmi

Dönüşümlerin ritmi, pek çok kuramın ve hararetli tartışmanın da konusu olmuştur. Aslında, canlı organizma topluluklarının büyük bölümlerinin bir bütün olarak afetlerin tehdidi altında bulunduğu dramatik dönemler bir yana bırakılacak olursa, türler hep farklı hızlarda evrim geçirmişlerdir.

Darwin, yavaş, aşamalı değişikliklere inanmaktaydı - bir tür, bir veya daha fazla başka türü üretir, onlar da belki bir süre birbirleri ile paralel bir şekilde hayatta kaldıktan sonra, kaybolmadan önce zaman içinde yavaş yavaş değişime uğrarlar.

Ancak, üst üste yığılmış kaya katmanlarının içinde sık sık kural dışı durumlarla karşılaşmaktayız. İçinde birbirine benzeyen fosiller - taşlaşmış izler - bulunan ve şekillerin zaman içinde neredeyse fark edilemeyecek kadar değiştiği kalın kaya katmanları ile sık sık karşılaşırız. Sonra birdenbire, bir üst (daha yeni) katmanda eski bir tür ile akrabalığı bulunan, fakat ondan açıkça farklı olan yeni bir türe ait fosiller ortaya çıkar. Bu tür gözlemler, yirminci yüzyılın başlarında bir bilim insanının, Richard Goldschmidt'in muazzam, ani mutasyonlar (bir bireyin bir türden diğerine "sıçrama" yapmasına neden olan) tarafından yaratılan, değişmekte olan ortama iyi uyum sağlayan *ümit verici canavarlar* kavramını oluşturmasına yol açmıştır.[21] Günümüzde gözden düşmüş olan bu kuramın sayıları giderek azalmakta olan savunucuları, saltasyonistler olarak adlandırılmaktadır.

Binlerce binyıl boyunca taşlaşmış fosiller bakımından zengin diğer deniz çökeltilerinin üst üste binmiş katmanlarını inceleyen diğer yazarlar (Niles Eldredge ve Stephen J. Gould dahil), özellikle fosil şekillerinde hiçbir evrimin gözlemlenmediği çok uzun dönemler karşısında şaşırmışlardı (paleontologlar tarafından yapılan açıklamalara göre bu durum, bir soy içinde birbirinden dikkat çekecek kadar farklı türler arasındaki ara yaşam şekillerinde fosilleşmenin olmamasının sonucudur). Evrimin az çok hız kestiği, her biri birkaç milyon yıl devam eden bu dönemler, *durgunluk* dönemi olarak adlandırılırlar.[22] Evrim, neredeyse mükemmel bir denge durumu içerisinde, uzun bir süre bloke edilmiştir. Bu denge, bazı türlerin ortadan kalkması ve yeni yaşam şekillerinin (çoğunlukla kendilerinden önceki türle aralarında açık bir bağlantı olan türler) ortaya çıkarak topluma egemen olması ve dengeyi bozması sonucunda delinir, yani kesintiye uğrar. Eldredge ve Gould'un katkıları, evrimin dinamiğindeki kesintilerin altını çizmekte yararlı olmuştur.[23]

Evrimin dinamik bir yapıda olduğu yolundaki bu kavram, evrim hızının görünürde herhangi bir neden olmaksızın birdenbire hızlanıverdiğini düşünmemize neden olabilir. Yeni ortaya çıkan ve dengeyi bozan yaşam şekilleri, üreme anomalilerinin veya mutasyonların meyveleri olarak (ortaya bir hamlede makroevrim veya bir topluluğun arasında ümit verici canavarlar çıkartıyormuş gibi) yorumlanmamalıdır. Bunlar, bir türün sınır özelliklerini taşıyan ve içindeki bireylerin ana topluluklardaki bireylerden genetik olarak büyük ölçüde değişiklik gösterdiği küçük topluluklarda ortaya çıkar. Sınırlarda yalıtılmış durumda oldukları için, bu farklılıkları sürdürme olanağına sahiptirler. Çoğalırlar ve görece kısa bir sürede bütün topluluğun yerini alırlar. Bu göçmenler, başlangıçta küçük bir nüfusun arasına yerleşmiş oldukları için, kendilerine özgü genlerin yayılmasını atalarının büyük nüfusu içinde bulunan kuzenlerine kıyasla daha hızlı sağlama olanağına sahiptirler. Bunlar, ortaya çıktıkları bölgeyi sonradan istila ettikleri zaman, bir kargaşanın başlamasına yol açabilirler. Eğer bu yeni türler, hep birlikte içinde yaşadıkları ortama akrabalarından daha iyi uyum sağlıyorlarsa, egemen duruma gelirler. Bu durumda denge veya durgunluk sona erer, yeni bir denge kurmaya yönelik hızlı bir değişim başlar.

Aslında evrimin temposundaki bütün bu değişikliklerin meydana gelmesi olasıdır ve bunlar, duruma göre meydana gelirler. Yaşamın evriminin ritimleri ve döngüleri, temelde düzensizdir. Bunu düşünürken, aklıma denizin yüzeyi gelir. Denizin sakin olduğu zamanlar, değişimlerin az miktarda görüldüğü uzun durgunluk dönemlerine benzer. Bu sükûnetin yerine yavaş ve aşamalı evrimsel dönüşüme benzeyen, düzenli aralıklara sahip küçük dalgalar egemen olabilir. Ve

bir fırtına çıktığında, bu, o zamana kadar inşa edilmiş bulunan her şeyi yok eden bir felaketin eşdeğeridir. Dünya üzerinde yaşamın akışı ve geri çekilişi.

Bireylerin ve türlerin döngüsel olarak birbirlerini izlemesini oluşturan kabarmış dalgaların arasında bazıları, geriye kendilerinden sonra gelen birilerini dahi bırakmadan sonsuza kadar ortadan kaybolup gider. İnsan ile temas kurmuş pek çok türün kaderi, böyle olmuştur. En iyi bilinen örnekler arasında kılıç dişli kaplan, mamut, daha yakın zamanlarda meşhur dodo (büyük, uçamayan, şişman bir hindiyi andıran, Mauritius'un ilk kâşifleri beslenmek için soyunu tüketinceye kadar orada huzur içinde yaşamakta olan bir kuş), Tazmanya kurdu ve daha pek çoğu sayılabilir, çünkü insanın gelişinden sonra ortadan kaybolan türlerin listesi çok uzundur. Bir bireyin ve türlerin doğumu ve ölümü, yaşamın doğasından kaynaklanır. Bunlar, doğa sisteminin kaçınılmaz başlama ve bitiş işaretleri, zaman kıyılarına bitip tükenmek bilmeden vuran yaşam dalgalarıdır.

Bu mantık, başta kendimiz ve sevdiklerimiz olmak üzere yaşamın yaratılışı ve çeşitliliği için olduğu kadar, ölüm için de efsanevi bir açıklama arayan insanoğlu için uzun zaman önce kabul edilmez olmuştur (ve hâlâ da öyledir). Bu nedenle, ana dinlerin tamamında bir sonsuz yaşam, veya hiç olmazsa ruhlarımızın başka yaşamlarda geri dönüşüme uğraması ümidinin bulunduğu, dikkat çekici bir durumdur. Bu, zamanın oku üzerinde yeni yaşam döngülerinin daha öncekilerle ilişkili olduğu yolundaki boş bir ümittir.

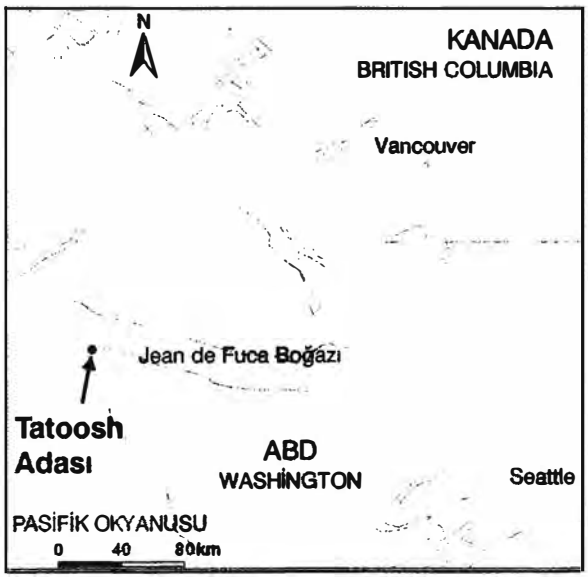
Benzer bir şekilde, insanoğlu bu başlama ve bitiş işaretlerinin ritmini arttırdıkça, bu mantık giderek artan bir şekilde kabul edilemez olmuştur. Bizim yüzümüzden ortadan kaybolan türlerin sayısı artmaktadır. Artan nüfusumuz, etkinliklerimiz ve onların yol açtığı kirlenmeler, bizi saran yaşam için bir felaketin başlangıcını oluşturmaktadır: Tüm yaşam için büyük, küresel bir kargaşa.[24]

Bütünüyle bakıldığı zaman, yaşamda giderek artan çeşitlenme, çeşitli ritimlerde ve döngülerde meydana gelen muazzam bir evrimsel olaylar takımıdır. Bunların hepsi, Dünya üzerinde 3,85 milyar yıla yayılmış milyarlarca biyolojik ve çevresel olayın karışımı sayesinde olmuştur. hiçbir şey önceden belirlenmiş değildir, hiçbir şeyin öngörülmüş olma olasılığı bulunmamaktadır; günümüzdeki yaşam, şans ve rekabetin meyvesidir. Yaşamın filmini geriye sararak başlangıca döndürebilsek ve ilk canlı aktörlerin kendilerini canlarının istediği şekilde ifade etmelerine olanak sağlasak, yeni film, eskisi gibi olmazdı, biz orada olmazdık, Dünyada yeni türler yaşıyor olurdu. Aslına bakılacak olursa, her geriye sarıştan sonra karşımıza yeni bir senaryo çıkardı. Doğa, garip, öngörülemez ve beceriklidir. O, sayıları giderek artan canlılardan meydana gelen topluluğun başından geçen deneme ve yanılmaların meyvesidir.[25]

Günümüzdeki, Algılanabilir Evrim

Değişiklikler, canlı organizma topluluklarında da görülebilir. Toplulukların karışımları çevre koşulları ile uyum içerisindedir ve hem çevre, hem de topluluk, beraberce değişebilir. Hiç şüphesiz, dev eğreltiotları döneminde dünyanın nasıl göründüğünü hayalinde canlandıran ressamların güzel eserlerini hepimiz görmüşüzdür. Fosilleşmiş pek çok kalıntı, çok eski yaşama ilişkin bu manzaraları gerçekçi bir şekilde yeniden canlandırmamıza olanak sağlar. Bu kalıntılar, birbiri ardından gelen arktik ve tropik iklimlerin hayvanları, bitkileri ve ekosistemleri durup dinlenmeksizin kargaşaya ittiğini göstermektedirler. Bireyler (siz ve ben), türler ve ekosistemler, dönüşüm sırasında birbirlerinin yerini almaktadır ... her şey, değişik ritimlerle değişmektedir.

Bizim zaman ölçeğimizde, bir insan neslinin süresi içinde, büyük bir ölçekte meydana gelen bir dizi doğal ekosistem değişikliğini görebiliriz. Bunların en hızlıları denizde, kıyılarda meydana gelir. Yaşamın dinamiğini insanlara göre bir zaman ölçeği içinde tarif etmek için, Tatoosh Adası'na yapılan, benim de katıldığım bilimsel bir araştırma yolculuğunu anlatacağım (Şekil 31). Bu ada, Juan de



Şekil 31. Washington Eyaletindeki Tatoosh Adası'nın yerini gösteren harita. (Çizim Alexandre Meinesz, düzenleme Fabrice Javel.)

Fuca Boğazı'nın ucuna yakın bir konumda, Seattle veya Vancouver'den olsa olsa 200 kilometre uzaklıkta bulunmaktadır. Boyu birkaç yüz metreyi aşmayan, çevresi yüksek uçurumlarla çevrili olan ada, okyanusta bir konfeti tanesi gibidir. Zirvesinde yaşayan çelimsiz bitkiler, ya terk edilmiş ve harabeye dönmüş, ya da iyi muhafaza edilen fakat hava sızdırmayacak şekilde kapatılmış askeri binaları gözlerden uzak tutar. Burası, Amerikalıların bir Japon saldırısından korktuğu zamanlardan kalma bir Maginot hattı ileri karakoludur. Adanın önemli bir özelliği daha bulunmaktadır: Bir Amerikan yerlisi bölgesinin ortasındadır. Bu inceleme seyahatinin yöneticisi, benim çok takdir ettiğim, ekolojik deneyleri dolayısıyla doğa bilimciler dünyasında çok tanınmış Profesör Bob Paine'dir (Resim 7A).[26] İri yarı, babacan ve karizmatik profesör, kendisine ün kazandıran deneylerin sahnelendiği yer olan bu adayı tutkuyla sever. Burası, diğer kişisel merakların peşinden koşmaktansa doğayı gözlemlemeye adanmış hayatının en çok sevilen yeridir. Bu küçücük adanın incelenmesi konusunda Amerikan Yerli şefleri ile bir anlaşmaya varmayı başarmıştır.

Bu adaya kendisiyle birlikte 2000 yılının yazında gittim ve Amerika yerlilerinin bu adalardan bazıları üzerinde hâlâ bir ölçüde denetime sahip olduğunu gözlemledim.

Amerika yerlilerinin şu anda içinde yaşadığı, atalarından kalan toprakların kalıntılarında Yanki'lere karşı güvensizlik, daima güçlü olmuştur. Paine, iyi bir beyaz adamdır, sadece bilgelik getiren bir bilim insanıdır. Öğrencileri ve konukları ile birlikte canının istediği her yerde kamp kurabilmesi için serbest bırakılmıştır. Kamp, doğru kelimedir. Külüstür iki ahşap baraka, barınak olarak kullanılmaktadır. Bunlardan biri, ortak yatakhane olarak düzenlenmiştir. Her tarafı delik deşik, rüzgâra açık bir yerdi. Paine, durumu iyileştirmek için hiçbir şey yapmamıştı. Bizi çevreleyen doğayı hak etmemiz, Amerika yerlilerine adayı ziyaret eden bilim insanlarının buradaki konforsuz koşullardan tatmin olduğunu göstermemiz gerekir. Uyku tulumumu yerleştirecek bir yer ararken, çatının altında bol miktarda yuvalanmış olan kuşların dışkıları ile kaplanmamak için çok dikkat etmem gerekmişti. Bu kuşlar, güneşin doğuşu ile birlikte, saat 04.30 sularında ötmeye başlıyor, bizim kalkma saatimiz de gelmiş oluyordu.

Gelgitle birlikte yaşamak zorundaydık, çünkü bu alandaki deniz yaşamının olağanüstü çeşitliliğini ancak sular çekildiği zaman görebiliyorduk. Ve seyahatimiz sırasında, deniz daima 05.00 sularında tam anlamıyla çekilmiş oluyordu. Paine'in iş arkadaşları, genç erkek ve kadınlar, uçurumlardan aşağıya ip vasıtasıyla iniyorlardı. Soğuk, öfkeli denizin bizi kolaylıkla yutabileceği karanlık yarıkların üstünden kayan çizmelerimizle sıçrıyorduk. Tehlikeli yerlerin her birine, ora-

da yaralanan bir bilim insanının adı verilmişti. Adımı orada bırakmak istemiyordum!

Çekilen sular, muazzam kayaları açığa çıkartmış, bir renk cümbüşü oluşturan muhteşem algleri gözler önüne sermişti. Bazılarının uzunluğu altı metreyi aşmaktaydı. Kayalıkların üzerine güneşlenen fok aileleri yerleşmişti ve etrafta kuvvetli bir balık kokusu vardı. Deniz kuşu sürüleri, adada yuvalanmıştı. Sabah vakti beslenmek için açık denizlere uçuyorlar, akşam olunca da dinlenmek üzere adaya geri dönüyorlardı. Ve okyanus, biraz mavi, fakat daha fazla gri, dizi dizi dalgalarıyla ufka kadar uzanmaktaydı.

Bob Paine ve öğrencileri, daha sonra araştırma yöntemlerini bana anlattılar. Bu ortama ilişkin çözümlemelerine dair bilgiler verdiler. Genel olarak, deniz çekildiği zaman ortaya çıkan alanın tümünde bereketli bir yaşam kaynamaktaydı. Bana denizin ortalama düzeyine bağlı olarak alçak ve yüksek olan bölgeleri, kayaların tepelerini ve gölgelerin içindeki çukur alanları kaplayan bu organizma mozaiğinin şifresini çözmeyi öğrettiler. Birbiriyle uyumlu türlerden meydana gelen bu topluluklar, çok farklı deniz ekosistemini işgal ederler. Birbirine bağımlı, çok içli dışlı yaşam ortaklıkları olan bu topluluklar, neredeyse kendileri bir organizma gibidirler. Bir topluluğu meydana getiren çok sayıdaki tür, ya karşılıklı bir ortaklık kurmuş, ya da yer veya besin için bitip tükenmek bilmeyen bir savaşta, birbirleri ile rekabet içine girmiştir. Bunun zaten farkındaydım ve Akdeniz'de dalarken veya Brittany kıyılarını seyrederken, benzer topluluklar görmüştüm. Fakat Tatoosh'da beni şaşırtan şey, midyeler olmuştu. Muazzam midyeler - bazılarını ancak iki elle tutmak mümkündü. Midyeler, suların altında kaldıkları zaman, kendileri için gerçek bir "çorba" olan, tek hücreli algler açısından zengin deniz suyunu hiç yorulmaksızın süzerler. Onlarca metrekare büyüklükteki midye yataklarının üzerinde dev denizyıldızları, alışılmış bir görüntüdür. Bu hayvan halının üzerinde, alglerin sadece belli türleri büyümeyi başarabilir. Midyelerle kaplı bölgelerin arasında hepsi farklı katmanlar oluşturan, her bir, değişik büyüklüklerde algler tarafından tamamen işgal edilmiş yüzeyler gördük. Bu rengârenk bitki örtüsünün üzerinde dev deniz kestaneleri dolaşıyor, onlar da fokların tercih ettiği yiyeceği oluşturuyorlardı.[27]

Deniz kestanesi kitleleri, dalgaların veya dalgalarla gelen kütüklerin çarpması sonucunda ezilinceye kadar büyümeye devam eder. Deniz, midye kümelerini yerlerinden koparıp atar. Alg ormanları, işte o zaman temizlenen alanda büyüme olanağı bulur. Alglerin arasına genç midyeler yerleşir, zamanla egemenliklerini ilan eder ve onların yerini alırlar, ve döngü tekrarlanmaya devam eder.

Burası, canlı bir varlığın özelliklerini taşımaktaydı.

Bu ekoloji laboratuarı için doğru benzetmeyi bir süre sonra buldum: Burası, çevre koşulları ile uyum içerisinde yaşayan, birbirine bağımlı türlerin oluşturduğu tarlalar, bozkırlar, çalılıklar ve ormanlardan meydana gelen bir mozaiğin eşdeğeriydi. Tatoosh'u bu kadar özel yapan şey, sadece birkaç yıl içinde insanın, ormanın yok oluşunu, tarlaların hâkim oluşunu, çalılıkların yerleşmesini ve ormanın geri dönüşünü görebiliyor olmasıydı. Orada konu bir bireyin veya türün tarihi olmaktan çıkıp, tümüyle yapılanmış bir türler topluluğunun tarihi haline gelmişti. Her tür (örneğin midye), sayıları ve yoğunlukları çevre şartları ve o yaşam ortamında (büyüyebilecekleri çevrede) bulunan diğer türlerle uyumlu olan bireylerden oluşan bir nüfusa sahipti.

Gezegenimizde ekosistemler sayılamayacak kadar çoktur ve döngüsel bir şekilde değişirler. Kararlı bir iklim döneminde dahi, durdurulamayan döngülerle bitip tükenmek bilmeden değişip dururlar. Egemen türler çöküp yok olur, sahayı eskiden ikincil olup da artık egemen hale gelen türlere bırakırlar ve bu böyle devam eder. Fakat, bu şemadaki ayrıntılara dikkat edilmesi gerekir. Dengeyi bozmak için, bir türün bireylerinin birkaç tane azalması veya artması, yeni bir türün oranın eski sakinleriyle karışması, bir türün rekabet, aşırı sıcak veya soğuk bir mevsim veya bir fırtına nedeniyle ortadan kaybolması yeterlidir. Değişim yavaş veya hızlı olabilir, fakat hiçbir şey aynı kalmayacaktır.

Paine'in deneyleri, yaşamın bu dengelerinin yasalarını anlamayı hedeflemekteydi. Üzerlerindeki örtü gelgit sırasında kalkan ekosistemlerin canlı temel bileşenlerinin rollerini açığa çıkartmak amacını güden bir dizi uygulama yaptı. Kayaları kazıyarak üzerlerini temizledi, sonra türlerin bu çıplak alanları hangi sıra ile fark ettiğini gözlemledi. Deniz kestanelerini ve deniz yıldızlarını bir bölgeden uzaklaştırarak, bu gezginler veya avcılar mevcut olmadığı zaman geride kalan türlere ne olduğunu öğrenmeye çalıştı. Bazı avcıların veya gezginlerin koruma altına alınan veya çıplaklaştırılan bölgeye girmesini engellemek için plastik veya bakırdan – güçlü bir itici, uzaklaştırıcı – yapılmış çitler inşa etti. Sonra, sınırları belirlenmiş olan meydanlardaki gelişmeyi izledi. Otuz yıl boyunca, araştırmacılar rekabet ve yeniden kolonileşme mekanizmalarını ve desenlerini anlamak için her üç ayda bir adaya geldiler. Bob ve meslektaşları, otuz yıl boyunca bu tür deneyler için yazın çelimsiz bir tekneyle, kışın da helikopterle Tatoosh Adası'nı ziyaret ettiler. Bob, ekosistemin *temel taşı* türler olarak adlandırdığı bazı türlerin taşıdığı önemi kanıtlama olanağını bu sayede buldu. Bunlar ortadan kaldırıldığı takdirde, sistemin tümü hıza çöker ve eski zenginlik asla geri kazanılmaz. Canlı toplulukların narinliğine dikkat çekti. Düzende önemsiz görünen küçücük bir

değişiklik, gösterişli yapının tamamen yıkılmasına neden olabilir. Ve bir ekosistemde, kubbeyi ayakta tutan birkaç taş bulunur.

Deniz tekrar yükselmeye başladı. Hızlı bir şekilde çalışmak, metrekarelerce kayayı kazıyıp çıplaklaştırmak, dev midyeleri bir çapa ile yerinden sökmek, deneyin sıfırdan başladığına emin olmak için çitlerin içinde kalan kayaların üstüne güçlü bir deterjan (fırın temizleyici) dökmek zorunda kalmıştık. Yerlerinden edilen midyelerden birkaç tanesini toplamaya niyetlenmiştim. İncelemek için değil, arkadaşlarıma güzel bir tabak marine midye hazırlamak için. Bob, bunun iyi bir fikir olmadığını zarif bir şekilde anlattı. Bana bir davranış dersi vermişti: Otuz yıldır, hiç kimse tek bir midyeyi veya Tatoosh kayalıklarında bulunan başka bir hayvanı yememişti. Ada bir doğal koruma alanı değildi, bunlar da koruma altındaki türler değildi; konu, kendisinin koyduğu bir davranış ilkesi ile ilgiliydi. Bölgeyi bir kiler olarak görmemek önemliydi, bilim insanlarının niyetleri hakkında Amerikan Yerlilerinin yanlış bir izlenime kapılmamaları önemliydi. Paine, adada bulunmasının sürekliliğini sağlamak için sezgisel olarak yararlı gördüğü bu ilkeye saygı göstermeyi bir onur meselesi haline getirmişti. Yerlerinden çıkartılan midyeler kayaların yarıklarına düşüyor ve sistem tarafından geri dönüştürülüyorlardı. Bu bilim insanları akıllıydılar! Plastik torbaların içinde gelen temel besin kaynağımızı - marshmallow - kızartıp yemeye razı olmak zorundaydım! Şaşkınlığımı anlayışla karşılayan Paine, bir akşam beni somon tutmaya götürdü - bu, federal ve eyalet yetkilileri ile yerel Kızılderililer tarafından iyi düzenlenmiş ve iyi izlenen bir etkinlikti.

Kendimizi Tatoosh Adası'nın açıklarında, Pasifik'in dondurucu sularında, 9,9 beygir gücünde bir motorun ittiği minicik bir şişme botun içinde buluvermiştik. Korkmuyordum. Korumasız genç fokları arayarak bölgede dolaşan katil balinalar, aklıma dahi gelmiyordu. Yine de, insana karşı davranışları hakkında hiçbir bilgiye sahip olmadığım birkaç tonluk bu avcı etobur karşısında minik botumuz, kolay bir av olurdu. Öğrencilerden biri, o akşam bizim bulunduğumuz yerin yakınlarında bir tane görmüştü. Bu muazzam denizde karşılaşabileceğimiz bir motor arızasını da düşünmemiştim. Doğa sevgisi, insanı biraz kaderci ve cesur kılıyor: Endişe verici olması gereken pek çok durumda kendimi sonradan beni şaşırtacak kadar sakin ve rahat davranmışımdır.

Somonlar hiç durmadan saldırıyor, bizim bir şey yapmamıza gerek olmadan yemi yutuyorlardı. Sorun, bu değildi. İğneler kancalı değildi, balıkların sadece canını acıtıyordu. Her dört balıktan üçü, bota varmasına çok az kala kaçıp kurtuluyordu. O kadar çok somon yakaladık ki, aralarında seçim yapabiliyorduk: Çok yağlı olmasın, çok küçük olmasın, koruma altındaki türlerden olmasın. Beğen-

mediklerimizi küçük bir çizikle ve hiç şüphesiz büyük bir korku ile tekrar sulara saldık. Bir saat içerisinde tam da aranan özellikleri taşıyan iki güzel örnek yakalamıştık.

Devrilmiş bir sedir ağacını ateş yakmak için kullandık. Nacakla keserken çıkan kokuyu hatırlıyorum. Bob'un öğrencilerini kızarmış marshmallow'larla bir arada yerken duyduğum dehşete karşın, somonlar nefisti. Balıklardan birindeki yumurtaları biraz limon suyu ile ezerek yemek istedim. Onların beyaz, kızarmış, lastiğimsi topları yemeleri bana nasıl garip geldiyse, benim bu isteğim de onlara öyle garip gelmişti. Ben kendime somon havyarı ikram ettim, onlar da kendilerini marshmallow'larla beslediler. O akşam, uyku tulumumda uzanmış yatarken denizi dinledim - kayalarda ve uçurumlarda kırılan dalgaları, kuşları, fokların kaba bağırışlarını ve böylesine vahşi olan doğadan gelen diğer pek çok sesi. Amerikan Yerlileri, toprakları ve kültürleriyle ilişkili bütün bu izlenimleri yaşamış olmalıdırlar. Atalarının topraklarına karşı duydukları bağlılığı anlıyordum. Tatoosh'un bütün Kuzey Amerikalı deniz biyologları için ifade ettiği atmosferi de anlıyordum. Burası, deniz ekosistemlerinin bir mabedi, yaşamın dinamiği ve narinliği üzerine bu kadar çok sayıda kuramın ortaya çıkışını sağlayan bir laboratuar görevi görmekteydi.

Araştırmacıların bir yerdeki dengelerde birkaç yıl içinde art arda meydana geldiğini gözlemleyebildikleri değişiklikleri gördüğüm zaman, çok daha uzun zaman dilimleri içinde dünyada nelerin meydana gelmiş olması gerektiği hakkında gerçekçi bir fikir sahibi olmuştum. Eğreltiotu ormanları yerlerini yavaş yavaş kozalaklı ağaçlara bırakmış, bunlar da sırası gelince çiçekli bitkiler tarafından alaşağı edilmişlerdi. Tatoosh'daki ekosistemlerin birkaç yıl içinde ileri geri hareketi yerine, değişiklik dalgaları on milyonlarca yıl içinde meydana gelmişti. Gezegenin yavaş ısınması veya soğuması nedeniyle bir bitki örtüsü, diğerinin yerini almıştı. Bir dizi durum ortaya çıkmıştı ve bunlar asla benzer bir şekilde tekrarlamamıştı: Her şey, her seferinde değişir. Ekosistemlerin yenilendiği döngüsel zaman, oka benzeyen, tek yönlü giden doğrusal zamanla paralel akmaktadır.

Günümüzdeki Talihsiz Evrim

Fakat hepimiz, zamana ilişkin olarak doğadaki değişikliklerle ilişkilendirdiğimiz başka görüşlere de sahibiz. Benim açımdan bunlar, gençliğimi geçirdiğim yerle ilişkilidir. Çalılıklardan meydana gelen çevre ile iyi uyum sağlamış güzel, işlevsel binaların bulunduğu alanı hep hatırlarım.

Uzun zaman önce bir cumartesi günü arkadaşlarımla tren istasyonunun önünde buluşmuştuk. İçindeki yiyecekler, su, uyku tulumu, izci çadırının bir parçası, yer örtüsü ve kazıklar nedeniyle, epeyce ağır bir sırt çantası taşıyordum. Fransız izci oymağının üyesi olan altı arkadaşım tam zamanında gelmişler ve hiçbir şeyi unutmamışlardı. Trende geçen yarım saatin ardından, Fransız Rivierası'nın kıyıdaki en küçük tren istasyonlarından birine sahip olan Biot'ta inmiştik. Tek sıra halinde önce yolu, sonra da asla bitmeyen bir patikayı izledik. Son olarak, en dikenli çalılardan kendimizi korumak için zikzaklar çizerek çorak arazide kestirme bir yoldan geçtik. Açık alan karşımızda, kristal berraklığında bir akarsuyun hemen yanı başında duruyordu. Çadırı kurduk ve gün batıncaya kadar top oynadık. Sonra kuru odun aramaya başladık. Büyük dalları bir nacak kullanarak kestik ve ağaçlardan uzakta, taşlarla çevrelenmiş bir ocağın içinde ateş yaktık. Ateşin etrafına oturup yemeklerimizi yedik ve gençlerin konuştuğu konuları konuştuk, sonra da birkaç şarkı söyledik. Oymak başımız 16 yaşına yeni girmişti; en genç izci, 13 yaşındaydı. Burada ve Nice civarındaki benzer yerlerde sık sık kamp kuruyorduk.

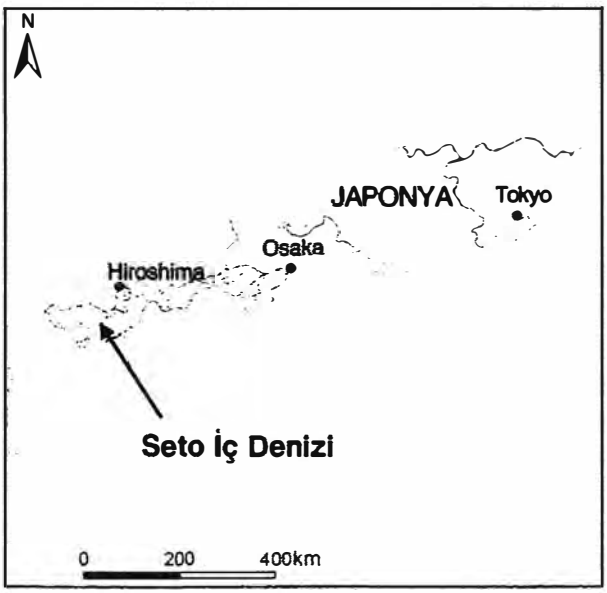
Kırk yıl sonra, mutlu anılarla yüklü olan bu yerlere geri döndüm. Manzaradaki değişikliklerin beni şaşırtacağının gayet iyi farkındaydım, çünkü oyun alanımızın üzerine Sophia Antipolis Teknoloji Merkezi inşa edilmişti. Yine de, her şeyin tanınmaz durumda olduğunu görerek şaşkına döndüm. Açıklık, bir araştırma enstitüsü olmuştu. Akan berrak suyu bulamamıştım, patikaların yerini de yollar almıştı. Beni en çok etkileyen şey ise, insanların akşam vakti vücutlarını veya ruhlarını ısıtmak için bir kamp ateşi yakmalarına artık izin verilmemekte olmasıydı.

Doğa açısından orada zaman durmuştu. Doğa, artık orada evrim geçirmeyecektir. Bu binaların bir gün harabeye döneceğini ve doğanın galip geleceğini hayal etmek, çok düşsel görünüyor. Ve 40 yıl içinde, şimdi şehrimin eteklerinde bulunan güzel ormanlık kırların başına ne gelecek? Bunlar çok sıradan düşünceler, fakat yaşamın evriminin insan tarafından aksatılabileceğini anlamama yardımcı oluyor.

Benim mesleğimde zaman ve uzay ölçeklerini sık sık küçültmek zorunda kalırız. Bunu yapmak, bize insanın doğa tarafından cömertçe verilenleri yok edişinin dinamiklerini daha iyi anlama olanağı sağlamaktadır. Bu, evrimin bir ip, bir saat veya Van Leeuwenhoek'in dünya ve gök kubbe küreleri ile özetlenmesi gibi bir şeydir. Biz, ölçeklerle oynarız: Zamanı ve uzayı kısaltırız. Bu yöntemi en iyi şekilde Japonya'da görme olanağı bulmuştum.

Atom bombası tarafından yok edilmiş olan Hiroşima'da şimdi diğer bütün Japon şehirlerinin aksine, sokakları gayet güzel sıralanmış bir şehir bulunmaktadır. İnsan uygarlığı tarihinde üzücü bir şekilde meşhur olan bu şehri 1990 yılında ziyaret ettiğim zaman dikkatimi çeken ilk şey, bu olmuştu. Bir ölüm ve harabeler alanı olan bu alan, birkaç düzine yıl içinde kalabalık, hayat dolu bir şehre, büyük ve telaşlı bir güney metropolüne dönüşmüştü. Yaşam, daha doğru bir ifadeyle insanın yaşamı ve onun yaptıkları, kendi kendini yeniden kurmuştu. İnsanın yok edici gücünü hatırlatan anılarla dolu bu şehre, Hideki Ueshima tarafından bir konferans vermek üzere davet edilmiştim. Ueshima, iri yarı bir adam değildir, bir Japon için dahi küçük yapılıdır. Gözlüklerinin arkasındaki badem şekilli gözleri, gülümsemesi, coşkusu ve sık sık şaşkınlığını göstermek için yüzünde beliren komik ifadeler, beni daima neşelendirir.

Şirin ve kibar havasına karşın Hideki Ueshima, bir yeni çağ samurayı, çevre için yaptığı etkinlikler nedeniyle ülkesinde saygı duyulan bir savaşçıdır. Son 20 yıldır, Japonya'nın iç denizinin, Seto İç Denizi'nin muazzam bir modelini işleten bir devlet kuruluşun bir parçasını yönetmektedir (Şekil 32).



Şekil 32. Japonya'da Seto İç Denizi'nin yerini gösteren harita. (Çizim Alexandre Meinesz, düzenleme Fabrice Javel.)

Bu model, suyun akışını gösteren, kenarları ayrıntılı şekilde çizilmiş, muazzam bir su akışı haritasıdır. 300 metre uzunlukta, 140 metre genişlikte bir uçak hangarının içine inşa edilmiştir (Resim 7B).[28] İki kanal (Kii ve Bungo) vasıtasıyla Pasifiğe, bir kanal (Kanmon Boğazı) vasıtasıyla da Japon Denizi'ne geri akan suları hiç yorulmadan yukarı taşıyan dev pompalar sayesinde, akıntılar ve gelgitler aslına uygun bir şekilde taklit edilmektedir. Hideki Ueshima, bu iç denizin 2500 kilometre uzunluğundaki kıyı çizgisi için planlanan geliştirme çalışmalarının etkisini değerlendirmek amacıyla deneyler tasarlamak için yıllarını harcamıştır. Akıntılar ne şekilde değişecek? Çevre kirliliğine yol açan maddeler nerelerde birikecek? Ueshima, bu sorulara yanıt aramak için model üzerinde çeşitli senaryolar uygulamaktadır. Traversler ve vinçler, akıntılarla hareket eden binlerce küçük şamandırayı aynı anda serbest bırakır. Modelde nehir ağızlarının bulunduğu yerlerde suya katılan boyalar, tatlı suyun deniz ile ne şekilde karıştığının bilim insanları tarafından görülebilmesine olanak sağlar. Modelden elde edilen hesapları denetlemek ve standardize etmek amacıyla, her şey filme alınır ve incelenir.

Modele yaptığım ilk ziyareti hatırlıyorum. Hideki Ueshima, dev hangarın içine girerken kendisini takip etmemi istemişti. Denizin üstünde, Gulliver'in devleri gibi, her adımda bir bölgeyi baştanbaşa geçerek adadan adaya sıçradık. Bana özellikle parçalanmış bir havzayı, Osaka Körfezi'ni gösterdi. Suyu içeride tutmak için kullanılan çimentonun renklerinin aynı olmadığını gösterdi. 20 yıl önceki ilk inşaattan sonra çok sayıda paralel yüzün ilave edildiği, kolayca görünüyordu. Bunlar, denizden kazanılan arazileri temsil etmekteydi.

Şehirlerin genişleyebilmesini sağlamak amacıyla Seto İç Denizi kıyıları azar azar doldurularak on binlerce hektar arazi kazanılmıştı. Denizin olduğu yerlere havaalanları, limanlar, yeni yerleşim alanları ve sanayi genişletme alanları kurulmuştu. Bunlarla her yerde karşılaşılıyordu. Osaka'dan Kobe'ye ve daha ileriye kadar, bir dizi köşeli girinti, denizden alınarak birbirine bağlanmış arazi vardı: Beton sivilceler. Modele bakarak, körfez yüzeyinin büyük ölçüde azaltıldığını ve kıyı hattının büyük kısmının yapay olduğunu kolayca görebiliyordum. Bu inşaatlar, büyük bir deniz biyolojik çeşitliliğine sahip olan gelgitten etkilenmeyen küçük alanları geriye dönüşü olanaksız şekilde tahrip etmişti.

Bu kıyıların önündeki ekosistemler, doğrusal bir yapıya sahiptir. Bunlar, kıyıya paralel dar şeritler oluşturur. Çok sayıda türün bir araya gelmesi ile ortaya çıkan, biyolojik açıdan en zengin olanlar, bol miktarda ışığın içeri girebildiği, yüzeye yakın yerlerdir. Burada güneş enerjisi fotosenteze olanak sağlar. Bu ekosistemler, inşaat sırasında sonsuza dek ortadan yok olurlar. Hepsi, denizden kaza-

nılan araziyi koruyan birkaç metrekarelik düşey beton duvarlara dönüştürülürler. Bu bölgenin ötesinde deniz çok derindir, ışık çok zayıflar ve gelgit altında kalan ekosistemler, betonun karşısında kendilerini asla yeniden oluşturmazlar.

Hideki Ueshima, bu gözlem karşısında nasıl tamamen çaresiz kaldığını anlattı. Onun rolü, yapılan inşaatların akıntıları olabildiğince az etkilemesi için inşaatçılara önerilerde bulunmakla sınırlıydı. Fakat, modelindeki körfezlerin dolduğunu ve kıyının yok olduğunu gözlemlediği için, deniz canlı türlerinin çoğunun yaşayabileceği yüzey alanının yok olması yüzünden çevrenin geriye dönüşü olmayan bir şekilde azar azar bozulduğunu anlamıştı. Süreç, asla geriye doğru işlemiyordu; Seto İç Denizi'nin ortasına inşa edilen Osaka Uluslararası Havaalanı, bu değerli alanların doğa tarafından tekrar kazanılması için asla yıkılmayacaktı.

Hideki Ueshima, insan tarafından kolonileştirilen doğadaki bozulmaların geriye dönüşü olmadığını gösteren çok sayıda örneğin bulunduğu bir ülkede yaşıyor. Büyük yangınların (Tokyo'da birkaç kez olmuştur) veya yok edici depremlerin (Osaka Körfezi'ndeki Kobe kentinde olduğu gibi) harabeye çevirdiği şehirlerin bulunduğu yerlerde doğa değil, daima insanlar haklarını geri istemişlerdir. İnsan için bir rahatsızlıktan, bir karınca yuvasına atılan bir tekmeden başka bir şey değildir!

Zaman ve uzayın küçültüldüğü, insanın olumsuz etkilerinin ortaya çıktığı bu örneğin karşısında ikimiz de uzun bir süre sessiz kaldık. Sonra bana, bu konu üzerinde hüküm süren sağduyusuzluk ve dar bakış karşısında nasıl bir tiksinti hissettiğini anlattı. Her belediye, her kaymakamlık, komşularıyla eşgüdüm sağlamadan uygulamaya koyduğu birtakım gözde projelere sahipti. Bunların her biri, tek stratejinin gelişmeyi teşvik etmek ve ekonomik çekişmelerden galip çıkmak olduğu bir oyun içinde, piyonlarını denizin içlerine doğru ilerletmekteydi. İnşaatçılar, çevreye saygılı davranmak için ellerinden geleni yaparlar. Bu amaçla, projelerin dolaylı kirlilikleri engelleyecek şekilde bütünleştirilmesi için yüksek maliyetli araştırmaları finanse ederler. Fakat görünüşe göre inşaatçılar, temel noktayı daima gözden kaçırmaktadırlar: Denizden kazanılan alanın altında bulunan yaşamın, toplulukların, ekosistemlerin yok edilmesini. Ve yok edici her hareket diğerlerine eklenmekte, kıyı ekosistemleri üzerindeki etkiyi sonsuz bir şekilde arttırmaktadır. Kazanılan toprakların kapladığı yüzey alanı alt alta yazılıp toplandığı zaman, geriye dönüşü olmayan bu küçük yıkım çalışmalarının deniz ortamında meydana getirdiği hasarın kimyasal veya bakteriyel kirlenme tarafından meydana getirilen *geçici* hasara kıyasla çok daha büyük olduğu, kolaylıkla görülecektir. Her gün karşı karşıya geldiği bu iç karartıcı manzaraya karşın, Hideki Ueshima asla vazgeçmemiş, insafsızca yapılan bu toprak kazanma ve inşa-

at çalışmalarının bütün Seto İç Denizi kıyılarının kaderi olacağını asla kabul etmemiştir. Sabırla ve ustaca yürütülen bir diplomasi ile, ülkesinin çeşitli yetkililerini bu su kütlesini yönetenlerin çevreye karşı gerçekten daha saygılı davranması gerektiğine ikna etmek için çalışmış ve bunda da giderek artan bir başarı sağlamıştır. Uzmanlık alanı, artık kimyasal veya bakteriyel kirlenme ile kısıtlı değildir - başka bir alandaki çalışmalara ilişkin danışmanlık yapmaktadır: Kıyı parçalarını sonsuza kadar muhafaza etmek, onları doğal haliyle korumak. Bir yüzyılı aşkın bir süre önce benzer bir strateji İngiltere'de geliştirilmiş, bir vakfa (the National Trust)[29] bırakılan kişisel fonlar ve bağışlar, kıyı arazilerinin onları inşaatçıların iştahından kurtarmak için satın alınmasına olanak sağlamıştır. Fransa'da benzer bir örgüt, onlarca yıl önce kurulmuştur: The Coastal Conservatory.[30]

Hiroşima'ya 10 yıl sonra geri döndüğümde, Hideki Ueshima'ya kurtarılan kıyıların sınırlarını modeli üzerinde yeşile boyamasını önermiştim. Günümüzde sivil toplum örgütlerinin yardımından yararlanan Hideki Ueshima ve çok sayıda diğer araştırmacı, Japon yetkililere nelerin korunabileceği konusunda daha dikkatli düşünmeleri için baskı yapmaktadırlar.

Bu modelin deneysel niteliği, bana insan baskısının gürültülü dinamiğini ve kendi zaman ölçeğimiz içinde doğaya egemen oluşumuzla bağlantılı belli bir geriye dönülemezlik bulunduğunu vurgulamıştır.

Doğaya egemen olmanın kaderimiz olduğu, İncil'de sık sık ve açık bir ifade ile söylenmektedir.

"Verimli olun ve çoğalın, denizlerin sularını doldurun, yeryüzünde kuşların çoğalmasına izin verin" (Yaratılış 1:22).

"Verimli olun ve çoğalın, yeryüzünü doldurun. Yerdeki hayvanların, gökteki kuşların, yeryüzünde hareket edenlerin ve denizlerdeki balıkların tümü sizden korkup ürkecek. Hepsi sizin ellerinize verilmiştir. Hareket eden bütün canlılar size yiyecek olacak. Yeşil bitkiler gibi, onların hepsini size veriyorum" (Yaratılış 9:1-3).

"Verimli olun, çoğalın; yeryüzünde bol bol üreyin ve artın" (Yaratılış 9:7).

Ve öyle de yapıldı. Ya sonrası? Şimdi ne yapmamız gerekiyor?

Vardığımız noktada doğa üzerinde öylesine bir egemenlik kurulmuştur ki, artık onu azaltmaya başlamış bulunmaktayız. İnsanoğlunun geleceğinin çevremizdeki takdis edilmiş ve besleyici yaşam tarafından güvence altına alındığı yolundaki dinsel kuruluş efsanesi, geride kalmıştır. İncil'in hükümleri günümüzde durma noktasına gelmiştir, çünkü biz hâlâ çoğalmakta, fakat artık bunun bu şekilde sürmeyeceğini anlamaktayız. Yaşamsal önem taşıyan doğal kaynakları kırıp dökerek Dünya'yı giderek artan bir şekilde kaplamakta ve yeniden inşa et-

mekteyiz. Denizdeki balıklar üzerinde öylesine egemen olmaktayız ki, sayılarını büyük ölçüde azaltmakta ve devamlılıklarını tehdit etmekteyiz. Cilalı taş devrinden bu yana, ihtiyaçlarımızı avlanarak ve toplayarak karşılayamamaktayız. Günümüzde artık kısıtlama olmadan balıkları kendi doğal yaşam ortamları içinde avlayamamaktayız. Bu uygulamaların devam etmesi mümkün değildir.

Artık kendimizi Nuh ve oğullarına verilen ilahi yeminle avutamayız: Tanrı, onlara bundan böyle Dünya üzerinde yaşamı yok edecek felaket olmayacağı sözünü vermişti.[31] Gökkuşağı, bu yemini insanlara ve Dünya üzerindeki bütün canlı yaratıklara hatırlatan göksel bir işarettir. Her ne kadar Nuh'tan bu yana Dünya üzerindeki bütün yaşamı yok eden bir felaket gerçekten meydana gelmediyse de, yaşam, Nuh'un zamanında öngörülmeyen bir değişikliğin tehdidi altındadır: Kendi aşırı çoğalmamızın!

Böylece, Dünya'nın evrenin merkezi olduğu yolundaki önermenin sorgulanmasının ardından, insanın bir hayvan türünün evriminde sadece bir adımdan ibaret olduğunun anlaşılmasının ardından, İncil'in üçüncü bir temeli daha sona yaklaşmaktadır. Fakat bu sefer, bunun nedeni Yaradılış kitabında belirtildiği şekilde yaşam tarihinde yapılan hatalar değildir. Bunun nedeni, öngörünün mevcut olmayışıdır.

Evrim ipinin müjdeli ucu, bu bağlamda bize en azından uzunluğu kadar gerçek dışı görünmektedir. Yumağın gelecekte ne şekilde açılacağı yolunda tahmin yürütmek, büyük çoğunluğumuzun düşünce tarzı için aşırı soyuttur ve kaderimizi yönetme stratejimiz, yalnızca seçim dönemleri ile kısıtlıdır.

Evrim ipi ve Ueshima'nın modeli, bu soyut kavramları daha dokunulabilir bir şekilde aklımızda canlandırmak ve geçmişteki değişikliklerle onların önemini daha iyi kavramak için uzay ve zamanın boyutlarını küçülten kurgulamalardır. Vermeer, boyutların ve ölçeklerin haritalarda ve yerküre veya gökkürelerle bütünleştirilmesinin gücünü anlamıştı. O günlerin Hollanda'sı, bu araçların üretiminde öncülük yapmaktaydı. Hollanda Doğu Hindistan Şirketi'nin gemicileri için son derece yararlı olan küreler ve haritalar bol miktarda üretiliyor ve burjuva evlerini süslemek için kullanılıyordu.

Bu işaretler, *Astronom*'a eşlik etmesi için yapılan *Coğrafyacı*'da (Resim 8A) özellikle iyi bir şekilde betimlenmektedir. Model, aynıdır: Antoni Van Leeuwenhoek. Bir geometri sınavını henüz kazanmıştır ve odayı aydınlatan bir pencerenin önünde poz vermiştir. Hint Okyanusu'na ait bir haritayı incelerken içine doğmuş olan bir sezgi üzerinde düşüncelere dalmış gibi görünmektedir. Kaşif-geometricilerin birkaç nesil boyunca harcadığı o kadar çok çabanın ürünü olan bu belge, kişinin oralara gitmek zorunda kalmaksızın keşfettiği uzak toprakları gözünde canlandırmasına olanak sağlamaktadır. Arkasında, bir gardırobun üstünde, bir

yerküre durmaktadır. Bu yerküre, tarımlanmıştır; 1615 yılında Hollanda'da yapılmıştır - yani Güneş'in ve yıldızların Dünya'nın çevresinde döndüğüne dair dinsel öğretiyi eleştirdiği için Galile'nin Papa tarafından azarlanmasından 18 yıl önce.

Bu iki tabloda ayrıca astronomi kitapları ile deniz rotalarının izlenmesini ve uzaklıklarla konumların hassas bir şekilde ölçülmesini sağlayan simgesel araçlar da betimlenmiştir.

Astronom'da bir gökküre ve bir usturlap,[32] kompozisyonun bir parçasını oluşturmaktadır. Bir gardırobun önünde, üstünde birkaç saat kadranı bulunan, büyük olasılıkla denizdeki konumları tahmin etmek amacıyla yıldızların belli şekillerde göründüğü zamanları hatırlamak için kullanılan bir poster asılıydı.

Coğrafyacı'da, arkadan ışık alan pencerenin üzerinde bir tür haç asılı olduğunu biraz zorlanarak da olsa, görebiliyoruz. Bu araç - bir haçlı asa, veya Jakob asası[33] - o dönemin gemicilerine yıldızların ufka göre yüksekliğini ölçmekte yardımcı oluyordu. Fakat, tablonun odak noktası, Van Leeuwenhoek'in elinde tuttuğu, 45° açık duran, pirinçten yapılmış bir ölçek pergelidir. Bu araç, harita üzerindeki iki nokta arasındaki uzaklığı ölçmek ve coğrafi uzaklığı tahmin etmek için bu ölçümü sabit bir ölçekle karşılaştırmak için kullanılır. Vermeer, tabloda değişiklik yapmıştır. İlk olarak, ölçek pergelini haritaya yönelik şekilde çizmişti. Daha sonra, bu aleti pencereden içeri giren eğimli ışık huzmesi ile aynı yönü gösterecek şekilde betimlemiştir. Merak uyandıran bir nokta, pergelin alt ucunun tablonun sağ alt köşesindeki bir tabureyi gösteriyor olmasıdır. Başlangıçta bu taburenin üzerinde küçük bir risale durmakta iken, sonradan bunu küçük bir kare ile değiştirmiştir.

Güneş ışığı, modelin gözleri, pergel ve kare, hepsi aynı hizadadır. Küreler, haritalar, usturlap, haçlı asa, pergel ve kare, insanın Dünya üzerindeki gerçek durumunun bilim insanları tarafından daha iyi anlaşılmasına olanak sağlamaktadır. Bunlar, hâlâ o kadar uzakta bulunan yıldızları veya Oranj-Nassau Hanedanı'nın görkemli yelkenlilerin daha yeni ulaşmış olduğu ülkeleri ayıran uzaklık ve zamanın daha iyi betimlenmesine olanak sağlamaktadırlar. Şimdi, sonsuz derecede küçük olanın karşısında bu astronom ve bu coğrafyacı, hayranlıkla dolmuştur. Dolayısıyla, tek bir insanın, Antoni Van Leeuwenhoek'in, kendi zamanına ait en özlü bilgiye ulaşmış olduğunu anlayabiliriz. Bu iki kompozisyon, bu güçlü ve derin düşüncelerin bağlamını sabitlemektedir. Fakat Vermeer, bu iki çalışmasında da bilim insanını sol eliyle masaya sağlam bir şekilde dayanırken betimlemiştir. Seçtiği bilim alanındaki bilgiler karşısında hayranlık duyduğu sırada dahi, Antoni Van Leeuwenhoek o anın maddesel gerçeklerini kavramakta, ayakları yere sağlam şekilde basmaktaydı.

Yaşamın Görkemini Anlamak Korumak ve Sevmek

Karanlık mağaralarda hayvan resimleri çizen Kro-Magnon insanından bu yana, insan uygarlıkları yaşamın ihtişamı, gücü ve karmaşıklığı karşısında hayranlık veya korku hissetmişlerdir. Bu nedenle, insanlığın düşüncelerine, inançlarına doğa ve onun çeşitliliği ve güzelliği ile ilgili olarak uzun zamandan beri hâkim olan duygu, yaşamın görkeminin temel olarak ilahi, doğaüstü olduğudur.

On yedinci ve on sekizinci yüzyıllarda biyologlar, egzotik, güzel veya insanlara yararlı *yaratıklar* keşfedip hükümdarı ve maiyetini şaşırtarak ün kazanırlardı. "Adalardan" bir zürafa veya nadir bulunan bir kuş getiren veya bir lale veya ilgi çekici bir tada sahip bir kök yumrusu ithal edenlerin tanınması muhakkaktı. Van Leeuwenhoek'in gözlemleri, bu ortamda hızla duyuldu; bunlar, müthiş bir merak uyandırdı. Avrupa'nın saray çevreleri, Van Leeuwenhoek'in hayvancıklarını hayranlık içinde seyretmek için Delft'e geldiler. Ağırladığı çok sayıda ziyaretçi arasında İngiltere Kraliçesi Mary II (Resim 8B),[1] İngiltere Kralı Charles II, Tuscany Grandükü Cosmo II ve Prusya Kralı Frederick I de bulunmaktaydı. Benzer şekilde, tarihçiler Van Leeuwenhoek'i davet etmek üzere Çar Büyük Petro'nun gemisinin Den Haag önlerinde nasıl demirlediğini ve Çarın alyuvarların nasıl dolaştığını gördüğü zaman nasıl özel bir merak gösterdiğini anlatırlar.

O sıralarda ilahi yaratıkların görkemi sonsuz görünüyordu; insanlar, aynı görkemin mikroskobik âleme de uzanmakta olduğunu yeni keşfetmişlerdi.

Fransız Jean-Baptiste de Lamarck, türlerin zaman içinde değişime uğradığını yazmaya ilk cüret eden kişiydi. Algıladığı olayın karşısında hayranlık duyan ilk kişiydi o – sonsuz derecede küçük olandan insana doğru giden aşamalı bir ilerleme:

> Söz gelişi hareketli bir noktadan ibaret olan monad'ın [tek hücreli organizma] memelilere ve bunların arasında insana kadar gitmesi gibi, yavaş adımlarla en karmaşık olana doğru yükselen en basit hayvan örgütlenmesi düşünülecek olursa, nihai sonuçların doğasındaki bütün hayvanların bünyelerinin yapısında incelikli bir derecelendirme bulunduğu muhakkaktır ve insanın bu derecelendirme karşısında sadece hayranlık duyması değil, onu iyice incelemek, belirlemek ve anlamak için çaba harcaması da gereklidir.[2]

Daha sonra, insanın dünya üzerindeki yaşama dair tutarlı bir tarihi yeniden oluşturması ve yaşamın görkeminin doğasına ilişkin algılarımızı önemli ölçüde değiştirmemiz için, iki yüzyıldan fazla zaman geçmesi gerekmiştir.

Darwin, başyapıtı *Türlerin Kökeni*'nin sonuç bölümünde, yüksek düzeydeki hayvanların yaratılması gibi hayranlık uyandıran bir sonuca ulaşan pek çok doğa yasasından bahsederek yaşamın görkemini anımsatmaktadır. "Sahip olduğu bazı güçler nedeniyle, Yaratıcı tarafından bir veya az sayıda yaşam formuna üflenmiş olan yaşamın bu görüntüsünde bir görkem bulunmaktadır." Darwin, tarif ettiği mekanizmanın mükemmeliyetçi gücü karşısında büyülenmişti.;ona göre "Doğal seçilim yalnızca her varlığın kendisi tarafından ve onun iyiliğini gözeterek yapılmakta olduğu için, bedensel ve ruhsal özelliklerin hepsi de mükemmeliyete doğru gelişme eğilimi içinde olacaktır."[3]

O zamandan bu yana gerçekleşen çok sayıdaki bilimsel ilerleme, gezegenimizde yaşayan canlı türlerinin oluşturduğu dizinin ihtişamına yol açan mekanizmalara ilişkin anlayışımızı büyük ölçüde değiştirmiştir.

İlk olarak, üç temel aşamayı, birbiri ardından gerçekleşen üç yaratılışı ayırt edebilmekteyiz: Bakterilerin, tek hücreli hayvan ve bitkilerin ve son olarak da çıplak gözle görülebilen çok hücreli bitki ve hayvanların yaratılışları. Bu adımlardan her biri, gezegenimizin üzerinde kendi yöntemlerine göre evrim geçiren bir organizmalar topluluğu bırakmıştır. İlk olarak, bundan 3,5 milyar yıl önce, bakteriler ortaya çıkmıştır. O zamandan bu yana, sahip oldukları tek hücrenin içinde, içsel olarak evrim geçirmeye devam etmişlerdir. Dünya üzerindeki farklı ko-

şullara diğer organizmalardan daha iyi uyum sağlamış oldukları için, günümüzde bütün ekosistemler üzerinde egemendirler.

Ardından, Darwin tarafından açıklanan doğal seçilim ile evrim sürecinin yeni türlerin yaratılışına yol açan mekanizmalardan sadece biri olduğunu vurgulamak gerekir. Yeni türlerin ortaya çıkışı açısından mutasyonların, kromozom karışmasının ve fiziksel ve kimyasal kısıtlamaların da ayrı ölçüde önem taşıdığı, kabul edilmiş bir gerçektir.

Son olarak, evrimsel baskınlarla yeniliklerin ve bunların ürünü olan canlı dengelerin sonsuza kadar yeni nesiller üreteceğine dair hiçbir güvencenin mevcut olmadığını unutmamamız gerekir. Bunlar, daima felaketlerin yol açtığı kör yok oluşların insafına kalmıştır.

Mevcut bilgiler, yaşamın önceden belirlenmiş bir yolu izlemeden, karmaşıklığı arttırmak için sistematik bir yönelme olmaksızın, mükemmelliği arayış içine girmeden, kesintisiz bir şekilde evrim geçirdiğini onaylamamıza da olanak sağlamaktadır. Çağımızın büyük evrim biyologlarından biri olan Stephen J. Gould, evrimle gelişme efsanesini reddetmekte ve yaşamın bir yelpaze gibi yayıldığını, artan karmaşıklığa doğru yalnızca pasif ve marjinal bir yönelme gösterdiği sonucuna ulaşmaktadır.[4] Ona göre yaşamın görkemi, temelde şansa dayalı olan evrim sürecinin içinde yatmaktadır. Yaşamı şekillendiren veya seçen her mekanizma (mutasyon, kromozom karışması, en iyi uyum sağlamış olanı seçen çevre koşulları veya felaketler) rastgeledir, şans veya beklenmedik durumlar içerir: "Bizler, kendilerinin nasıl yapılmış olmaları gerektiğini anlama yeteneğine sahip bir yaratık üretmeye can atan evrim ilkelerinin beklenen bir sonucu değil, öngörülmesi mümkün olmayan bir sürecin muhteşem tesadüfleriyiz."[5]

Yaptığım çözümleme, evrimin yaptığı büyük sıçramaların hepsinde görülen bir sürece de ışık tutmaktadır: Birlik olma stratejisi. Evrimin her büyük adımında yaşam için yeni bir çerçeve çizen ve canlıların oluşturduğu diziyi yaygınlaştıran şey, birleşme olmuştur. RNA ve DNA zincirlerinin ortaklık kurma ve birleşme süreçleri, yaşamın ilk bakterinin ortaya çıkmasını sağlayan bilgi aktarımının temelini oluşturmaktadır. Endosembiyoz süreci, yani bakterilerin birleşmesi, önce hayvan hücrelerine, sonra da bitki hücrelerine ait soyların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Hücrelerin kaynaşması (kaynaşarak birleşmesi), eşeyli üremeye yol açmıştır. Hücrelerin birleşmesi süreci, çok hücreli organizmaları, neredeyse hücre uygarlıklarını üretmiştir. Benzer şekilde, ayrı türden bireylerin birleşmesi, içinde çeşitli sosyal davranışların ve iş bölümünün hayatta kalma şansını arttırdığı ve daha sonraki nesillerin üretilmesini ve hayatta kalmalarını daha fazla güvence altına aldığı, bu nedenle grupların bireylere göre daha avantajlı olduğu

sosyal birliktelikleri meydana getirmiştir. Son olarak, bilinç ve bilginin gelişmesinin kökeninde, ilk insanların birleşmesi yatmaktadır. Şurası muhakkak ki, *birlik olma* stratejisi, yaşamın görkeminin önemli bir parçasıdır.

Dolayısıyla, yaşamın görkemi, algılayabildiğimiz kadarıyla, anlamını sürekli olarak değiştirmiştir.

Günümüzde biyologlar, yaşamın faydasız güzellikleri karşısında oyalanmamayı tercih eden bilimsel Kartezyenlerdir. Giderek çok soyut hale gelen bilimleri, herkes tarafından paylaşılabilecek hayranlık duygularından ve hatta yaşama ilişkin ruhani algılamadan sapmış bulunmaktadır. Hâlâ hayran kalıp şaşırabilirler, fakat artık bu tepkiler güzel bir deneye veya hücrelerin birbirleriyle kurduğu içli dışlı işlevselliğin matematiksel bir modelinin mantığına yönelmektedir. Biyologlar, yaşamın mekanizmalarını moleküler düzeye kadar ayırıp incelemeye de girişmişlerdir. Hatta, farklı türlerden gelen DNA dizilimlerini tanımlayıp birbiriyle karşılaştırarak, yaşam tarihinin sayfalarını yeniden oluşturmayı dahi başarmışlardır. Hayvanların ve bitkilerin mimarisini yöneten şifreyi çözen, bitki pigmentlerinin kimyasal sırlarını ortaya çıkartan, organizmaların ortaya çıkışına ve gelişmesine ait adımları yeniden oluşturan moleküler biyologlar, bir anlamda yaşamın kutsal havasını yok etmişlerdir. Her şey, onlara mekanik veya kimyasal gibi görünmektedir. Yaşamın ayrıntılarını belirleyen hücresel, genetik ve kimyasal süreçlerin açığa çıkması, yaşamın ihtişamına dair geçmiş keşiflerle olan bağlantısı kesilince çapraşık bir nitelik kazanmıştır. Bu nedenle, bu süreçlere eskiden olduğundan biraz daha az değer verilmektedir; şimdiki ütopik hedef, hükümetin bir laboratuara girerek biyolojinin çok sayıdaki uzmanlık alanlarından birinde elde edilen önemli bir ilerlemeyi elindeki birtakım sayıların ve grafiklerin yardımıyla açıklamasıdır. Yaşam üzerindeki araştırmaların değeri, temel olarak ticarileşmiştir: Sadece yeni tıbbi tedaviler için ümit veren veya ekonomik getiriler veya patentler vaat eden keşifler ilgi uyandırmaktadır. Hiç şüphesiz, yaşamın görkemi üzerine nutuk çekerken yalnızca ona yol açan belli belirsiz kimyasal mekanizmalardan bahsetmek, kitleleri heyecanlandırmaya yetmez.

Geçtiğimiz yüzyıl, hem yaşam bilgisinde büyük bir gelişme yaşanmış, hem de bilginin kamuya aktarılmasında aynı büyüklükte bir zayıflama ile karşılaşılmıştır. Halkımızın ana katmanlarında biyolojik çeşitliliği korumak üzerine yapılan tartışmaların ne düzeyde olduğunu üniversite laboratuarlarının fildişi kulelerinin içinde kapalı kalmış meslektaşlarıma göstermeyi kaç kere istemişimdir. Bu, beni bilim insanlarını değerlendirmek üzere yeni kriterler, onları bilimlerini laboratuarlarından dışarı çıkartmaya sevk edecek kriterler düşünmeye zorlamış-

tır. Bunların çok büyük bir kısmı, bilgilerinin derinliklerine iyice gömülmüş, günlük hayatın maddeci gerçeklerinden uzak kalmışlardır. Bu davranış şeklinin nedeni, rekabettir; profesyonel değerlendirme için mevcut tek yöntem, yalnızca kendi meslektaşlarının mikro evreninde dolaşacak yüksek kaliteli bilimsel yayımlardan ibarettir. Bu biçimsel, kurumsal iletişim şekli, günümüzde ahlaki açıdan yetersiz hale gelmiştir; artık tek hedef olmaktan çıkartılması gerekir. Keşiflerde bulunan ve önemli bilgilere sahip olan biyologlar, öğrenmiş olduklarını kamu tarafından anlaşılabilecek ve temelleri daima hatırlanabilecek bir şekilde yaymakla sorumlu olmalıdırlar: Geçmişte öğrenilen, yeni keşif ve araştırmaların ilgi çekici olduğu bağlamdaki her şey.

Bilim o kadar büyük bir hızla ilerlemiştir ki, köklerine dikkat etmeden yayılmıştır. Bu nedenle, bilimsel bilgiyi içlerine alan ve aşamalı olarak kendi etki alanları ile bütünleştiren ana dinlerin ve felsefi ekollerin, halkın gözünde kendilerini anlaşılması daha kolay olan ve sadece ortak bilinçaltında demir atmış bulunan kutsal mesajlara ve laik geleneklere dayanan başka mesajlar tarafından geçilmiş bulmaları karşısında şaşkınlık duymamamız gerekir. Fanatik din veya mezhep dönmelerinin mesajları, bilimin geçmiş ve geleceğimiz hakkında ne olursa olsun bu kadar çok sayıda soruyu cevaplama olanağını bulduğu bir dünyada bu nedenle serbestçe at oynatabilmektedirler.

Bilimsel ilerlemenin yaşam bilgisinin içerisine ne denli nüfuz ettiğini görme olanağını ekonomik ve sosyal dünyaların temsilcilerinin yer aldığı bir panelde bulmuştum. 4,7 milyon kişinin yaşadığı bir bölgede (Provence-Alpler-Fransız Rivierası) çevre yönetimini incelemekle görevli bir komisyona[6] on yılı aşkın bir süredir başkanlık ettiğim için, farklı sosyal sınıflardan gelen ve çok değişik eğitim düzeylerine sahip olan pek çok kişiyle uzun uzadıya sohbet etme olanağı bulmaktayım. Komisyonumun üyeleri, bir noktada görüş birliği içindedirler: Çevre konusunda ve doğayı koruma konusunda kendi anlayabilecekleri düzeyde bilgi sahibi olma isteği. Bununla beraber, yaşamın işleyişine ve evrimi ile çöküşünü getiren incelikli mekanizmalara dair yeni keşifler konusunda hepsi de bilgisizdirler. Sıradan vatandaşa hitap eden medyada tekrar tekrar yayımlanan tek bir nokta, hepsinin dikkatini çekmişti: Dünya üzerindeki yaşam, artık insanların yol açtığı hasar ve yok oluş ile karşı karşıyadır ve bu etki, giderek hızlanmaktadır. Hepsi de giderek artan kirlilik ve onun yaşam koşullarımız ve üç ulusal, beş bölgesel doğa parkı ile bölgemizin zengin doğası üzerine doğrudan yaptığı etkiler yüzünden endişelenmektedirler. Ayrıca, yaşamın sürüp giden evrimi hakkındaki propagandaları da özümlemiş bulunmaktadırlar. Giderek daha büyüyen alan-

ların yerleşime açılması, ormanların kesilmesi, istilacı türlerin dalgalar halinde getirilmesi nedeniyle yerel canlıların giderek tekdüzeleşmesi ve sera etkisinin yol açtığı iklim değişikliğinin küresel etkileri - bütün bunların çevremizdeki yaşam için tehlike yarattığı, giderek artan bir şekilde anlaşılmaktadır. Bu insanlar, bu musibetlerin giderek artmakta olduğunun farkındadırlar. Bu nedenle, incelediğimiz her konuda, aldığımız her bütçe kararında oy birliği sağlanmıştır: Hepsi de, bu hasarı sınırlamak ve politik yetkilileri bizimle aynı görüşü paylaşmaya ikna etmek için mevcut kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını istemektedirler. Bu yüzden, bütçenin en önemli bölümü, daha iyi atık işleme ve su arıtma için ayrılmıştır. Nadiren ortaya çıkan tartışmalar, insanın ekonomik gelişiminin karşısına çıkabilecek yaşam ortamlarının veya türlerin korunması üzerine hararetli tartışmalara yol açmıştır.

Aslına bakılacak olursa, komisyonumun üyeleri aynı zamanda aynı bölge kuruluşundaki 11 başka komisyonun, temel ilgi alanları daha insani olan komisyonların da üyesidirler. Bu komisyonlar, özellikle ekonomik gelişme üzerindeki kısıtlamaları ve ekonomi açısından veya halkın yaşamı için yaşamsal öneme sahip olan doğal kaynakların tükenmesini sorgulamaktadır. Bu komisyonların üyeleri, bu nedenle türümüzün maddeci ve egoistçe stratejilerine karşı özellikle hassasiyet sahibidirler: Gelişmenin desteklenmesi (sürdürülebilir olması gerekir), ekonomik rekabet (küresel veya değil), bütün bireylerin yaşam koşullarının iyileştirilmesi (sosyal etkinlikler, halk arasında dayanışma, insan haklarının güçlendirilmesi) ve yaşamın uzatılması (mümkün olduğu kadar uzun süre, sağlıklı olarak yaşamalıyız).

Doğa ve insan yönetiminin maddeci gerçekleriyle bu bağlam içinde savaştım. Bilimselliğimin ve bütün bildiklerimin, karar vericilerin önündeki ikilem karşısında çok az işe yaradığını gözlemledim. Çevreyi korumak amacıyla ekonomik gelişmeye nereye kadar karşı çıkabiliriz? Açık sözlü konuşarak ikna etmek, insanları türleri kurtarmanın en temel ilkeleri konusunda duyarlı hale getirmek - bunlar hiç de kolay işler değil. Fakat, oturumların ardından, öğle yemeği sırasında, beni bu kitabı yazmaya yönlendiren düşüncelere ilişkin konuları sık sık gündeme getiriyordum. Bunu ne zaman yapsam, hayranlık ve şaşkınlık ifade eden bakışlar gördüm. Komisyonumun üyeleri ve politikacılar, yaşamın kökeni ve günümüzdeki kırılganlığı üzerindeki konuşmalarımı dinlemekten daima memnun oluyorlardı. Van Leeuwenhoek hayvancıklarını Avrupa saraylarına gösterdiği sırada olduğu gibi, ben de onların yaşamı keşfetmelerini sağlıyordum.

Gerek bu deneyimler, gerekse ekonomik ve sosyal konseydeki meslektaşlarım ve politikacılar üzerinde yaptığım sosyal çözümlemeler sonucunda, çevre

konusundaki eğitimi büyük ölçüde arttırmamız gerektiği kanısına vardım. Ayrıca, ruhaniliğin ve ideolojinin içinde de, yaşamın yaratılışlarının tarihçesi ve geçmişteki evrimi konusundaki bilimsel kanıtların samimi ve kapsamlı olarak dikkate alınmasına olanak sağlayacak yeni destekler arayıp bulmamız gerekiyor. Gelecekteki tehlikenin ne olduğunu ancak bu şekilde daha iyi anlayabiliriz; her türden düşüncenin bir araya gelmesi, çevresindeki yaşamın geleceğinden ayrılması mümkün olmayan kendi geleceği üzerinde insanlığı sorumluluk almaya yöneltecektir.

Kaderci bir tutum içine girip aşırı çoğalmamızın zararlı sonuçları ve onun etkilerini kabullenmek yerine, cennette şanlı bir gelecek ümidinin içine sığınmak yerine, herkesin burada, şimdi mevcut olan büyük ekolojik tehlikelerle savaşmak için taşıdığı sorumluluğun farkına varmasını sağlamak zorundayız.

Tıpkı Van Leeuwenhoek'in yaptığı gibi, elimiz dünyanın maddesel gerçeklerinin masasına sıkıca dayanmış şekilde, ekolojik tehlikeye dair farkındalığımızın günlük yaşamımızı etkileyeceğini onaylamalıyız.

Öğretmen, araştırmacı ve çevre yöneticisi olarak yerine getirdiğim işlevler sırasında bir isteği çok sık duymaktayım: "Çevremiz ve biyolojik çeşitlilik için bir şeyler yapmam gerektiğini biliyorum, fakat kendi naçiz düzeyimde nasıl yararlı olabilirim?"

Birisi böyle bir soruyu sorduğu zaman, zaten büyük bir yol almış demektir. Bu soruyu sorarak, insanın doğa üzerinde, kendi çevremiz üzerinde yaptığı etkilerin baskısını anlamış veya hissetmiş olduğunu göstermektedir. Artık harekete hazır durumdadır. Akciğer uzmanlarının oybirliği içinde olduğu bir konu vardır: Bir sigara tiryakisi, sigaranın kendi vücudundaki zararlı etkisini anlamadan ve açıkça bırakmak istemeden, bu alışkanlıktan vazgeçemez.

İlk adım, bu nedenle vazgeçilmez niteliktedir. Çevremizdeki yaşam üzerindeki giderek artan etkimizin farkına varmak zorundayız. Karşılaştığımız şanssız bireylerin veya kıtlık ya da savaştan etkilenen halkların üzücü yaşamları karşısında nasıl sık sık duyarlılaşıyor ve tiksinti duyuyorsak (ki bu, kişinin komşusunu sevmesine, insan haklarının iyileşmesine ve gezegenimizdeki zenginliklerin daha adil bir şekilde paylaşılmasına yardımcı olmuştur), biyolojik çeşitlilikteki azalmanın doğal kaynakların tükenmesi ve sayıları giderek artan insanların yol açtığı kirlenmenin birikmesi nedeniyle yaratacağı küresel sorunları daha iyi anlamak zorundayız.

Bu duyarlılaştırmanın, etrafımızı saran ve bizim de yararlandığımız sessiz doğayı daha iyi anlamaya olanak sağlayan ikinci bir basit ve yararlı adımın atılmasına öncülük etmesi gerekir. Bu amaçla:

- Etrafımızdaki organizmaların geçmişinin ve durumunun farkında olmalıyız. Bunlar, ortak atalarımıza ilişkin genetik bilgiler taşırlar. Biz, onlarla aynı köklere sahibiz ve zamanın başlangıcından beri paralel yollar üzerinde hep birlikte evrim geçirmekteyiz. Yaşamın çeşitliliğinin bizim bir parçamız olduğunu anlamalıyız.
- Hayatta kalmak ve üremek için uygulanan çok sayıdaki strateji karşısında hayranlık duymalıyız.
- Yaşamın güzelliğinin farkına varmalıyız. Doğayı daha iyi tanımak, onu daha iyi hissetmek, etrafımızdaki yaşamın tümüne karşı duyarlı olmak – bunlar, eksikliklerimizin en üst sıralarında yer almaktadır. Bu eksikliği ortadan kaldırmak, gerekli olan ilk harekettir.

Herkes, kendi düzeyine uygun bir çevre eğitimini çeşitli kaynaklardan edinebilir. Biyologlar kendi bilimlerinin temellerini unutmamalı, fakat yaptıkları keşifleri bir bağlam içine yerleştirmeyi daha iyi başarmalı ve bunları kendi uzmanlık alanları ile bütünleştirerek yaymak için daha fazla çaba harcamalıdırlar.

Topladıkları zenginliklere saygı duyan çiftçiler, avcılar ve balıkçılar, gezginler, hayvan veya bitkiseverler, doğayı veya çevreyi koruma örgütlerinin üyeleri – bu insanların hepsinin bize öğreteceği pek çok şey vardır. Onlar, kendilerinden yararlanarak doğa hakkındaki bilgimizi ve ona karşı davranışımızı geliştirebileceğimiz bir dizi doğa uzmanıdırlar.

Halkın yaşayan doğaya karşı duyarlılığının arttırılmasını telkin etmek, saflık kokan bir propaganda çalışması değildir; sağduyudur. Aşırı romantizm içinde veya köktenci "derin ekoloji" eşliğinde yapılmaması gerekir. Alışılagelmiş temel eğitim ile başlamalıdır. hiçbir şey, kadınların yaşam koşullarını eğitime erişebilmeleri kadar düzeltememiştir ve hiçbir şey, insanlığa yaşamı, tarihini, mekanizmalarını ve kırılganlığını öğreten bir eğitim kadar yararlı olmayacaktır. Sanat eserlerinin güzelliği olduğu kadar, yaşamın güzelliği de öğretilmelidir. İnsanlar yaşamı daha iyi bilir, hayranlık duyar ve anlarlarsa, onu daha çok sevecek, saygı duyacak ve koruyacaktır. Bu bilgiyi edinmek ve yaymak için hiçbir dogma, ayin ve gelenek yoktur. Dini veya felsefi duruşu ne olursa olsun bütün düşünce akımları kendi yolundan hareket ederek yaşam hakkında ve yaşamı ve onun çevresini korumak ile ilgili sorunlar hakkında bizim duyarlılaştırılmamıza katkıda bulunmalıdır. Yaşamın şu anda tehdit altında bulunan biyolojik çeşitliliğinin sorumluluğunu üstlenmek zorundayız. Bu hedefe ulaşmamızı yalnızca tarihten gelen yaşam stratejilerinden biri – birlikten kuvvet doğar – sağlayabilir.

Bu bağlamda herkes, kendi yeteneklerinden – karınca kararınca – yararlanarak, Oranj-Nassau Hanedanı prenslerinin kararlılığı içerisinde, bu alanda bir ça-

ba harcayabilir: "Denemek için ümitli olmak, azmetmek için başarmak gerekmez."[7] Vermeer'in içinde yaşadığı krallığın Fransızca sloganı - *Je maintiendrai* (Duruşumu koruyacağım.) - bu amaca yönelik sağlıklı bir kararlılıktır.

Benim naçiz katkım, bu gözle görülmelidir. Az önce okuyup bitirmiş olduğunuz, yaşamın yaratılışlarının ve evrimin tarihini anlatan bu kitap, bir masal, bir kısa öykü veya metafizik bir deneme değildir; gerçekliği betimlemeye çalışan bir hikâyedir. Yaşamın, gerçekten üzerinde bulunduğumuz ve beni böylesine duygulandıran bir coşku içinde herkesle paylaşmak istediğim yoludur.

Yaşama dair pek çok bilginin sonsuza kadar kaybolduğu geçmişin yeniden inşa edilmiş tarihinin aksine, yarınki durum gayet iyi biliniyor olacak ve biz de, iyi de olsa kötü de olsa, onun içinde yaşıyor olacağız. Yarının yaşamı nasıl olacak? Gelecek yüzyıllarda doğa neye benzeyecek?

Evrim ipinin ucunda minicik, fakat insanlığın geleceği açısından can alıcı...

Bu da başka bir hikâye!

Bölüm 1
Henri'nin Mağarası

1. Chauvet Mağarası üzerine ilk çalışmayı, mağaranın kaşifleri yazmıştır. İngilizce baskısı, resimlerin tarihsel önceliği üzerine vurgu yapmaktadır (Chauvet J.-M., E. Brunel-Deschamps, C. Hillaire. 1996, *Dawn of Art: The Chauvet Cave: The Oldest Known Paintings in the World* [New York: Harry N. Abrams]). Bir grup paleontolog, daha akademik nitelikli bir kitap yazmıştır (Clottes J. 2001. *La Grotte Chauvet. L'art des origines.* [Paris: Seuil]).
2. Mağaranın bulunduğu arazinin ortak sahiplerinden biri, Henri'nin mağaraya ilişkin hukuk mücadelesinin tümünü anlatan bir kitap yazmıştır. Peschier P. 1999. *La grotte pour 25 centimes. La petite histoire de la grotte Chauvet à Vallon-pont d' Arc en Ardèche* (Valence: E&R/La Booquinerie).
3. Bu yaratılışı betimleyen en eski ve en karmaşık resimlerinden biri, Venedik'teki San Marco Bazilikası'ndaki bir kubbenin üzerinde bulunmaktadır. Mozaikten yapılmış olan bu resim, 26 karelik bir çizgi roman şeklinde düzenlenmiştir. Paleontolog ve biyolog Stephen J. Gould, on üçüncü yüzyıla ait bu tasviri doğa tarihi konulu büyük eserinin son kitabında uzun uzadıya tartışmıştır. Gould S.J. 2002. *I Have Landed: The End of a beginning in Natural History* (New York: Harmony Boks; özellikle bölüm 20'yi okuyunuz).
4. Stephen J. Gould, bu tarihlerin belirlenmesine yol açan çeşitli hesaplamaların tarihsel bir analizini yazmıştır. Gould S.J. 1993. *Eight Little Piggies: Reflections in Natural History* (New York: W.W. Norton; bakınız bölüm 12).

5. Gould S.J. 1989. *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History* (New York: W.W. Norton).
6. İlk plasentalı memeli olan *Eomaia scansoria*'nın iskeleti, Çin'de bulunmuştur. Ji Q., Z.-X. Luo, C.-X. Yuan, J.R. Wible, J.-P. Zhang, ve J.A. Georg. 2002. "The earliest known eutherian mammal," *Nature* 416:816-22.
7. Tattersall I., ve J.H. Matternes. "Once we were not alone," *Scientific American* 182: 56-62.
8. Lucy'nin 3,5-3,18 milyon yaşındaki iskeleti 1974 yılında paleoantropologlar Donald Johnson ve öğrencisi Tom Gray tarafından Etiyopya'nın Hadar bölgesinde bulunmuştur (Bu araştırmaya iki Fransız, Yves Coppens ve Maurice Taieb katılmıştır).
9. İnsanlığın en eski kalıntıları, 2001 yılında Afrika'da, Çad'ın Sahel bölgesinde Toros-Menalla'da Fransız ve Çadlılardan meydana gelen bir ekip tarafından ortaya çıkartılmıştır. Kemikler yedi milyon yaşındadır ve yeni bir insansı türüne, "Toumaï" lakabı ile anılan *Sahelanthropus tchadensis*'e aittir. Brunet M., F. Guy, D. Pilbeam ve diğerleri. 2002. "A new hominid from the Upper Miocene of Chad, Central Africa," *Nature* 418: 145-51; Brunet M., F. Guy ve diğerleri. 2005. "New material of the earliest hominid from the Upper Miocene of Chad," *Nature* 434: 752-55; Zollikofer C.P.E., M.S. Ponce de Leon, D.R. Lieberman ve diğerleri. 2005. "Virtual reconstruction of *Sahelanthropus tchadensis*," *Nature* 434: 755-59.
10. Langaney, A., J. Clottes, J Guilaine ve D. Simonet. 1998. *La plus belle histoire de l'Homme* (Paris: Seuil).
11. 1975 yılında genetikçi Marie-Claire King ve biyokimyacı Allan Wilson, insanlarda ve şempanzelerde bulunan protein ve nükleik asit dizilimlerinin %99'unun aynı olduğunu ortaya koydular (King M.-C. ve A. Wilson. 1975. "Evolution at two levels in humans and chimpanzees," *Science* 188: 107-16. 2005 yılında şempanze genomunun dizilimi belirlendi; insan genomu ile üç milyardan fazla nükleotid arasında sadece 35 milyon (%1,23) tanesi arasında farklılıklar mevcuttur (Şempanze Dizilim Belirleme ve İnceleme Konsorsiyumu. 2005. "Initial sequence of the chimpanzee genome and comparison with the human genome," *Nature* 437: 69-87; Li W.H. ve M.A. Saunders. 2005. "The chimpanzee and us," *Nature* 437: 50-51).
12. O sıralarda kafirlik olan bu görüşü aslında, Nicolaus Copernicus'a (1473-1543) borçluyuz. Bu kuramı açıkladığı *De revolutionibus* adlı kitap, ölümünden hemen önce yayımlanmıştı.
13. Yaratılış doktrininden sapanlara karşı çıkanların aldığı iki şehit, özellikle tanınmıştır. Bir Dominik mezhebi keşişi olan Giordano Bruno (1548-1600) Roma'da Papa VIII. Clement tarafından canlı canlı yakılmış, bir İtalyan rahip olan Luciano Vanini (1585-1619) Toulouse'da dinci fanatikler tarafından önce dili kesilmiş, sonra boğulmuş ve nihayet yakılmıştır. Aralarında Benoit de Maillet (1656-1738), Bernard Le Bouyer de Fontenelle (1657-1757), Montesquieu (Charles Louis de Secondat, baron de la Brede et de Montesquieu, 1689-1755), Voltaire (François Marie Aronet, 1694-1778) ve Denis Diderot'un (1713-1784) bulunduğu pek çok yazar, dini sansürle karşılaşmalarına rağmen hayatta kalmışlardır. Bunların yazılarından bazıları sansürlenmiş ve bazı yazarlar ruhban sınıf-

fırınkilerle uyumlu olmayan görüşleri nedeniyle hapse atılmıştır. Daha yakın zamanlarda, 1939-1965 yılları arasında, uğursuz Stalinci biyolog Trofim D. Lysenko (1898-1986) türlerin iklim değişiklikleri nedeniyle (bir türden diğerine doğru) evrime uğradığı yeni kuramına karşı çıkan birkaç düzine meslektaşını çalışma kamplarına ve ölüme göndermiştir.

14. Langaney A. 1999. *La philosophie . . . biologique* (Paris: Belin); Lamarck J.-B. de. 1800. *Discours d'ouverture du cours de l'An VIII.* Bu metin, daha kapsamlı olan şu çalışmada açıklanan bir derse aittir: Lamarck J.-B. de. 1801. *Système des animaux sans vertèbres, ou tableau général des classes, ordres et des genres de ces animaux, présentant leurs caractères essentiels et leur distribution d'après les considérations de leurs rapports naturels et de leurs organisation et suivant l'arrangement établi dans le galeries du Muséum d'Histoire naturelle parmi leurs dépouilles conservées; précédé du discours d'ouverture de l'an VIII de la Réepublique, le 21 floréal* (Paris: l'auteur et Déeterville). Ayrıca bakınız Lamarck J.B. de. 1809 *La philosophie zoologique* (Paris: Dentu).
15. Amerikalı deneme yazarı David Quammen, doğal seçilim kuramının ortaya çıkartılması konusundaki babalık hakkının ve Wallace ile Darwin arasındaki ne olduğu belirsiz ilişkinin hikâyesini büyüleyici bir şekilde anlatmıştır: Quammen D. 1996. *The Song of the Dodo: Island Biography in an Age of Extinctions* (New York: Simon Schuster).
16. Darwin C. 1859. *On the Origin of Species,* ed. G. Suriano (rev. Ed., New York: Grammercy).
17. Darwin C. 1871. *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex* (Londra: John Murray; rev. ed., Princeton: Princeton University Press, 1981).
18. Yazdıklarını inkâr eden Dominik mezhebi keşişinin adı Dalmas Leroy'dur (1846-?). Leroy D. 1891. *L'evolution restreinte aux espèces organiques* (Paris: Delhomme et Briguet).
19. Fransız filozof Dominique Lecourt, Darwin'in karşılaştığı sorunları ve yirminci yüzyılda Birleşik Devletler'de yaşanan yaratılışçı tartışmaları özetleyen mükemmel bir kitap yazmıştır (*L'Amerique entre la Bible et Darwin* [Paris: Presse Universitaire de France, Science Histoire et Société, 1992]).
20. Leakey R.E. 1994. *The Origin of Humankind* (Londra: Orion); Leakey R.E. ve R. Lewin, 1977. *Origins: What New Discoveries Reveal about the Emergence of our Species and Its Possible Future* (Londra: Rainbird; New York: E.P. Dutton).
21. Çağdaş genetik bilgilerinin ışığı altında, Darwin'in bellek ve yazılı kültürün birlikte dokunmuş evrimi konusundaki çalışmalarını *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex* adlı kitabında anlatıldığı şekliyle özetledim.
22. B çıkışı konusunda yazılmış pek çok kitap mevcuttur. Son zamanlarda yazılanlardan biri, dikkatimi çekmiştir: Denton D. 1993 *The Pinnacle of Life: Consciousness and Self-Awareness in Humans and Animals* (St. Leonards, Australia: Allen and Unwin).
23. Stephen J. Gould, İncil ile ilgili resimleri betimleyen sanatçıların karşılaştığı zorlukları yazmıştır. The *Flamingo's Smile: Reflections in Natural History* (New York: W.W. Norton, 1985; özellikle bölüm 6'ya bakınız). Bununla beraber, İncil ile ilgili konuların resim sanatına hakim olduğu bir dönem olan Orta Çağ'da pek çok sanatçının Adem ve Hav-

va'yı güzel göbek delikleriyle çizmesi, kayda değer; Örneğin, Lucas Cranas the Elder'in (1472-1553) sekiz muhteşem Adem ve Havva betimlemesinde böyle yapılmıştır. Bu nedenle, büyük sanat müzelerini gezerken bu ayrıntıyı aramak, hoşuma gider.

24. King ve Wilson, "Evolution at two levels in humans and chimpanzees."
25. Pierre Teilhard de Chardin, hem ilahiyat ve hem de paleontoloji dersleri veren bir Cizvit papazı ve düşünürdü. İnancını bilimsel bilgileriyle birleştirmeye çalışırken, bir evrim kuramı inşa etmişti. Doğuştan gelen günah dogmasını reddediyordu ve bu nedenle Katolik hiyerarşisi tarafından sansür edilmiş ve tacize uğramıştı (Teilhard de Chardin P. 1955. *Le phénomène Humain* [Paris: Seuil]; İngilizce çevirisi, 1965. *The Phenomenon of Man* [New York: Harper & Row]).
26. O kazıları Profesör Henri de Lumley yönetmiştir. İnsanın evrimine dair pek çok sentez yazmıştır, içlerinden biri de şudur: *L'Homme Premier. Préehistoire, évolution, culture* (Paris: Odile Jacob, 1998).

Bölüm 2
Dünya'daki Yaşamın Kökeni Üzerine

1. Rus biyokimyacı Alexander I. Oparin (1894-1980), öncü bir yaşam simyacısıydı. Yeni bir bilim dalı kurdu: Prebiyotik kimya. 1924 yılında yayımlanan ilk çalışmaları, çeşitli baskılar şeklinde sık sık tekrar basılmaktadır. (Oparin A.I. 1957, *The Origin of Life on Earth* [New York: Academic Press])
2. 1953 yılında genç bir doktora öğrencisi (o sırada 23 yaşındaydı) olan Stanley L. Miller (1930-2007), yaşam yaratmak üzere tasarlanmış bir makineyi test etme küstahlığını ve hayal gücünü gösterdi. Bu tarihi deney için, elektrik arkları yaratan bir makine ile metan, amonyak ve hidrojen dolu olan ve yanındaki içi kaynama noktasına getirilmiş su ile dolu başka bir kaba bağlanmış durumdaki bir kap içerisinde ilkel yıldırımları benzeştirdi. Su buharlaşıyor ve içinde gaz bulunan kapta sıvılaşıyordu. Miller, birkaç hafta sonra amino asitleri, canlı organizmalar tarafından tipik olarak üretilen molekülleri elde etti. Ancak, bu deneyde kullanılan gazların seçimi ve konsantrasyonları, günümüzde ilkel atmosferi karakterize ettiğine inanılan yapı ile uyumlu değildi (Miller S.L. 1953. "A production of amino acids under possible primitive earth conditions," *Science* 117: 528-29).
3. Oxford Üniversitesi'nden evrimci profesör Richard Dawkins, 1976 yılında çoğaltıcı adı verilen ve kendi kendini kopyalayan bir dizinin kendi kendine molekül üretmesi konusunda bir kuram geliştirdi. Bu sürecin aşamalarını en ince ayrıntısına kadar tarif etti. Bu kuram gözleme dayalı değil, varsayımsaldır (Dawkins R. 1976. *The Selfish Gene* [Oxford: Oxford University Press]). Bu fikir, aralarında "RNA dünyası" kavramının yaratıcısı, Nobel ödüllü Walter Gilbert ve bu tema ile ilgili teknik ve kuramsal gelişmeleri anlatan bir sentez yayımlayan Christian de Duve'nin de bulunduğu başka bilim insanları tarafından desteklendi (Gilbert W. 1986. "The RNA world," *Nature* 319: 618; Duve, C. de. 2005. *Singularities: Landmarks on the Pathways of Life* [Cambridge: Cambridge University Press]).

4. Birkaç araştırmacı ekibi, inorganik maddelerden oluşan bir matriks (özellikle montmorillonite halindeki kil) kullanarak RNA inşa etmeye uygun moleküler şekiller seçme konusunda sonuçlar elde etmiştir. Bu girişimleri bir Alman biyolog, Günter Wächtershäuser başlatmıştır (Wächtershäuser G. 1988. "Before enzymes and templates: theory of surface metabolism," *Microbiological Reviews* 52: 452-84; idem, 1990. "Evolution of the first metabolic cycles," *Proceedings of the National Academy of Sciences ABD* 87: 200-4; Hazen R.M., T.R. Filley ve G.A. Goodfriend, 2001. "Selective adsorption of L- and D-amino acids on calcite: implications for biochemical homochirality," *Proceedings of the National Academy of Sciences ABD* 98: 5487-90; Ertem G. ve J.P. Ferris. 1996. "Synthesis of RNA oligomers on heterogeneous templates," *Nature* 379: 238-40; Ferris J.P., A.R. Hill Jr., R. Liu ve L.E. Orgel. 1996. "Synthesis of long prebiotic oligomers on mineral surfaces," *Nature* 381: 59-61; Ertem G. ve J.P. Ferris. 1998. "Formation of RNA oligomers on montmorillonite: site of catalysis," *Origin of Life and Evolution of the Biosphere* 28: 485-99).
5. Bir kil matrisi içinde DNA oluşumu varsayımı ilk olarak Alexander G. Cairns-Smith tarafından ileri sürülmüştür (*Genetic Takeover and the Mineral Origins of Life* [Cambridge: Cambridge University Press, 1982]; *Seven Clues to the origin of Life: A Scientific Detective Story* [Cambridge: Canto, Cambridge University Press, 1986]. Söylediğine göre, kaolinitin kristal yapısı, DNA'nın dizisi için bir şablon görevi yapabilirdi. Bununla birlikte Cairns-Smith, panspermi varsayımını da göz ardı etmemiştir. (Ayrıca bakınız Cairns-Smith A.G. ve H. Hartman. 1986. *Clay Minerals and the Origin of Life* [Cambridge: Cambridge University Press]). Leslie E. Orgel (1927-2007), kaya boşluklarında kendi kendine polimerize olan, DNA'dan daha basit (yani RNA) moleküllerden yaşam sentezi konusunda varsayımlar geliştirmiştir. Bu moleküller, yaşamın öncüllerinin oluşumunu katalize etmiş olmalıdır (Joyce G.F. ve L.E. Orgel. 1993. "*Prospects for understanding the origin of the RNA world*," R.F. Gesteland ve J.F. Atkins, ed. *The RNA World*, [Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press], 1-25). Ayrıca bakınız Liu R. ve L.E. Orgel. 1998. "Polymerization on the rocks: amino acids and arginine," *Origins of Life and Evolution of the Biosphere* 28: 245-57. Orgel, Nobel ödülü sahibi Francis Crick ile birlikte çalışarak Dünyaya yaşamın 3,9 milyar yıl önce gezegenimize çarpan bir uzay gemisi ile geldiği varsayımını geliştirmiştir.
6. Yaratılış 2:7 (Yeni Uluslararası Sürüm): "Tanrı, insanı topraktan yarattı ve burun deliklerine yaşam nefesini üfledi ve insan canlı bir varlık oldu."
7. *İlkel çorba* deyimi, 1929 yılında İngiliz genetikçi John B.S. Haldane (1892-1964) tarafından kullanılmıştır.
8. 1922 yılına gelindiğinde, Alexander I. Oparin çeşitli proteinler ve akasya sakızı içeren bir çözeltiden *koaservatlar* adı verilen küçük, küresel yapılar yaratmayı başarmıştı. Çözeltinin içindeki bu kürelerin çapı birkaç mikron kadardı. O zamandan bu yana, birkaç ekip canlı organizmalardan alınmış öncüller olmaksızın işe başlayarak hücre zarına benzeyen kesecikler sentezlemişlerdir.Belçikalı biyokimyacı ve Nobel tıp ödülü sahibi Christian de Duve, canlı hücrenin yapısal ve işlevsel organizasyonu konusundaki bilgilerimizde belirgin ilerlemeler elde edilmesini sağlamıştır. Duve, ayrıntılı araştırmalar

içeren bir çalışmasında hücre duvarlarının ve ilk genlerin ortaya çıkışı konusundaki bütün varsayımları tanımlamış, diğer taraftan hepsinin çıkmaz sokaklara gittiğini görmüştür. Kendi kendini kopyalama yeteneğine sahip bir molekülün olağanüstü büyüklükte bir tesadüf sonucunda birdenbire ortaya çıktığı ve diğer moleküllerin inşasına kılavuzluk ettiği yolunda bir kuram geliştirmiştir (Duve C. de. 1995. *Vital Dust: Life as a Cosmic Imperative* [New York: Basic Books]). Son olarak, Jack Szostak'ın bir tutam RNA ve kendi kendini kopyalayan kesecikleri *atahücre* adı verilen bir yapı içinde birleştiren ekibinin kuramına dikkat etmek önemli olabilir. Bu sentez, montmotillonite adı verilen bir tür kil tarafından katalize edilmektedir. (Szostak J.W., D.P. Bartel ve P.L. Luisi. 2001. "Synthesizing life," *Nature* 409: 387-90; Hanczyc M.M., S.M. Fujikawa ve J.W. Szostak. 2003. "Experimental models of primitive cellulal compartments: encapsulation, growth and division," *Science* 302: 618-22).

9. Christian de Duve, yaşamın ortaya çıkmasına yol açmış olabilecek mekanizmalarla ilgili olarak yapılan bütün araştırmaları özetleyen üç popüler kitap yayımlamıştır. (*Singularities; Life Evolving: Molecules, Mind and Meanings* [New York: Oxford University Press, 2002]; ve *Vital Dust*).
10. Dalton R. 2002. "Squaring up over ancient life," *Nature* 417: 782-84.
11. Mojzsis S.J., G. Arrhenius, K.D. McKeegan ve diğerleri. 1996. "Evidence for life on earth before 3.800 billion years ago," *Nature* 384: 55-58.
12. 2002 yılında iki araştırma ekibi 3,8 milyar yıl yaşındaki kayaların içinde keşfedilen organik moleküllerin oluşumu için kimyasal bir açıklama önerdiler (Van Zuilen M.A., A. Lepland ve G. Arrhenius. 2002. "Reassessing the evidence for the earliest traces of life," *Nature* 418: 627-30;Fedo C.M. ve M.J. Whitehouse. 2002. "Metasomatic origin of quartz-pyroxene rock, Akilia, Greenland, and implications for earth's earliest life," *Science* 296: 1448-52). Daha sonra bu makalelere karşı çıkıldı: Mojszis S.J. ve T.M. Harrison. 2002. "Origin and significance of Archaean quartzose at Akilia, Greenland," *Science* 298: 917; Friend C.R.L., A.P. Nutman ve V.C. Bennet. 2002. "Origin and significance of Archaean quartzose rocks at Akilia, Greenland," *Science* 298: 917; Palin J.M., C.M. Fedo ve M.J. Whitehouse. 2002. "The origin of a most contentious rock," *Science* 298: 961-62.
13. California Üniversitesi, Los Angeles'te profesör olan J. William Schopf, en eski fosillerle ilgili araştırmalar üzerinde uzmanlık sahibidir. Avustralya'daki çalışmaları sırasında yaşamın en eski izlerini keşfetti (Schopf J.W. 1993. "Microfossils of the early Archaean apex chert: new evidence of the antiquity of life," *Science* 260: 640-46; idem, 2002. "When did life begin?" Schopf J.W., ed. *Life's Origin: The Beginnings of Biological Evolution* [Berkeley: University of California Press, 2002], 158-79); idem, 2006. "Fosil evidence of Archeean life," *Philosophical Transactions of the Royal Society* B361: 869-85). Başka ekipler, Güney Afrika ve Avustralya'da bulunan mikrofosilleri 3,5 i,la 3,46 milyar yıl öncesine tarihlemişlerdi (Knoll A.H. ve E.S. Barghoorn. 1977. "Archaean microfossils showing cell division from the Swaziland system of South Africa," *Science* 198: 396-98; Walsh M.M. ve D.R. Lowe. 1985. "Filamentous microfossils from the 3.500-Myr-old Onverwacht Group, Barberton Mountain Land, South Africa," Nature 314: 530-32; Walsh M.M. 1992.

"Microfossils and possible microfossils from the early Archaean Onverwacht Group, Barberton Mountain Land, South Africa," Precambeian Research 54: 271-93; Buick R. 1990. "Microfossil recognition in Archaean rocks: an appraisal of spheroids and filaments from a 3500 M.Y. old chert-barite unit at North Pole, Western Australia," Palaios 5: 441-59).

14. J. William Schopf tarafından tanımlanan en eski fosillerin etrafındaki tartışmalar, 2002 yılında son derece hararetliydi (Brasier D.M., O.R. Green, A.P. Jephcoat ve diğerleri. 2002. "Questioning the evidence for earth's oldest fossils," *Nature* 416: 76-81; Pasteris J.D. ve B. Wopenka. 2002. "Images of earth's earliest fossils?" *Nature* 420: 476-77). J. William Schopf ve arkadaşları, bu eleştirilere cevap verdiler (Schopf J.W., A.B. Kudryavtsev, D.G. Agresti, T.J. Wdowiak ve A.D. Czaja. 2002. "Images of the earth's earliest fossils?" *Nature* 420: 477). Başka ekipler, tartışmaların Schopf tarafından tanımlanan ipliksi şekillerin inorganik kökenli olabileceğini gösterme eğilimi taşıyan yönlerine işaret ettiler (Garcia-Ruiz J.M., S.T. Hyde, A.M. Carnerup ve diğerleri. 2003. "Self-assembled silica-carbonate structures and detection of ancient microfossils," *Science* 302: 1194-97;De Gregorio B.T. ve T.G. Sharp. 2003. "Determining the biogenicity of microfossils in the Apex chert, Western Australia, using transmission electron microscopy," *Lunar and Planetary Science* 34: 1267-68).
15. *Stromatolit* (stromatolith) kelimesi *stromato* (halı anlamına gelir) ve *lith* (kaya anlamına gelir) kelimelerinden türemiştir. On dokuzuncu yüzyıl sonlarında Amerikalı paleontolog Charles Doolittle Walcott tarafından bulunan ilk stromatolitlere Kriptozon (Cryptozoon) adı verilmişti.
16. Lowe D.R. 1994. "Abiyological origin of described stromatolites older than 3.2 Ga," *Geology* 22: 387-90.
17. Hoffmann H.J. 2000. "Archaean stromatolites as microbial archives," editörler R. Riding ve S.W. Awramik. *Microbial Sediments* (Berlin ve Heidelberg: Springer-Verlag), 315-27; Schopf, "Fosil evidence of Archaean life."
18. Hoffmann H.J., K. Grey, A.H. Hickman ve R.I Thorpe. 1999. "Origin of 3.45 Ga coniform stromatolites in Warrawoona group, Western Australia," *Geological Society of America Bulletin* 111: 1256-62.
19. Allwood A., M.R. Walter, B.S. Kamber, C.P.Marshall ve E.W. Birch. 2006. "Stromatolite reef from the early Archaean era of Australia," *Nature* 441: 714-18.
20. Burns B.P., F. Goh, M. Allen ve B.A. Neilan. 2004 "Microbial Diversity of extant stromatolites in the hypersaline marine environment of Shark Bay, Australia," *Environmental Microbiology* 6: 1096-1101.
21. 1983 yılında Atlantik okyanusunda, Bahamalar yakınlarında oldukça derinde büyüyen stromatolitler keşfedildi. (Dravis J.J. 1983. "Hardened subtidal stromatolites. Bahamas," Science 219:385-86; Dill R.F., E.A. Shinn, A.T. Jones, K.Kelly ve R.P. Steinen. 1986. "Giant subtidal stromatolites forming in normal salinity waters," *Nature* 324: 55-58).
22. İlk bakterilerin bıraktığı kimyasal izlere ilişkin olarak birkaç sentez yayımlanmıştır. Bunlar oksitlenmiş mineralleri, düşük yoğunlukta C-13 izotopu içeren (muhtemelen

bitkiler tarafından yapılan fotosentezin izleri) karbon çökeltilerini ve sülfat birikintilerini (içlerindeki çeşitli kükürt izotoplarının oranı da bitki benzeri bakteri etkinliğini düşündürmektedir) tartışmaktadırlar. Bakınız Knoll A.K. 2003. *Life on a Young Planet: The First Three Billion years of Evolution on Earth* (Princeton, NJ: Princeton University Press; özellikle bölüm 6'yı okuyunuz); Copley J. 2001. "The story of O," *Nature* 410: 862-64. Hiroshi Ohmoto, oksijenin Dünya'da çok eskiden (3,5 milyardan fazla yıl önce) ortaya çıktığı ve bitki benzeri bakteriler tarafından üretildiği yolundaki görüşün en ateşli savunucusudur. Bakınız Ohmoto H. 1966. "Evidence in pre-2-2 Ga paleosols for the early evolution of atmospheric oxygen and terrestrial biotas," *Geology* 24: 1135-38.

23. J. William Schopf, Volkswagen sendromu benzetmesini *Cradle of Life* adlı kitabında kullanmıştır. Aynı kitapta, en eski stromatolitlerde bulunan ve bazıları günümüzdeki siyanobakterilere benzeyen ipliksi yapı görünümü taşıyan 11 bakteri türünü anlatmıştır. Schopf, ayrıca birkaç kıtaya yayılmış (11 ülkede 250 bölge) çok eski (Prekambriyen) stromatolit keşiflerinin fazlalığını da vurgulamıştır. Bakınız Schopf J.W. 1999. *Cradle of Life: The Discovery of Earth's Oldest Living Fossils* (Princeton, NJ: Princeton University Press).
24. Rasmussen B. 2000. "Filamentous microfossils in a 3.235 million year old volcanogenic massive sulphide deposit," *Nature* 405: 676-69.
25. Furnes H., N.R. Banerjee, K. Muehlenbachs, H. Staudigel ve M. de Wit. 2004. "Early life recorded in archean pillow lavas," *Science* 304: 578-81.
26. Shen Y., R. Buick ve D.E. Canfield. 2001. "Isotopic evidence for microbial sulphate reduction in the early Archaean era," *Nature* 401: 77-81.
27. Peter Ward, bu temayı yaşamı sınıflandırmak için virüsleri sistemler halinde toparlarken geliştirmiştir. (Ward P. 2005. *Life as We Do Not Know It: The NASA Search for (and Synthesis of) Alien Life* [Londra: Viking Penguin]).
28. Nanobakterilerin en doğru tanımını Finlandiyalı bir araştırma ekibi yapmıştır (Kajander E.O. ve N. Çiftçioğlu. 1998. "Nanobacteria: an alternative mechanism for pathogenic intra- and extracellular calcification and stone formation," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 95: 8274-79). Bu yazarlar, elde ettikleri sonuçlar üzerindeki bir sentezi, önde gelen uzmanların katıldığı canlı organizmaların asgari boyutları konulu bir toplantıda da ayrıca sunmuşlardır (Kajander E.O., M. Björklund ve N. Çiftçioğlu. 1999. "Suggestions from observations on nanobacteria isolated from blood," Uzay Çalışmaları Kurulu. Doğal Bilimler, Matematik ve Uygulamalar Komisyonu. *Size Limits of Very Small Microorganisms, Proceedings of a Workshop* [Washington, DC: National Academy Press], 50-55). Bu sonuçların bazı yönleri yakın geçmişte sorgulanmıştır. Cisar J.O., D.-Q. Xu, J. Thompson, W. Swaim, L. Hu ve D.J. Kopecko. 2000. "An alternative interpretation of nanobacteria-induced biomineralization," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 97: 11511-15.
29. Çok küçük mikroorganizmaların boyut limitleri üzerinde yapılan çalıştay yönlendirme grubu. Uzay Çalışmaları Kurulu. Doğal Bilimler, Matematik ve Uygulamalar Komisyonu. Ulusal Araştırma Konseyi. *Size Limits of Very Small Microorganisms*. Ulaşılan bu ku-

ramsal sonucun ardından, daha da küçük boyutlarda yaşam şekilleri keşfedilmiştir. Bu mikroplardan arke grubuna ait olan bazıları Archaeal Richmond Mine Acidophilic Nanoorganisms (ARMAN) adı ile anılır, yaklaşık 200 nanometre (0,2 mikron) büyüklüktedirler ve 0,006 mikrometre küp hacme sahiptirler (Baker B.J., G.W. Tyson, R.I. Webb, J. Flanagan, P. Hugenholtz, E.E. Allen ve J.F. Banfield. 2006. "Lineages of acidophilic Archaea revealed by community genomic analysis," *Science* 314: 1933-35). Son 120.000 yıldır buz içinde sıkışmış, bakteriler koluna mensup en küçük mikroorganizmalar bulunmuştur ve bunlar yaklaşık 0,011 ila 0,07 kübik mikrometreydiler. 0,2 mikron filtreden geçiyorlardı (Miteva P.I., P.P. Sheridan ve J.E. Brenchley. 2005. "Phylogenetic and physiological Diversity of microorganisms isolated from a deep Greenland ice core," *Applied and Environmental Microbiology* 71: 202-13). Miteva V.I. ve J.E. Brenchley. 2005. "Detection and isolation of ultrasmall microorganisms from a 120,000-year-old Greenland glacier ice core," *Applied and Environmental Microbiology* 71: 7806-18

30. Hutchison C.A. III, S.N. Peterson, S.R. Gill, R.T. Cline, O. White, C.M. Fraser, H.O. Smith ve J.C. Venter. 1999. "Global transposon mutagenesis and a minimal Mycoplasma genome," *Science* 286: 2165-69; Gill R., F.J. Silva, J. Peretó ve A. Moya. 2004. "Determination of the core of a minimal bacterial gene set," *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 68: 518-37.
31. LUCA deyimi 1996 yılında Fransa'nın Nice kentinden fazla uzak olmayan bir yerde düzenlenen bir seminerde önerildi. Bu ifade, ilkel prebakteriyel aşamaları tanımlamak için 1977 yılında Carl Woese ve George Fox tarafından icat edilen *progenote* deyimi ile, bakterilerin ortaya çıkmasına yol açan atasal bir topluluğu anlatmak için 1987 yılında Walter Titch ve Kim Upper tarafından önerilen *Cenancestor* (topluluk anlamına gelen Yunanca *Cen* kelimesinden) kelimesini birleştirmekteydi. Bakınız Woese C.R. ve G.E. Fox. 1977. "The concept of cellular evolution," *Journal of Molecular Evolution* 10: 1-6; Fitch W.M. ve K. Upper. 1987. "The phylogeny of tRNA sequences provides evidence for ambiguity reduction in the origin of the Genetic code," *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 52: 759-67; Lazcano A. ve P. Forterre. 1999. "The molecular search for the last common ancestor," *Molecular Evolution* 49: 411-12.
32. Carl Woese, şu gerçeği vurgulamaktadır: "Evrensel ata, bir varlık, bir şey değildir. O, evrimin belirli bir aşamasına ait bir süreç özelliğidir" (Woese C.R. 1998. "The universal ancestor," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 95: 6854-69;s. 6858'den alıntı).
33. Nobel fizik ödülü sahibi İsveçli Svante Arrhenius (1859-1927), 1908 yılında yaşam tohumlarının uzayda bir yerlerde mevcut olduğunu ve Dünya'da koloni kurduğu yolundaki kuramı için *panspermia* kelimesini kullandı. Fakat, yaşamın tüm evrene dağılmış olduğu yolundaki görüş, Yunan düşünürü Klazomenai'li Anaxagoras'a (yaklaşık MÖ 500/497 ile yaklaşık MÖ 428 arasında yaşamıştır, yaklaşık MÖ 469 yılında Aigospotamos'a düşen bir meteordan etkilenmiştir) kadar gitmektedir. On dokuzuncu yüzyıl sonlarında iki yazar, bakterilerin meteorlarla taşındığını ileri sürmüştür: Alman L.F.

von Helmholtz (1821-1894) ve İrlandalı Nobel ödülü sahibi, Lord Kelvin unvanı ile ödüllendirilen William Thomson (1824-1907).

34. Crick F.C. 1981. *Life Itself: Its Origin and Nature* (New York: Simon & Schuster).
35. Bir çevrebilimci ve koruyucu biyoloji uzmanı olan Profesör Daniel Simberloff ile rastlantı eseri profesyonel bir ortamda tanıştım. Simberloff, 1984 yılından itibaren Akdeniz'de yayılmakta olan "katil alg" *Caulerpa taxifolia*'nın istilasının tarihçesini anlatan daha önceki bir kitabımı İngilizce'ye tercüme ederek ben onurlandırdı. Aslına bakarsanız, Friedmann'ın ve Simberloff'un ofisleri Florida Eyalet Üniversitesinde bir salonun iki ucundaydı, bu sayede Friedmann bu alg istilası üzerindeki araştırmalarını ve istilanın keşfedilmesi ile ilişkili sorunları takip etme olanağı bulmuştu.
36. Üç milyar yaşından büyük kayaları ve meteorları tarihlemek için uranyum 238/kurşun 206 ve rubidyum 87/stronsiyum 87 çiftlerinin oranları sıklıkla kullanılır. Kararlı atomların (kurşun ve stronsiyum) oranı ne kadar yüksekse, kaya o kadar eskidir.
37. Doğadaki karbon, şu şekilde bulunur: yüzde 99 kararlı C12 izotopu, yüzde 1 görece kararlı C13, son derece az miktarda (1 trilyonda 1'den biraz fazla) kararsız (radyoaktif) C14 izotopu. Bu son izotop, Kro-Magnonların yaşadığı mağaralardan gelen kömürler gibi "yeni" maddeleri tarihlemek için kullanılır; aradan birkaç düzine binyıl geçtikten sonra bu izotop o kadar azalır ki, güvenilir şekilde ölçülmesi mümkün olmaz.
38. Gezegenimizin ilk anakaralarına ait en eski karut izi, 4,4 milyar yıl öncesine tarihlenmiştir - Avustralya'da bulunan küçücük bir zirkon parçası. Daha sağlam bir şekilde (çok sayıda örnekle) belirlenmiş diğer izler, 3,9 milyar yıl öncesine aittir (Grönland ve kuzeybatı Kanada'da bulunan kayalar). Günümüzde bilinen en eski meteor, 4,56 milyar yıl öncesine tarihlenmiştir. 1969 yılında Dünya'ya, Meksika'da Allende'ye düştüğünde, toplam ağırlığı iki ton olan birkaç parçaya bölünmüştür.Bu kaya, başka bir yıldızdan gelen karbon ve kristaller içermektedir. Bu kayanın parçaları, İnternet üzerinden 200 doları aşan fiyatlarla satılmıştır.
39. McKay D.S., E.K. Gibson Jr., K.L. Thomas-Keprta, H. Vali, C.S. Romanek, S.J. Clemett, X.D.F. Chillier, C.R. Maechling ve R.N. Zare. 1996. "Search for past life on Mars: Possible relic biogenic activity in Martian meteorite ALH84001," *Science* 273: 924-30. Bir bilim muhabiri olan Kathy Sawyer, meteorun Robbie Score tarafından bulunuşuna ve David MacKay'in bilimsel ekibinin meteor üzerinde çalışmaya başlamasına ilişkin ayrıntıları kaleme almıştır (Sawyer K. 2006. *The Rock From Mars: A Detective Story on Two Planets* [New York: Random House]).
40. NASA adına Donald L. Savage (NASA genel merkezi, Washington), James Hartsfield (Johnson Uzay Merkezi, Houston, Texas) ve David Salisbury (Stanford Üniversitesi, Palo Alto, California) tarafından hazırlanan "Meteorite Yields Evidence of Primitive Life on Early Mars" başlıklı bir basın bildirisi, 7 Ağustos 1996 tarihinde yayımlanmıştı.
41. Thomas-Keprta K.L., D.S. McKay, S.J. Wentworth, T.O. Stevens, A.E. Taunton, C.A. Allen, A. Coleman, E.K. Gibson Jr. ve C.S. Romanek. 1998. "Bacterial mineralization patterns in basaltic aquifers: implications for possible life in Martian meteorite ALH84001," *Geology* 26: 1031-35.

42. Bradley J.P., R.P. Harvey ve H.Y. McSween Jr. 1997. "No nanofossils in Martian meteorite," *Nature* 390: 454-55; McKay D.S., E.K. Gibson Jr., K.L. Thomas Keprta ve H. Vali. 1997. "No nanofossils in Martian meteorite: reply," *Nature* 390: 455-56.
43. Zolotov M.Y. ve E.L. Shock. 2000. "An abiyotic origin for hydrocarbons in the Allan Hills 84001 Martian meteorite through cooling of magmatic and impact generated gases," *Meteoritics and Planetary Science* 35: 629-38; McSween H.Y. ve R.P. Harvey. 1998. "An evaporation model for formation of carbonates in the ALH84001 Martian meteorite," *International Geology Review* 40: 774-83.
44. Steele A., D.T. Goddard, D. Stapleton, J.K.W. Toporski, V. Peters, V. Bassinger, G. Sharples, D.D. Wynn-Williams ve D.S. McKay. 2000. "Investigations into an unknown organism on the Martian meteorite Allan Hills 84001," *Meteoritics and Planetary Science* 35: 237-41.
45. Thomas-Keprta K.L., S.J. Wentworth, D.S. McKay, D. Bazylinski, M.S. Bell,C.S. Romanek ve E.K. Gibson. 1999. "On the origins of magnetite in Martian meteorite ALH84001," *Lunar Planetary Science* 30: abstract 1856; Thomas-Keprta K.L., D.A. Bazylinski, J.L. Kirschvink, S.J Clemett, D.S. McKay, S.J. Wentworth, H. Vali, E.K. Gibson Jr. ve C.S. Romanek. 2000. "Elongated prismatic magnetite crystals in ALH84001 carbonate globules: potential Martian magnetofossils," *Geochimica et Cosmochimica Acta* 64: 4049-81.
46. Magnetit zincirleri, yani magnetozomlar, 1975 yılından bu yana bakterilerde görülmektedir (Blakemore R. 1975. "Magnetotactic bacteria," *Science* 190: 377-79). O zamandan beri, bu eklentiler birkaç düzine yayımda tarif edilmiştir. Stephen J. Gould, yazdığı pek çok kitaptan birine bu minicik muknatıslarla donanmış bakterilerin hayret verici özelliklerini açıklayan bir bölüm eklemiştir. O sırada, meteorlarda çok sayıda magnetit zincirinin bulunacağını bilmiyordu (Gould S.J. 1980. *The Panda's Thumb: More Reflections in Natural History* [New York: W.W. Norton; Harmondsworth: Penguin]; bakınız, bölüm 30). Ayrıca magnetit zincirleri konusundaki şu iki sentezi de okuyunuz: Schüler D. ve R.B. Frankel. 1999. "Bacterial magnetosomes: microbiology, biomineralization and biotechnological applications," *Applied Microbiology* 52: 464-73; Spring S. ve K.H. Schleifer. 1995. "Diversity of magnetotactic bacteria," *Systematic and Applied Microbiology* 18: 147-53.
47. Kirschvink J.L. ve H. Vali. 1999. "Criteria for the identification of bacterial magnetofossils on Earth or Mars," *Lunar Planetary Science* 30: özet 1681; Thomas-Keprta ve diğerleri, "Elongated prismatic magnetite crystals in ALH84001 carbonate globules: potential Martian magnetofossils."
48. Friedmann E.I., J. Wierxchos ve C. Ascaso. 1998. "Chains of magnetite crystals in the meteorite ALH84001," *Mars meteorları konulu çalıştayda* (Lunar Planetary Institute, Houston, TX), katkı 956: 14-16.
49. Friedmann E.J., J. Wierxchos, C Ascaso ve M. Winklhofer. 2001. "Chains of magnetite crystals in the meteorite ALH84001: evidence of biological origin," *Proceedings of the National Academy of Science USA* 98: 2176-81.

50. Thomas-Keprta K.L., S.J. Clemett, D.A. Bazylinski, J.L. Kirschvink, D.S. McKay, S. J. Wentworth, H. Vali, E.K. Gibson Jr., M.F. McKay ve C.S. Romanek. 2001. "truncated hexa-octahedral magnetite crystals in ALH94001: presumptive biosignatures," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 98: 2164-69. Dokuz ay sonra bu keşfe itiraz edildi ve magnetitlerin organik veya inorganik süreçler vasıtası ile kristalize olması üzerinde hararetli bir tartışma başladı (Buseck P.R., R.E. Dunin-Borkowski, B. Devouard, R.B. Frankel, M.R. McCartney, P.A. Midgley, M. Pósfai ve M. Weyland. 2001. "Magnetite morphology and life on Mars," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 98: 13490-95; Thomas Keprta K.L., S. Clemett, C. Romanek, D.A. Bazylinski, J.L. Kirschvink, D.S. McKay, S.J. Wentworth, H. Vali ve E.K. Gibson Jr. 2002. "Multiple origins of magnetite crystals in ALH84001 carbonates," *Lunar and Planetary Science* 33: özet 1911; Thomas Keprta K.L., S. Clemett, D.A. Bazylinski, J.L. Kirschvink, D.S. McKay, S.J. Wentworth, H. Vali ve E.K. Gibson Jr., C.S. Romanek. 2002. "Magnetofossils from ancient Mars: a robust biosignature in the Martian meteorite ALH84001," *Applied and Environmental Microbiology* 68: 3663-72).
51. Tan W.C. ve S.L.Van Landingham. 1967. "Electron microscopy of biological-like structures in the Orgueil carbonaceous meteorite," *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 12: 237.
52. Hoover R.B., A.Y. Rosanov, S.I. Zhunur ve V.M. Gorlenko. 1998. "Further evidence of microfossils in carbonaceous chondrites," *Instruments, methods and Missions for Astrobiology*. Proceedings of SPIE 3441: 203-16.
53. Vainshtein, M., N. Suzina ve V. Sorokin. 1997. "A new type of magnet-sensitive inclusions in cells of photosynthetic purple bacteria," *Systematic and Applied Microbiology* 20: 182-86.
54. 1961 yılında George Claus ve Bartholomew S. Nagy (1927-1995), onların ardından da Harold C. Urey (1893-1981), heyecan verici bir keşfi anlatan bir makale yayımladılar: Orgueil meteorunda hücre fosilleri tesbit etmişlerdi. Meteorun daha önce Dünya'nın bir parçası olan aydan geldiğine inanıyorlardı. Bu kurama göre Ay, bilinen en eski fosilleri içeren bir kaya parçası göndermişti. Bu keşif, ateşli tartışmalara konu oldu. Sonuç olarak, genç bir Fransız mikropaleontolog, Martine Rossignol (günümüzde Paris'te profesördür), meteorun bir parçası üzerinde Friedmann ile beraber çalıştı ve hiçbir fosil izi bulunmadığı sonucuna ulaştı.Vainshtein tarafından görülen bakteriyel magnetit zincirlerine gelince, onlar da dünya kaynaklı kirlenme nedeniyle ortaya çıkmıştı (Nagy B., W.G. Meinschein ve D.J. Hennesy. 1961. "Mass spectroscopic analysis of the Orgueil meteorite: evidence for biogenic hydrocarbons," *Annals of the New York Academy of Science* 93: 25-35; Claus G. ve B. Nagy. 1961. "A microbiological examination of some carbonaceous chondrites," Nature 193: 1119-23; Urey H.C. 1966. "Biological materials in meteorites: a review," *Science* 151: 157; Rossignol-Strick M. ve E.S. Barghoorn. 1971. "Extraterrestrial abiyogenic organization of organic matter: the hollow spheres of the Orgueil meteorite," *Space Life Sciences* 3: 89-107).
55. Bu veriler, dört Mars meteoru için geçerlidir:

- Mısır'da bulunan ve Mars üzerinde 1,3 ila 0,7 milyon yıl önce ortaya çıkan Nakhla meteoru.
- 1969 yılında Avustralya'ya düşen Murchinson meteoru.
- 1962 yılında Kazakistan'a düşen Efremovka meteoru.
- 1865 yılında Hindistan'a düşen ve Mars üzerinde 360 ila 165 milyon yıl önce ortaya çıkan Shergotty meteoru.

Bakınız, Hoover ve diğerleri. "Further evidence of microfossils in carbonaceous chondrites"; Gibson E.K., D.S. McKay, K.L. Thomas-Keprta, S.J. Wentworth, F. Westall, A. Steele, C.S. Romanek, M.S. Bell ve J. Toporski. 2001. "Life on Mars: evaluation of the evidence within Martian Meteorites ALH84001, Nakhla, and Shergotty," *Precambrian Research* 106: 15-34.

56. 1931 yılında Tunus'un Tatahoune bölgesine düşen başka bir Mars meteoru, tartışmalı araştırmalara konu oldu. Düştükten hemen sonra parçaları götürülerek Paris'te saklanmıştı. Daha yakın zamanda, başka parçalar alındı. Araştırmacılar, diğer Mars meteorlarında dikkat çekene benzer şekilde dünyalı organizma bulaşmasının (nanobakterilerin içine girmiş karbon içeren yuvarlaklar) izlerini sadece bu ikinci alınan parçalarda buldular (Barrat J.A., Ph. Gillet, C. Lécuyer, S.M.F. Sheppard ve M. Lesourd. 1998. "Formation of carbonates in the Tatahouine meteorite," *Science* 280: 412-14; Barrat J.A., Ph. Gillet, M. Lesourd, J. Blichert-Toft, ve G.R. Poupeau. 1999. "The Tatahouine diogenite: mineralogical and chemical effects of sixty-three years of terrestrial residence," *Meteorite and Planetary Science* 34: 91-97; Gillet P.i J.A. Barrat, T.H. Heulin, W. Achouak, M. Lesourd, F. Guyot ve K. Benzerara. 2000. "Bacteria in the Tatahouine meteorite: nanometric-scale life in rock," *Earth and Planetary Science Letters* 175: 161-67).
57. Spring S., R. Aman, W. Ludwig, K. Schleifer, H. van gemerden ve N. Petersen. 1993. "Dominating role of an unusual magnetotactic bacterium in the microaerobic zone of a freshwater sediment," *Applied Environmental Microbiology* 59: 2397-403.
58. Cano R.J. ve M. Borucki. 1995. "Revival and identification of bacterial spores in 25 to 40 million year old Dominican amber," *Science* 268: 1060-64.
59. Vreeland R.H., W.D. Rozenzweig ve D.W. Powers. 2000. Isolation of a 250-million year-old halotolerant bacterium from a primary salt Crystal," *Nature* 407: 897-900. Bakterilerin yeniden üretilmesi konusundaki bu deneyler, Michael Park'ın dinozorları onları 65 milyon yıl önce ısırmış olan fosilleşmiş sivrisineklerin karınlarındaki kan hücrelerinden tekrar yaşama döndüren çılgın araştırmacıları anlattığı *Jurassic Park* filminin konusunu akla getirmektedir.
60. Sykes B. 1997. "Really ancient DNA: lights turning red on amber," *Nature* 386: 764-65; Gutiérrez G. ve A. Marín. 1998. "The most ancient DNA recovered from an amber-preserved specimen may not be as ancient as it seems," *Molecular Biology and Evolution* 15: 926-29; Graur D. ve T. Pupko. 2001. "The permian bactery that isn't," *Molecular Biology andEevolution* 18: 1143-46; Hazen R.M. ve R. Roedder. 2001. "How old are the bacteria from the Permian age?" *Nature* 411: 155.

61. Powers D.W., R.H. Vreeland ve W.D. Rosenzweig. 2001. "How old are the bacteria from the Permian age?" *Nature* 411: 155; Vreeland R.H. ve W.D. Rosenzweig. 2002. "The question of the uniqueness of ancient bacteria," *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 28: 32-41; Maughan H., C.W. Birky Jr., W.L. Nicholson, W.D. Rosenzweig ve R.H. Vreeland. 2002. "The paradox of 'ancient' bacterium which contains 'modern' protein coding genes," *Molecular Biology and Evolution* 19: 1637-39.
62. Bu bakteri, 1956 yılında Corvallis, Oregon'da bir zirai deney istasyonunda Arthur W. Anderson tarafından keşfedilmişti. Bir radyoaktif kaynak tarafından sterilize edilmiş et üzerindeki bu bakterinin dayanıklılığı, Anderson'un merakını uyandırmıştı. Yoğun radyasyona maruz kalması sonucunda oluşan birkaç yüz parçacıktan yola çıkarak, bu bakterinin işlevsel bir genomu dahi kurtarılabilmiştir. (Zahradka K., D. Slade, A. Bailone, S. Sommer, D. Averbeck, M. Petranovic, A.B. Lindner ve M. Ramdan. 2006. "Reassembly of shattered chromosomes in Deinococcus radiotrans," *Nature* 443: 569-73.
63. Venter C.J. 2002. "Whole-genome shotgun sequencing," editörler M. Yudell ve R. DeSalle. *The Genomic Revolution: Unveiling the Unity of Life.* (Washington, DC: Joseph Henry Press), 48-63. Hindistan ve Cardiff, Wales'ten bir araştırmacı ekibi, "stratosfer turistleri"ni buldu: 41 kilometre yükseklikten toplanan canlı bakteriler! Bakınız Haris M.J., N.C. Wickramasinghe, D. Lloyd, J.V. Narlikar, P. Rajaratnam, M.P. Turner, S. Al-Mufti, M.K. Wallis, S. Ramadurai ve F. Hoyle. 2002. "The detection of living cells in stratospheric samples," *Proceedings 46th meeting of SPIE* 4495: 192-98.
64. Weiss B.P., J.L. Kirschvink, F.J. Baudenbacher, H. Vali, N.T. Peters, F.A. Macdonald ve J.P. Wikswo. 2000. "A low temperature transfer of ALH84001 from Mars to Earth," *Science* 290: 791:95.
65. Roten C.-A., H.A. Gallusser, G.D. Borruat, S.D. Udry ve D. Karamata. 1998. "Impact resistance of bacteria entrapped in small meteorites," *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles* 86: 1-17.
66. Friedmann ve diğerleri (bu bölümde 49 numaralı nota bakınız) ve Thomas-Keprta ve diğerleri (not 50) ekiplerinin ALH84001 magnetitleri üzerine yazdıkları iki makalenin 2001 Ocak ayında yayımlanmasından bu yana, bunları onaylamak veya reddetmek için birkaç çalışma yapılmıştır. ALH84001 magnetitlerinin yalnızca organik kökenine itiraz edilmiştir. 2003 Eylül ayında, her iki ekip üyeleri (Friedmann ve Christopher McKay dahil) tarafından imzalanan bir mutabakat makalesi, *Astrobiology* uzmanlık dergisinde yayımlandı. Bu sentezin vardığı sonuç, ALH84001'de inorganik kökenli magnetit kristalleri bulunması olasılığını onaylamakta, fakat diğer kristaller (magnetitlerin yüzde 25'inden fazlası) için bir biyolojik köken olasılığını göz ardı etmemektedir. Bununla beraber, kristallerin (Friedmann tarafından gözlemlenen magnetit kolyeler) dizilimine ve bu kolyeleri oluşturan kristaller arasındaki düzenli mesafeye gelince, biyolojik oluşumdan başka hiçbir açıklama yapılamamaktaydı. Makale ayrıca, analizin iyileştirilmesi için bazı tavsiyelerde de bulunmaktadır (McKay C.P., I. Friedmann, R.B. Frankel ve D.A. Bazylinski. 2003. "Magnetotactic bacteria on Earth and on Mars," *Astrobiology* 3: 263-70. Aynı zamanda, aynı dergide, ALH84001 içinde bulunan öğeler için biyolojik bir köken öne

süren bütün kuramlara şiddetle karşı çıkan Allan H. Treiman tarafından yazılmış bir makale daha yayımlandı. Bu makale, özellikle ALH84001 içindeki magnetit kristallerinin biyolojik kökenli (not 50) olduğunu öne süren Thomas-Keprta ve çalışma arkadaşlarına meydan okuyordu. Treiman, Friedman tarafından gözlemlenen magnetit dizilişinden bu uzun makalede kısaca bahsediyor, Friedmann tarafından fotoğraflanan magnetit kolyelerin düzgünlüğünün ve dalgalı şeklinin hiçbir inorganik mekanizma ile izah edilemeyeceğini kabul ediyordu. Dolayısıyla, Friedmann'ın 2001 Ocak ayında formüle ettiği hiçbir argümana itiraz edilmemiştir. 2004 yılında başka bir ekip ALH84001'de magnetit zincirlerinin bulunduğunu onayladı (incelenen on milyonlarca magnetit zincirinin yüzde 10'u, izole zincirler halinde var olabilir) (Weiss B.P., S. Sam Kim, J.L. Kirschvink, R.E. Kopp, M. Sankaran, A. Kobayashi ve A. Komeili. 2004. "Magnetic tests for magnetosome chains in Martian meteorite ALH84001," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 101: 8281-84). ALH84001'in magnetit kolyelerinin dış kaynaklı bakterilerin "iskeleti" olması, hâlâ çok olası görünüyor (Treiman A.H. 2003. "Submicron magnetite grains and carbon compounds in Martian meteorite ALH84001: inorganic, abiotic formation by shock and thermal metamorphism," *Astrobiology* 3: 369-92).

67. Taylor A.P. ve J.C. Barry. 2004. "Magnetosomal matrix: ultrafine structure may template biomineralization of magnetosomes," *Journal of Microscopy* 213: 180-97; Schüler D. 2006. "Magnetoreception and magnetosomes in bacteria," D. Schüler, ed., *Microbiology Monographs* vol. 3 (Heidelberg, Springer).
68. Eskiden Mars'ta bol miktarda sıvı halde su bulunduğuna ve şimdi de buz halinde su olduğuna dair yakın zamanda elde edilmiş pek çok veri mevcuttur. Bu konu üzerinde yapılan yayımlar arasında şunlar bulunmaktadır: Bibring J.P., Y. Langevin, F. Poulet, A. Gendrin, B. Gondet, M. Berthé, A. Soufflot, P. Drossart, M. Combes, G. Belucci, V. Moroz, N. Mangold, B. Schmitt ve OMEGA Ekibi. 2004. "Perennial water ice identified in the south polar cap of Mars," *Nature* 428: 627-30; Haksin L.A. A. Wang, B.L. Jolliff, H.Y. McSween, B.C. Clark, D.J. Des Marais, S.M. McLennan, N.J. Tosca, J.A. Horowitz, J.D. Farmer, A. Yen, S.W. Squyres, R.A. Arvidson, G. Klingelhöfer, C. Schröder, P.A. de Souza jr., D.W. Ming, R. Gellert, J. Zipfel, C. Brückner, J.F. Bell III, K. Herkenhoff, P.R. Christensen, S. Ruff, D. Blaney, S. Gorevan, N.A. Cabrol, L. Crumpler, J. Grant ve L. Soderblom. 2005. "Water alteration of rocks and soils on Mars at the Spirit rover site in Gusev crater," *Nature* 436: 66-69; Bullock M.A. 2005 "Mars: the flow and ebb of water," *Nature* 438: 1087-88; McCollom T.M. ve B.M Hynek. 2005. "A volcanic environment for bedrock diagenesis at Meridiani Planum on Mars," *Nature* 438: 1129-31; Gorget R.F., R.M. Haberle, F. Montmessin, B. Levrard ve J.W. Head. 2006. "Formation of glaciers on Mars by atmospheric precipitation at high obliquity," *Science* 311: 368-71.
69. Meierhenrich U.J., G.M. Muñoz Caro, J.H. Bredehöft, E.K. Jessberg ve W. H.-P. Thiemann. 2004. "Identification of diamino acids in the Murchison meteorite," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 101: 9182-86; Muñoz Caro G.M., U.J. Meierhenrich, W.A. Schutte, B. Barbier, A. Acones Segovia, H. Rosenbauer, W.H.-P. Thiemann, A.

Brack ve J.M. Greenberg. 2002. "Amino acids from ultraviolet irradiation of interstellar ice analogues," *Nature* 416: 403-6; Bernstein M.P., J.P. Dworkin, S.A. Sandford, G.W. Cooper ve L.J. Allamandola. 2002. "Racemic amino acids from the ultraviolet photolysis of interstellar ice analogues," *Nature* 416: 401-3.

70. Meierhenrich U.J., L. Nahon, C. Alcaraz, J.H. Bredehöft, S.V. Hoffmann, B. Barbier ve A. Brack. 2005. "Asymmetric vacuum UV photolysis of the amino acid leucine in the solid State," *Angewandte Chemie International Edition* 44: 5630-34.

Bölüm 3
Baba, Bakteri Nedir?

1. Canlı organizmalardan kalan ve 3,8 milyar yıl öncesine tarihlenen ilk moleküllerin ve hemen hemen 3,5 milyar yıl önceye tarihlenen ilk bakteri fosillerinin özellikleri, 2002 yılından beri sıcak bir tartışma konusu olmuştur. İlk makalelerin, itirazların ve verilen yanıtların ayrıntıları için 2. bölümde 10-14 numaralı notlara bakınız.
2. Kolaylık sağlamak için, nasıl işlediklerini vurgulayan *kemobakteri* adını kullandım. Bu bakterilerin büyük bir bölümü, Arke'dir. 1970'lerde keşfedilmelerinden bu yana, tanımlanmış Arke türlerinin sayısı artmaya devam etmiş ve dikkat çekici özellikleri de giderek artan bir şekilde anlaşılmıştır.
3. Bunlar, esas olarak yüksek ısıya dirençli Arke'lerdir. Diğer bakteriler (*Aquifex* ve *Thermotoga* cinsleri gibi birkaç istisna dışında öbakteriler) ve bütün ökaryotlar, 70°C üzerindeki sıcaklıklara uzun süre dayanamazlar. Aşırı sıcaklığa dirençli bakterileri keşfeden bilim insanlarının ve yaptıkları araştırmanın hikâyesi, Patrick Forterre'nin ilgi çekici bir kitabında anlatılmıştır (Forterre P. 2007. *Microbes de l'enfer* [Paris: Belin-Pour La Science]).
4. Bu hipertermofilik bakteriler, Seattle ve Vancouver açıklarında, yüksek düzeyde magma hareketinin olduğu bir bölgede yapılan sondaj sırasında bol miktarda bulunmuştur. Sıcaklığa dayanma rekoru, 113°C ile İtalya'daki bir termal çıkışında (Karl O. Stetter tarafından keşfedilmiştir) yaşayan bir *Pyrolobus fumarii* ailesine aittir. Bir başka rekor, 121°C'de gelişen (hatta 130°C sıcaklıkta 2 saat yaşayabilmektedir) Arke "121" ailesinin elindedir; bu, Pasifik su altı bacalarında (Kuzey Amerika, Juan de Fuca Geçidi) bulunmuştu. Massachusetts Üniversitesi'nden Derek Lovley ve Kazem Kashefi tarafından yayımlanan bu son rekor, tartışmalıdır. (Stetter, K.O. 1999. "Smallest cell sizes within hyperthermophilic Archaea ['archaebacteria']," Uzay Çalışmaları Kurulu. Doğal Bilimler, Matematik ve Uygulamalar Komisyonu. *Size Limits of Very Small Microorganisms, Proceedings of a Workshop.* Washington, DC: National Academy Press, 68-73; ve Kashefi K. ve D.R. Lovley. 2003. "Extending the upper temperature limit for life," *Science* 301: 934). Daha da şaşırtıcı başka bir rekor, 340°C sıcaklıkta toplanan ve 250°C sıcaklıkta 265 atmosfer basınç altında muhafaza edilen bakteriler için iddia edilmiştir. Bu rekor, tartışmalıdır. Bununla beraber, makaleleri için alanının uzmanlarına hakemlik yaptıran prestijli *Nature* dergisi, bu gözlemi yayımlamıştır. Bu durum, arkebakterilerin şaşırtıcı nitelikleri nedeniyle bilim insanlarının onlara inanılmaz özellikler atfetmelerine izin verilmekte olduğunun kanıtı olarak yorumlanabilir (Baross J.W. ve J.W. Deming. 1983.

"Growth of black smoker bacteria at temperatures of at least 250°C," *Nature* 303: 423; Trent, J.D., R.A. Chastain ve A.A. Yayanos. 1984. "Possible artefactual basis for apparent bacterial growth at 250°C," *Nature* 307: 737-40; ve Baross, J.A. ve J.W. Deming. 1984. "Reply to Trent et.al.," *Nature* 307: 740).

5. Bu arkebakteriler, *psikrofiller* olarak adlandırılır. 1998 yılında bir araştırma ekibi, Dünya üzerindeki en soğuk bölgelerden birinde, Antarktika'da buz altındaki bakteriyel yaşam vahasını tanımladı (Priscu J.C., C.H. Fritsen, C.E. Adams, S.J. Giovannoni, H.W. Paerl, C.P. McKay, P.T. Doran, D.A. Gordon, B.D. Lanoil ve J.L. Pinckney. 1998. "Perennial Antarctic lake ice: an oasis for life in a polar Desert," *Science* 280: 2095-98).
6. Bu arkebakteriler, *asidofiller* olarak adlandırılır.
7. Bu arkebakteriler, aşırı *halofiller* olarak adlandırılır.
8. Bu arkebakteriler, *metanojenler* olarak adlandırılır.
9. Amerikalı mikrobiyolog Carl. R. Woese, bu özelliği 1970 yılında keşfetti. Bunlara *ekstremofiller* adını verdi ve diğer bakterilerden çok farklı özelliklere sahip olduklarını gözlemledi. Aşırı ortamlarda yaşayan bu kemobakteriler, öbakteriler olarak adlandırılan diğer bütün bakterilerden farklı, ısıya dirençli duvarlara, ribozomlara, DNA'ya ve genetik koda sahiptirler (Woese C.R. 1987. "Bacterial evolution," *Microbiological Reviews* 51: 221-71).
10. Stevens T.O. ve J.P. McKinley. 1995. "Lithoautotrophic microbial ecosystem in deep basalt aquifers," *Science* 270: 450-54.
11. Gold T. 1992. "The deep, hot biosphere," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 89: 6045-49.
12. Gold T. 1999. *The Deep Hot Biosphere: The Myth of Fossil Fuels* (New York: Springer-Verlag [Copernicus Books]).
13. Bu dönem, Arkeyan Dönem olarak adlandırılır.
14. Bitki benzeri olarak adlandırılan bakteriler, öbakterilerin parçası olan bütün fotosentetik bakterileri kapsar. Mor bakterilerin ender karşılaşılan, arkaik klorofili (*bakteriyoklorofil*) keseler içinde bulunan nadir türleri, klorobakteriler ve pek çok siyanobakteri, bu grupta bulunmaktadır. Bu son grup, klorofilleri dahili zarlarında (*tilakoidler*) bulunan yaklaşık 2.000 türden meydana gelir. Bu türlerde klorofilin yeşil rengi başka pigmentler, fikobiliproteinler tarafından maskelenir, mavi-yeşil ya da mor renkte görünür.
15. Kendilerini organik maddelerle besleyen bakteri topluluğunu (öbakteriler) mantarsı bakteriler olarak adlandırdım. Bu dışbeslekler (heterotroph), birincil ayrıştırıcılar (decomposer), parazitler ya da ortakyaşarlardır (symbiont).
16. Actinomycete'ler, en yaygın şekilde karşılaşılan ipliksi, mantarsı bakterilerdir.
17. Modern bakteri adlandırma sistemi 1 Ocak 1980 tarihinde, onaylı bakteri adlarını gösteren listelerin *International Journal of Systematic Bacteriology* dergisinde yayımlanması ile başlamıştır. International Committe on Systematics of Prokaryotes adlı bir kuruluş, prokaryotlar için uluslarası adlandırma kurallarını uygulamak suretiyle yeni organizmaların geçerliliğini belirler.Bakteriyologlar tarafından yapılan büyük bir çalışma, ayırıcı şekilde adlandırılmış organizmaların sayısının 29.000'den 2336'ya inmesine yol açmıştır.

Bununla beraber, bu sayı yılda 300 ila 500 tür artmaktadır. Bir web sitesi, bakterilerin onaylı biyoçeşitliliğindeki gelişmenin ilgilenenler tarafından izlenmesine olanak sağlamaktadır. LBSN (List of Bacterial names with Standing in Nomenclature) adıyla bilinen bu liste, Jean-Paul Euzéby tarafından düzenli olarak güncellenmektedir (http://www.bacterio.cict.fr). Düzenli olarak güncellenen kitaplar, bakteriyel taksonominin en son incelikleri konusunda uzmanlara bilgi vermektedir. Aşağıaki çalışmalara bakınız: Garrity G.M., edi. 2001-2003. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 2. baskı, 5 cilt. (New York: Springer-Verlag); Holt J.G., ed. 2002. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 9. baskı. (New York: Springer-Verlag).

18. 1 gram toprak örneğinde birbirinden çok farklı 4000 taneye kadar genom bulunur (Torsvik V., J. Goksoyr ve F.L. Daae. 1990. "High diversity in DNA of soil bacteria," *Applied and Environmental Biology* 56: 782-87).
19. Whitman W., D. Coleman ve W. Wiebe. 1998. "Prokaryotes: the unseen majority," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 95: 6578-83; McInerney J.O., M. Mullarkey, M.E. Wernecke ve R. Powell. 2002. "Bacteria and Archaea: molecular techniques reveal astonishing diversity," *Biodiversity* 3: 3-10.
20. En yaygın olanları, *Rivularia*'dır.
21. En yaygın olanları, *Lyngbya*'dır.
22. *Oscillatoria* ailesinin birkaç türünde hücresel iplikçiğe hareket etme olanağı sağlayan senkronize kasılmalar yapabilme özelliği bulunmaktadır.
23. Schopf, J.W., "When did life begin?" *Life's Origin.*
24. Gen transferi vektörleri, virüsler, plazmidler veya iki bakteri arasındaki sitoplazmik köprülerdir (pilli).
25. Güçlü çevresel seçim altında bakteriler tarafından ediniliyormuş gibi görünen özellikler, büyük olasılıkla meydana gelen hızlı mutasyonların ardından değişime uğrayan genlerin aktarılması nedeniyle ortaya çıkmaktadır.bireylerinin sayısının yüksekliği ve üreme süresinin çok kısa oluşu, birkaç saatte ya da günde yeni özellikler kazanma izlenimini güçlendirebilir.
26. Woese C.R. 1981. "Archaebacteria," *Scientific American* 244: 94-106.
27. Bu grupların ataları ile prokaryotların ataları arasında bir akrabalık ilişkisi bulunduğu, arkebakteriler ile öbakterileri ilk olarak ayırt eden Carl R. Woese tarafından ileri sürülmüştür (Woese C.R. 1993. "Universal phylogenetic tree in rooted form," *Microbiological Reviews* 58: 1-9).
28. Stephen J. Gould, görünüşünü dikkate çekici bir şekilde savundu. Bakınız Gould S.J. 1991. *Life's Grandeur: The Spread of Excellence from Plato to Darwin* (Londra: Hutchinson Radius; ABD Baskısı, *Full House: The Spread of Excellence from Plato to Darwin* [New York: Harmony Books]; özellikle bölüm 14'e bakınız).
29. Bakteri türlerinin sayısının 1 milyon ile 100 milyon arasında olduğu tahmin edilmektedir. Bakınız Hammond P.M. 1995. "Described and estimated species numbers: an objective assessment of human knowledge," editörler D. Allsop, D.L. Hawksworth ve R.R.

Coldwell. *Microbial Diversity and Ecosystem Function* (Wallingford, UK: Cab International), 29-71.

30. Bu nüfus, milyarlarca kere milyarlarca kere milyarlarca birey olarak hesaplanmaktadır, dolayısıyla Dünya üzerindeki bakterilerin sayısı 6×1030, yani 6 bin milyar milyar milyar olarak tahmin edilmektedir. Avucumuzun içine bir gram toprak alırsak, 10 milyar bakteriyi toplamış oluruz (bakınız Whitman ve diğerleri, "Prokaryotes: the unseen majority").
31. Vreeland R.H., W.D. Rosenzweig ve D.W. Powers. 2000. "Isolation of a 250 million year-old halotolerant bacterium from a primary salt crystal," *Nature* 407: 897-900. Bu "yaşama döndürülmüş" bakterilere ait keşiflere itiraz edilmiştir, fakat orijinal yazarların bir kısmı, konumlarını korumayı sürdürmektedir (bakınız bölüm 2, not 61).

Bölüm 4
Katil Alglerin Vampir Deniz Tavşanı

1. Aslında bu yalnızca, çok yaygın, fakat yanlış olan yaşam alanları görüşüne yapılan bir atıftır. Mantarların yirminci yüzyıl sonlarına kadar bitki olarak kabul edilmelerine karşın, günümüzde yapılan genetik araştırmalar mantarların hayvanlara daha yakın olduğunu göstermektedir.
2. Bu durum, özellikle omurgalıların öncülü olan ascidianlar ve sırt iplikliler ya da tulumlular arasında çok görülür.
3. Meinesz A. 1999. *Killer Algae: The True Tale of a Biological Invasion* (Chicago: University of Chicago Press; Fransızca baskısı: 1997. *Le roman noir de l'algue "tueuse."* Caulerpa taxifolia *contre la Méditeranée* [Paris: Belin]).
4. Avustralya'da 24 milyon hektar alandaki *Opuntia*, Güney Amerika'lı minik *Cactoblastis cactorum* güvesinin tırtılları tarafından neredeyse tümüyle yok edilmişti.
5. Biyolojik kontrolün tehlikeleri, bazı makalelerde tartışılmaktadır. Center T.G., J.H. Frank ve F.A. Dray Jr. 1997. "Biological control," editörler D. Simberloff, D.C. Schmitz ve T.C. Brown. *Strangers in Paradise: Impact and Management of Nonindigenous Species in Florida* (Washington, DC: Island Press), 245-63; Simberloff D. ve P. Stiling. 1996. "How risky is biological control?" *Ecology* 77: 1965-74; Simberloff D. ve P. Stiling. 1996. "Risks of species introduced for Biological control," *Biological Conservation* 78: 185-92; Stiling P. 2002. "Non-target effects of the Biological control agent *Cactoblastum cactorum* in the U.S. and beyond," *Biological Invasions* 4: 273-81.
6. Thibaut T., A. Meinesz, P. Amade, S. Charrier, K, DeAngelis, S. Ierardi, L. Mangialajo, J. Melnick ve V. Vidal. 2001. "*Elysia subornata* (Mollusca) a potential control agent of the alga *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta) in the Mediterranean Sea," *Journal of the Marine Biological Association* UK 81: 497-504.
7. Stoecker D.K., A.E. Michaels ve L.H. Davis. 1987. "Large proportion of marine planktonic ciliates found to contain functional chloroplasts," *Nature* 326: 790-92.
8. Parazitologlar, *sembiyoz* yerine *dayanışma* (mutualism) deyimini tercih etmektedirler. Canlı organizmalar arasındaki her türlü birlikteliğe karşı çeşitli semantik yaklaşımlar,

Fransız parazitolog Claude Combes tarafından yazılan çok ayrıntılı bir kitapta tartışılmakta ve sentezlenmektedir (Combes C. 2001. *Parasitism: The Ecology and Evolution of Intimate Interactions* [Chicago: University of Chicago Press]).

9. Ökaryotlar arasında oksijensiz bir ortamda (yani anaerobik olarak) yaşayabilen parazitler, enderdir.
10. Daha ayrıntılı bir açıklama için bölüm 2, notlar 31 ve 32'ye bakınız.
11. Endosembiyoz kuramının öncüleri arasında birkaç Rus botanikçi bulunmaktadır (C. Merezhkovsky, I.E. Wallin, A.S. Famintsyn ve B.M. Koso-Polyansky). Yaklaşımları, birkaç eserde anlatılmıştır. Bakınız Khakhina L.N. 1979. *Concepts of Symbiogenesis* (Rusça) (Leningrad: Akademia Nauk, SSCB [Soviet Academy of Sciences]; İngilizce baskısı: 1992. *Concepts of Symbiogenesis: A Historical and Critical Study of the Research of Russian Botanists*. editörler L Margulis ve M. McMenamim. [New haven, CT: Yale University Press]). Bu yazarların hepsi, az sayıda öğeye sahip bir endosembiyoz süreci öngörmüşlerdir (Schimper A.F.W. 1883. "Über die entwicklung der chlorophyll körner und farbkörner," *Botanische Zeitung* 41: 105-14; Merezhovsky C. 1905. "Über die natur und den Ursprung der Chromatophoren im Pflanzenreiche," *Biologisches Centralblatt* 25: 593-604; Merezhovsky C. 1910. "Theorie der zwei plasmaarten als grundlage der symbiogenesis, einer neuen lehre von der entstehung der organismen," *Biologisches Centralblatt* 30: 278-303, 321-47, 353-67). Ayrıca bakınız Wallin I.E. 1927. *Symbionticism and the Origin of Species* (Baltimore: Williams and Wilkins).
12. SET (serial endosymbiosis theory – ardışık endosembiyoz kuramı) olarak da adlandırılır.
13. Lynn Margulis, sonuncusu büyük oğlu Dorion Sagan ile birlikte olmak üzere pek çok eser yayımlamıştır. Yazar, bu kitaplardan birinde, kuramını yayımladığı için müsveddelerinin geri çevrilmesi ve kitaplarının ağır bir şekilde eleştirilmesi de dahil olmak üzere, karşılaştığı düşmanca davranışları anlatmıştır (Margulis L. 1998. *Symbiotic Planet: A New Look at Evolution* [New York: Basic Books]). Margulis'in konuya ilişkin ilk makalesi (evlendikten sonraki soyadı ile, L. Sagan adıyla yayımlanmıştır), 1967 yılına aittir (Sagan L. 1967. "On the origin of mitosing cells," *Journal of Theoretical Biology* 14: 255-74). İlk kitabı, kuramının ana hatlarını ortaya koymaktaydı (Margulis L. 1970. *Origin of Eukaryotic Cells: Evidence and Research Implications for a Theory of the origin and Evolution of Microbial, Plant, and Animal Cells on the Precambrian Earth* [New Haven, CT: Yale University Press]). İlk popüler makalesi, "Symbiosis and Evolution" idi, *Scientific American* 225 (1971): 48-57. Diğer önemli eserleri arasında şunlar vardır: *Symbiosis in Cell Evolution: Life and its Environment on the Early Earth* (San Fransisco: W.H. Freeman, 1981); *Symbiosis in Cell Evolution: Microbial Communities in the Archean and Protozoic Eons* (New York: W.H. Freeman, 1993); ve Margulis L. ve D. Sagan. 2002. *Acquiring Genomes: A Theory of the Origin of Species* (New York: Perseus).
14. Eskiden bakteriyken şimdi parazite dönüşmüş olan mikoplazmalar, sert duvarı olmayan bakteriler için iyi bir örnektir.

15. Bu, bütün ökaryotlarda bulunan sitoskelettir. İpliksi proteinlerin üç büyük ailesinden yapılmış bir hücre içi lif ağıdır. Kalın (tübülin iplikçikler ya da mikrotübüller), ince (aktin ya da mikro liflerden yapılmış), ya da ikisi arasında bir yapıya sahip olabilir.
16. Genellikle miksomisetler bu şekilde davranır.
17. Bu, fagositozdur.
18. Mitokondri, günümüzün parazit bulaşmış taşıyıcı hücrelere fagositoz sırasında giren alfa protobakterilerinden gelir (tifüse yol açan patojen, *Rickettsia prowazekii* gibi).
19. Martin W. ve M. Müler. 1998. "The hydrogen hypothesis for the first eukaryote," *Nature* 392: 37-41.
20. Mitokondrilerin öncülleri, hidrogenozomlardır.
21. Tek hücreli hayvanlar (protozoalar).
22. Oksijenden kaçınan bazı tek hücreli parazitlerde mitokondri yoktur. Fakat bu farklılaşmış hücrelerin, 600 milyon yıldan daha az bir süre önce ortaya çıkmış olan bu çok hücreli organizma parazitlerinin genomlarında mitokondriye dönüşen bakterilerin asimile edildiğine gösteren izler mevcuttur.
23. Tek hücreli alglerin bir kolu olan glokofitlerde kloroplast, hâlâ bitki tipi bir duvar ile sarılıdır.
24. Bu, kriptofitlerde gözlemlenmiştir. Tek hücreli alglerin bu kolunun temsilcilerindeki ikincil, dumura uğramış çekirdeğe nükleomorf adı verilir.
25. Bunlar, bakteriyofajlar ve birleşen plazmidlerdir.
26. Bu, mitozdur.
27. Bu, aynı zamanda redüksiyon bölünmesi ya da kromozom redüksiyonu olarak da adlandırılan eşeyli bölünmedir. Bir hayvan veya bitkinin tüm yaşam döngüsü içerisinde belli bir anda benzer (homolog) kromozomlar arasında bir evlilik (yani kromozom sayısının ikiye katlanmasına yol açan döllenme) meydana gelir, bunun ardından da yaşam döngüsünün eş kalıtsal (diploid) aşaması başlar. Programlanmış başka bir anda ise, bir (eşeyli bölünme vasıtası ile her biri tek bir takım kromozoma sahip olan gametlerin üretilmesine yol açan) boşanma meydana gelir, bunu da yaşam döngüsünün tek kalıtsal (haploid) aşaması izler.
28. *Gami* son eki (monogami veya bigami kelimelerinde olduğu gibi), "evlilik" anlamına gelir.
29. Maynard Smith J. ve E. Szathmary. 1999. *The Origin of Life: From the Birth of Life to the Origin og Language* (Oxford: Oxford University Press).
30. Lynn Margulis ve Dorian Sagan, yamyam nitelikli tek hücreli canlılarda eşeyli üremenin ortaya çıkışına dair kuramı *Origins of Sex: Three Billion Years of Genetic Recombination* (New Haven: Yale University Press, 1986) adlı kitaplarında ileri sürmüşlerdir.
31. Çekirdeklerde meydana gelen bu birleşmeye "çekirdeklerin evliliği" anlamına gelen *karyogami* adı verilir.
32. Yenebilir mantarların çok büyük bir bölümü bazitli mantarlardandır.
33. Çekirdeklerde kaynaşma olmadan hücre kaynaşması meydana gelmesi olayına *somatogami* adı verilir.

34. İkincil miselyumlar, *dikaryon* (dikaryotik hücre) adı verilen hücreler tarafından oluşturulurlar; bunlarda iki çekirdek bulunur.
35. Benzer kromozomların parçalarının takas edilmesi, ilk mayöz bölünmenin ilk evresi sırasında meydana gelir. Nobel ödülü sahibi Thomas Hunt Morgan (1866-1945), 1910 yılında kromozomların çaprazlanmasını tanımlamak üzere çaprazlama kavramı konusunda ayrıntılı çalışmalar yapmıştır.
36. Kamçıların edinilmesi konusunda, ökaryotların kökeninin günümüzdeki *Termoplazma* adlı bakterilere benzeyen bir arkebakteri ile günümüzdeki *Spiroket* adlı bakterilere benzeyen bir öbakteri arasında kurulan bir ortakyaşarlık sonucunda ortaya çıktığını öne süren farklı bir kuram daha vardır. Bu kurama göre, bu karma birlik, bir ökaryotun mitokondrisi olmayan, fakat iki kamçıya ve bir çekirdeğe sahip amiboyid ilk örneğini oluştururdu. Bu antik amip, daha sonra meydana gelen ve mitokondri ile kloroplastı birleştiren endosembiyozlarda taraf olurdu (Margulis L., M.F. Dolan ve L. Guerrero. 2000. "The chimeric eukaryote: origin of the nucleus from the karyomastigont in amitochondriate protagonists," editörler F.J. Ayala, W.M. Fitch ve M.T. Clegg. *Variation and Evolution in Plants and Microorganisms: Toward a New Synthesis 50 Years After Stebbins* [Washington, DC: National Academy Press], 21-34)
37. Minik spiral bakteriler olan spiroketler, sitoiskeletleri sayesinde hareket edebilirler. Spiroketler arasında bir tür, özellikle tanınır: Frengi hastalığına neden olan *Treponema pallidium.*
38. Temsilcilerinde hiçbir kamçı izi görülmeyen aileler, ömiketler ailesinde de sınıflandırılmış olan kırmızı algler (Rhodophyta) ve "septomiket" mantarları topluluğudur (askomiketler ve bazitli mantarlar).
39. Sınıflandırılması mümkün olmayan hayali yaratıklara dair, 2,1 milyar yıl öncesine tarihlenen iki örnek olarak, şemsiye şeklindeki *Kakabekia umbellata* ve kendisinden daha da minik kürecikler (muhtemelen üreyebilen bireyler) tarafından sarılmış minik küreler olan, tümüyle de yapışkan bir kütle içine gömülmüş *Eosphaera* verilebilir. Bu garip organizmaların fotoğrafları (bölüm 6, şekil 15a ve 16a), J. William Schopf'un *Cradle of Life* adlı eserinde bulunmaktadır.
40. Amerikalı paleontolog David M. Raup, bir afet karşısında biyolojik çeşitliliğin çeşitli taksonomik düzeylerdeki (bölüm, sınıf, takım, aile, tür, v.b.) hayatta kalma oranlarına ilişkin hesaplamaları yayımlamıştır. Onun görüşüne göre yaşam, bir askeri birliğin ateş altındaki bir araziden geçişine benzer şekilde, kıyameti andıran birkaç macera atlatmıştır. Yazar, eserinde hayvanların Kambriyen döneminde hızla ortaya çıkışının ardından yaşamı harap eden beş afet sırasındaki "ateş yoğunluğu" uyarınca biyolojik çeşitliliğin çeşitli düzeylerindeki hayatta kalma şansını değerlendirmektedir. Ökaryotların endosembiyoz yolu ile ortaya çıktığı sıralarda ve onu izleyen iki milyar yıllık evrim boyunca, çeşitli düzeylerdeki nüfusların giderek azalmış olması gerekir. Hepsi de görece tekdüze bir ortamda, temel olarak deniz yüzeyinin hemen altında yüzerek yaşamakta olan çok sayıdaki endosembiyotik ortaklığın her biri, potansiyel olarak farklı bir bölüm yaratmış olabilirdi. Prekambriyen afetlerinin, hayatta kalan bölümlerin (her biri kendi or-

ganizasyon yapısına sahip olan bölümler) temelde gelişigüzel olarak seçimi üzerinde son beş büyük afete kıyasla çok daha büyük bir etki yapmış olduğu sonucunu çıkartabiliriz. Eğer öyle olmasaydı, her bölüm farklı yaşam ortamlarına uyum sağlamış çok sayıda yaşam şekline sahip olurdu, bu da her bir bölümden hiç olmazsa birkaç temsilcinin hayatta kalmasına olanak sağlardı (Raup D.M. 1991. *Extinction: Bad genes or Bad Luck?* [New York: W.W. Norton]).

41. Bu süslü kahverengi algler (Phaeophyta), genellikle *Fucus* ve *Ascophyllum* cinslerine aittir.
42. Dinophyta ve Euglenophyta bölümleri, bu duruma örnektir.Her birinde ototrof olan ve heterotrof olan temsilciler bulunur.
43. Aslında bu, bir kloroplast hırsızlığı olayıdır: "kleptoplasti"! Deniz tavşanları, ortaya çıkmalarının ardından (ilk ökaryotlar 2,7 milyar yıl önce endosembiyoz sonucu olarak ortaya çıkmıştır; bakınız bölüm 6, not 10) yeşil bitkiler tarafından "esir edilmiş" antik siyanobakteriler olan kloroplastları kendi yararlarına kullanmayı birlikte evrimleşme sayesinde başarmışlardır. Yeşil bitkiler tarafından iyice ehlileştirilmiş olan kloroplastlar, daha sonra deniz tavşanları tarafından alınarak kendi vücutları içinde, üremelerine izin verilmeden, işlev görmeleri sağlanmıştır.
44. Birlikte evrimleşme (biyologların kullandığı yeni bir deyim), iki tür tarafından, etkileşimleri sırasında birbirleri üzerine uygulanan bir dizi karşılıklı, seçilmiş baskıyı ifade eder. Evrimin işleyişi boyunca bitmeyen bir silahlanma yarışı içerisinde her biri, diğerinin galip gelmesini engellemek için sürekli olarak yeni savunma veya saldırı silahları edinir.

Bölüm 5
Vermeer ve Van Leeuwenhoek

1. Vermeer'in resimlerinden sadece üç tanesi imzalı ve tarihlidir.
2. Temsil edilen enstrümanlar gitar, cither (kanun benzeri bir çalgı), ut, trompet, kontrbas, virginal (bir tür klavsen) ve klavsendir.
3. Beş farklı harita, model olarak kullanılmıştır.
4. Eski Delft kasabasını ziyaret ettim. Van Leeuwenhoek'in evi artık ayakta değil ve Vermeer'in evi iki antikacı dükkanına dönüştürülmüş. İki evin birbirine çok yakın olduğu ve Delft kasabasının 1650 yılında insanın yürüyerek yarım saatten daha kısa bir sürede bir uçtan diğerine gidebileceği küçük bir köy olduğu, dikkatimi çekti. Ressam ile kendi kendini yetiştirmiş bilim insanının aynı yaşta oldukları ve bütün yaşamlarını Delft kasabasında geçirdiklerini bilerek, birbirlerini nasıl tanımış olmaları gerektiğini ve Van Leeuwenhoek'in araştırmalarının Vermeer'in ilgisini nasıl çekmiş olması gerektiğini anladım.
5. Yakın geçmişte Van Leeuwenhoek'in yaşamını ve çalışmalarını anlatan üç kitap ve ayrıca bütün yazışmaları yayımlanmıştır. Ford B.J. 1991. *The Leeuwenhoek Legacy* (Bristol: Biopress; Londra: Farrand) (bu yazar, özellikle Van Leeuwenhoek'in Royal Society of London arşivlerinde bulunan mektuplarında mikroskopları için yaptığı hazırlıklara iliş-

kin keşiflerini anlatmaktadır; Boutibonnes P. 1994. *Van Leeuwenhoek, l'excellence du regard* (Paris: Belin) (bu kitap, Van Leeuwenhoek'in araştırmalarını ve ortamını yetkin bir şekilde anlatmaktadır); Yount L. 1996. *Antoni Van Leeuwenhoek: First to See Microscopic Life, Great Minds of Science* (Berkeley Heights, NJ: Enslow).

6. *Monad*, basit ve bileşenlere ayrılması imkansız olanı belirtir. Bu kelime ilk olarak Plato tarafından, *fikir* anlamında kullanılmıştır. Gottfried Leibnitz (1645-1716) *Monadology* (1714) adlı kitabında monadı basit bir madde olarak tanımlayan ilk kişidir.
7. Bütün hayvanların hücrelerden meydana geldiği gözlemini modern histolojinin kurucularından Alman fizyolog Theodor Schwann'a (1810-1882), bütün hayvanların hücrelerden meydana geldiği gözlemini ise Alman botanikçi Matthias Schleiden'e atfederiz.
8. Stephen J. Gould, *Ever Since Darwin: Reflections in Natural History* (New York: W.W. Norton, 1977 [özellikle bölüm 3'e bakınız]) adlı kitabında bütün bir bölümü evrim deyiminin yorumlanmasına ve kullanılışının tarihçesine ayırmıştır.
9. Evrim kuramları ile ilgili olarak Amerika'da entelektüel çevreleri sarsan "görüşler savaşı" üzerinde yapılan bir analiz ile bunların felsefi ve sosyal çıkarımları, önde gelen evrim kuramcılarının görece eğilimleri konusunda uzmanlaşan bir filozof tarafından yayımlanmıştır. Bakınız Ruse M. 1999. *Mystery of Mysteries: Is Evolution a Social Construction?* (Cambridge, MA: Harvard University Press).
10. Darwin'in ilk kuramını geliştiren kavramsal aşamalar, nüfus genetiğini evrimin içine dahil eden Yeni Darwinci sentez ve çeşitli biyolojik disiplinlerin (karyoloji, embriyoloji, moleküler genetik ve genomik) yavaş yavaş bir evrim şeması içinde bütünleştirilmesine karşılık gelen modern sentez, ya da evrimin sentezi kuramıdır. Evrimin sentezi kuramına özellikle dört yazar katkı sağlamıştır: Theodosius Dobzhansky (1900-1975), Ernst Mayr (1904-2005), George Gaylord Simpson (1902-1984) ve G. Ledyard Stebbins (1906-2000).Bu yazarlar, temel kuramlarını 1937 ile 1950 yılları arasında aynı yayımcının yayımladığı önemli kitaplarda anlatmışlardır. Dobzhansky T. 1937. *Genetics and the Origin of the Species* (New York: Columbia University Press); Mayr E. 1942. *Systematics and the Origin of Species: A Viewpoint of a Zoologist* (New York: Columbia University Press); Simpson G.G. 1944. *Tempo and Mode of Evolution* (New York: Columbia University Press); Stebbins G.L. 1950. *Variation and Evolution in Plants* (New York: Columbia University Press).
11. Filozof Jean Gayon, evrim konulu eserlerde büyük sıklıkla yanlış şekilde kullanılan bu deyimlerle ilgili olarak küçük bir makale yayımlamıştır (Gayon J. 2001. "Hasard et évolution," editör H. Le Guyader, *L'évolution* [Paris: Belin-Pour La Science], 12-14). Stephen J. Gould da bunların sıklıkla belirsiz ve anlaşılmayı zorlaştırıcı anlamları üzerine yazmıştır (Gould, *Eight Little Piggies* [özellikle bölüm 29'a bakınız]).
12. Fransızca'daki *hasard* (iyi ya da kötü talih) kelimesi, Arapça'da zar oyunu anlamına gelen *az-zahr* kelimesinden gelmektedir. Bu, aynı zamanda İngilizce'deki *hazard* kelimesinin etimolojik kökenidir.
13. Nobel ödülü sahibi Jacques Monod, bu talihi tarif etmek için mutlak tesadüf tanımını kullanmıştır. Monod J. 1970. *Le hasard et la nécessité. Essai sur la philosophie naturelle de la*

bilogie moderne (Paris: Editions de Seuil; İngilizce baskısı: 1972 *Chance and Necessity: An Essay on the Natural Philosophy of Modern Biology* [New York: Vintage Books]).

14. Fransızca'da öngörülemez bir olayı anlatan *aléa* (şans, tehlike veya risk) kelimesi Latince'de bir zar oyununu anlatan *alea* kelimesinden gelir (*aleatorius* ve *aleator*, zar oyuncularını ifade eder; ayrıca bakınız, İngilizce'deki *aleatory* kelimesi).
15. *Contingent* (beklenmedik) kelimesi, Latince *contingens* kelimesinden gelir; *contingere*, şans eseri gerçekleşen demektir.Canlı organizmaların evrimine yol açan gelişigüzel olaylar dizisini tanımlamak için kullanılan beklenmedik durum ilkesi üzerinde ilk kez, Nobel ödüllü Jacques Monod ve Nobel ödüllü Francois Jakob tarafından yazılan ve her ikisi de 1970 yılında yayımlanan eserlerde söz edilmiştir (Jacob F. 1970. *La logique du vivant* [Paris: Gallimard; İngilizce baskısı: 1982. The Logic of Life: A History of Heredity, New York: Pantheon Books]; Monod, Le hasard et la *nécessité*). 1989 yılında paleontolog Stephen J. Gould, evrimin küresel hareket prensibinin beklenmedik olaylar olduğunu ifade etmiştir (Gould, *Wonderful Life*).
16. Yazarlar, böyle hayali dizileri anlatmayı sever. Stephen J. Gould, görüşlerini bir nehrin ağzındaki buzların çözülmesi ile başlayan ve bir ayı ile bir fokun karşılaşması ile sona eren bir diziden yararlanarak betimlemiştir (Gould, *Eight Little Piggies* [özellikle bölüm 29'a bakınız]). André Langancy, "Madame Durand'ın" ölümüyle sonuçlanan beklenmedik olaylardan bir dizi anlattığı bir başka hikâye yazmıştır (Langaney, *La philosophie . . . biologique* [bakınız s. 98]).
17. DNA'nın yapısının ne şekilde bulunduğunun sunuluşundaki sadelik, bizi bugün dahi hayretler içinde bırakmalıdır: basit bir çizimle resimlendirilmiş tek bir sayfa üstünde gösterilmişti. Watson J.D. ve F.H.C. Crick. 1953. "Molecular structure of nucleic acids: a structure for desoxyribose nucleic acid," *Nature* 4356: 737.
18. *İndirgeyici* (*reductionism*) deyimi, 1960'ların sonlarında biyoloji kitaplarında görülmektedir. Bakınız Koestler A. ve J.R. Smithies, editörler. 1969. *Beyond Reductionism: New Perspectives in the Life Sciences* (Londra: Hutchinson). Fransa'da *reductionism* deyimi ilk olarak Nobel ödülü sahipleri François Jacob ve Jacques Monod tarafından kullanılmıştır (Jacob, *La logique du vivant*; Monod, *Le hasard et la nécessité*). Kavram, daha sonra Paris Bilimler Akademisi başkanı François Gros tarafından *Les secrets du géne* (Paris: Odile Jacob-Seuil, 1986) adlı kitabında savunulmuştur.
19. Vermeer ve Van Leeuwenhoek'in çağdaşı olan René Descartes, Hollanda Birleşik Eyaletleri'ni işgal eden İspanyollarla savaşmak üzere Nassau prenslerinin ordusuna katılmıştı. En güzel metinlerini savcılardan uzakta, huzuru bulduğu Hollanda'daki uzun misafirliği sırasında yazdı. *Discours de la méthode* adlı kitabı, ilk olarak o sıralarda Delft'ten 20 kilometre uzaklıkta küçük bir Hollanda kasabası olan Leiden'de yayımlandı (Descartes R. 1637. *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercer la vérité dans le sciences* [Leiden: Imprimerie Ian Maire; İngilizce baskısı: 1956. *Discourse on Method*, New York: Liberal Arts Press]).
20. Bitkilerdeki hızlı mutasyonlar ilk olarak Hollandalı bir botanikçi olan Hugo de Vries (1848-1935 tarafından keşfedilmiştir. 1901 ile 1903 yılları arasında bu konu üzerinde bir

kitap yayımlanmıştır *The Theory of Mutation* (2 cilt. Leipzig: Veit & Co.; ayrıca bakınız H. de Vries. 1909-1910. *The Mutation Theory: Experiments and Observations on the Origins of Species in the Vegetable Kingdom*, 2 cilt [Chicago: Open Court Publishing Company]). Kendisini meyve sinekleri (*Drosophila*) üzerinde çalışma yapan Thomas Hunt Morgan (1866-1945) izlemiştir. Morgan, kalıtımın kromozom kuramına büyük katkılar sağlayan araştırmaları nedeniyle 1933 yılında Fizyoloji ve Tıp alanında Nobel ödülü aldı (Morgan T.H. 1910. "Sex-limited inheritance in Drosophila," *Science* 32:120-22; aynı yazar. 1911. "The origin of nine wing mutations in Drosophila," *Science* 33: 496-99; aynı yazar. 1911. The origin of five mutations in eye color in Drosophila and their mode of inheritance," *Science* 33: 534-37.

21. Monod, *Le hasard et la nécessité*.
22. Mikromutasyonlar, bir türün içinde değişikliklere neden olurlar.
23. Makromutasyonlar, bir türde değişiklik meydana getirebilecek (bir türden diğerine sıçrama) değişikliklere neden olurlar.
24. Bu, Fransız Gustave Malécot (1911-1998) tarafından ortaya atılan ve Japon genetikçi Motoo Kimura (1924-1994) tarafından geliştirilen moleküler evrimde nötrlük kuramıdır. Kimura M. 1968. "Evolutionary rate at the molecular level," *Nature* 217: 624-26; aynı yazar. 1983. *The Neutral Theory of Molecular Evolution* (Cambridge: Cambridge University Press); aynı yazar. 1991. "The neutral theory of molecular evolution: a review of recent evidence," *Japanese Journal of Genetics* 66: 367-86; aynı yazar. 1998. "La théorie neutraliste de l'évolution moléculaire" (yazarın ölümünden sonra yayımlandı), editör H. Le Guyader, *L'évolution*, 150-59.
25. Kalıtım yasalarını Mendel keşfetti. Fakat, 1866 yılında yayımlanan çalışmalarının önemi, yirminci yüzyılın başlarında yayımlanan Carl Correns (1864-1933), Erich von Tschermak (1871-1962) ve Hugo de Vries'in (1848-1935 eserlerine kadar anlaşılmadı. Bakınız Le Guyader H. ve J. Génermont. 2001. "L'evolution: une histoire des idées," editör Le Guyader, *L'évolution*, 12-14.
26. Bir Alman biyolog, August Weissmann (1834-1914), kalıtım yasalarını ilk olarak yumurtaların ve spermlerin oluşumundan hemen önce kromozomların birleşmesi ve aralarında parça alışverişi olmasıyla açıklamıştır.
27. Bir İngiliz matematikçi, Harold Hardy (1877-1947) ve bir Alman doktor, Wilhelm Weinberg (1862-1937), 1908 ve 1909 yıllarında birbirlerinden bağımsız olarak bir "denge" yasasını formülleştirdiler. Buna göre, "ideal" bir diploid topluluğunda frekanslar nesilden nesle değişmeden kalıyordu ve sadece ilk nesildeki frekanslara bağlı oluyordu (Hardy G.H. 1908. "Mendelian proportions in a mixed population," *Science* 28: 49-50; Weinberg W. 1908. "Über den nachweis der verebung beim menschen," *Jahreshelfe des Vereins für Vaterlandische Naturkunde in Württemberg* 64: 368-82; aynı yazar.1909. "Über vererbungsgesetze beim menschen," *Zeitschrift für Induktive Abstammungs- und Vererbungslehre*, 1: 377-93 ve 2: 440-60.
28. Pierre Teilhard de Chardin, bu konuda on kitap yazmıştır, aralarında şunlar vardır: *Le phénomène Humain; L'apparition de l'Homme* (Paris: Seuil, 1956; İngilizce çevirisi M. Ko-

hen, *The Appearance of Man* [New York: Harper & Row, 1965]); *La place de l'Homme dans la Nature. Le groupe zoologique Humain* (Paris: Seuil, 1965; İngilizce çevirisi R. Hague, *Man's Place in Nature: The Human Zoological Group* [New York: Harper & Row, 1966]).

29. Henri Bergson (1859-1941), yaşamın sürekliliği ve evrimsel ilerleme görüşünü geliştirmiştir. "Yaşam, tam olarak gelişmiş organizmanın aracılığı ile tohumdan tohuma akan bir akım gibi görünüyor. Her şey, sanki organizmanın kendisi fazlalıktan başka bir şey değilmiş, sadece kendisini yeni bir tohum vasıtası ile ebedileştirmeye çalışarak eski tohumu bir adım ileri götüren bir filizmişçesine meydana gelmektedir. Aslolan ilerlemedir, içinde göze görünür her organizmanın yalnızca yaşamak için kendisine verilen kısa süre için kaldığı görünmez bir ilerlemedir" (Bergson H.. 1907. *L'évolution créatrice* [Paris: Librairies Félix Alcan et Guillaumin réunies; İngilizce baskısı: 1911. *Creative Evolution*, New York: H. Holt & Co.]).
30. S J. Gould, evrimin bilimsel ilkeleri konusunda Vatikan'ın değişen görüşlerini *Rocks of Ages: Science and Religion in the Fullness of Life* (New York: Random House, 1999) adlı kitabında incelemiştir.Papa Benedict XVI'in göreve başlaması ve akıllı tasarım hareketinin büyümesi ile birlikte, kilise içinde yaşamın kökeni ve evrimine dair bazı fikirlere karşı yeni bir muhalefet doğmuştur. Kilisenin bu konulara ilişkin tavrı, 9. bölümde tartışılmaktadır.
31. Kopernik'in Dünya'nın Güneş etrafında döndüğünü söyleyen kuramının kesin olarak kabul edilmesi, neredeyse iki yüzyıl sürmüştür. Bu beyan, 1543 yılında öldüğü gün, görünüşe göre Papa Paul III'e (1468-1549) hitaben yazılmış olan De revolutionibus orbitum coelestium libri adlı kitabında yayımlanmıştır. Bilimsel görüşlere çok açık olan bu papa, onu kabul etmiştir. Fakat daha sonra, şüphe baskın çıkmıştır. Bilmesinlercilik (obscurantism), Giordano Bruno'nun (Dünya'nın hareket ettiğini ve evrenin sonsuz olduğunu ileri sürmüştü) 1600 yılında işkenceye maruz kalması ve Galile'nin Papa Urban VIII (1568-1644) karşısında sözünü geri alması ile geri dönmüştür. Bir yüzyılı aşkın bir süre sonra, 1741 yılında, Papa Benedict XIV (1675-1758), gün merkezliliği (heliocentrism) kabul etmiştir.
32. Teilhard de Chardin, evrimin bu türüne *ortogenez* adını vermiş ve hedefini de *omega noktası* olarak adlandırmıştır.
33. Mormonlar, İncil'e ait bir metni kendilerine göre kullanmaktadırlar: Tanrının aslında öğrettiği gibi, eğer Tanrının krallığına girmek istiyorlarsa, ölülerin de canlılar gibi vaftiz edilmeleri gerekir (bkz. John 3:1-5 ve Korintliler 15:29).
34. Allah der ki, "Rabbinizin bağışına, genişliği göklerle yer arası kadar olan ve Allah'a karşı gelmekten sakınanlar için hazırlanmış bulunan cennete koşun" (Âli İmrân suresi, 133. ayet).
35. Monod, teleonomiden ya da teleonomik yaşamdan bahsetmiştir (*teleo*, Yunanca *teleo* veya *teleos*'tan (sonuç, hedef) ve *teleios*'tan (bitirilmiş, tamamlanmış) gelmektedir. Canlı organizmaların bir hedefi olduğu ve bir amaca ulaşmak için çalıştıkları anlamına gelir (Monod, *Le hasard et la nécessité*).
36. Jacob, *La logique du vivant*.

37. Dawkins, *The Selfish Gene*.
38. Ridley M. 1996. *Evolution*. 2. baskı. (Oxford: Blackwell)
39. Crick F. ve L. Orgel. 1980. "Selfish DNA: the Ultimate Parasite," *Nature* 284: 604-7.
40. Dawkins E. 2001. "La loi des gènes. Pourqoi la vie? Parce qu'elle assure la survie des gènes," H. Le Guyader, editör, *L'évolution*, 18-24.
41. Darwin, kendisini temel ilkeye götüren kavrayışı Malthus'un "Essay on the principle of population" kitabını okurken edinmişti. (Malthus, T.R. 1798. "An essay on the principle of population, as it affects the future improvement of society with remarks on the speculations of Mr. Goodwin, M. Condorcet, and other writers" [Londra: Johnson]).
42. Çoğalma hızındaki farklılıkların evrim üzerindeki temel etkileri, Darwin'in en önemli katkılarından biridir.
43. İngiliz biyolog D'Arcy Wentworth Thomson (1860-1948), 1917 yılında biyologların şekillerin içinde evrime uğradığı fiziksel ve kimyasal kısıtlamaların (kendisine göre matematik ve geometrinin kuralları uygulanarak çıkarım yoluyla bulunabilecek) önemini anlamasını sağlayan dikkat çekici bir kitap yayımladı. Thomson D.W. 1992. *On Growth and Form*. Kısaltılmış baskı (Cambridge: Cambridge University Press).
44. Dawkins R. 1986. *The Blind Watchmaker* (New York: W.W. Norton).
45. Stephen J. Gould, doğal seçilimin bir besteciye (Theodosius Dobzhansky tarafından), bir şaire (George Gaylord Simpson tarafından), bir heykeltıraşa (Ernst Mayr tarafından) ve hatta Shakespeare'e (Julian Huxley tarafından) benzetilişine dikkat çekmiştir. Gould, *Ever Since Darwin* (özellikle bölüm 4'e bakınız).
46. Yeni genetik bilgiler tarafından üretilen bir modifikasyonun içinde ortaya çıktığı koşulların mutlak gelişigüzelliğinin aksine, Dawkins, kör saatçi benzetmesini desteklemek için eklenimli doğal seçilim mekanizmasının özellikle kör (veya otomatik) belirleyiciliğini kullanmaktadır (Dawkins, *The Blind Watchmaker*).
47. Stephen J. Gould, Karl Marx tarafından Darwin'e gönderilen çalışmanın tamamının okunmadığını keşfetti, çünkü matbaa tarafından kesilmemiş olan pek çok sayfa hâlâ birbirine bağlı durumdaydı (Gould, *Ever Since Darwin*; bakınız bölüm 1). Bu kitabında Gould, Marx'ın kitabını Darwin'e ithaf etmek istediğine fakat onun nazikçe reddettiğine dair bir söylentiyi de açıkladı. Gould, yirmi beş yıl sonra bu hikâyeye geri dönerek, mektupların gönderildiği kişilerde meydana gelen bir karışıklık nedeniyle Marx'ın biyografisini yazan bir kişinin bu hikâyeyi yanlışlıkla yayımlamasına neden olduğunu açıkladı.(Gould, *I Have Landed*; bakınız bölüm 6).
48. Ölümünden hemen önce, bunlardan aralarında evrimin 1.400 sayfayı aşan muazzam bir sentezinin de bulunduğu 22 tane (toplam 5.000 sayfadan fazla) yazmıştır (Gould, S.J. 2002. *The Structure of Evolutionary Theory* [Cambridge, MA: Belknap Press of Harvard University Press]).
49. Profesyonel bilim insanları tarafından Gould'un temel eserlerinden yapılan analizler üzerinde yapılan bir inceleme, popüler kitaplarından nadiren alıntı yapıldığını ve akademik çalışmalarından yapılan alıntıların biyolojik çeşitlilik ve hayvan davranışları, özellikle de sosyobiyoloji konularında yetkin eserler vermiş tanınmış yazar Edward O.

Wilson'un eserlerinden yapılan araştırmalara kıyasla çok daha az olduğunu ortaya koymaktadır (Ruse, *Mystery of Mysteries*; bakınız bölüm 7). Aslına bakılacak olursa, evrim bilimini popülerleştirme isteği, Gould'un bir tutkusu imiş gibi görünmektedir. Kişisel yazış tarzını bu kitaplardan üç tanesinin giriş bölümlerindeki denemelerde izah etmiştir. *The Lying Stones of Marrakech, Dinosaur in a Haystack* ve *Bully for Brosontaurus*. Yazar, bu son kitabında deneme yazılarının Montaigne ile başlayan geleneğini övmektedir. Yazar, ABD'de popular bilimsel kitapların küçümsenmesini ve hile katma, basitleştirme, sansasyonel amaçlı bozma, gösterişli olma çabası ve ticari başarıya ulaşma arzusu olarak adlandırılmasına üzülmekte ve içtenlikle esef etmektedir.

50. Amerikalı edebiyat eleştirmeni Frederick C. Crews, yirminci yüzyılın sonlarına doğru piyasaya çıkan ve içlerinde Darwinizm'in anlamının çelişkili bir şekilde tartışıldığı bir düzine kadar kitap hakkında harikulade iki eleştiri yazmıştır.Tartışmanın zenginleşmesine katkı yapan yazarlar arasında üç Amerikalı bulunmaktadır: Agnostik bir düşünür olan Michael Ruse, ilahiyatçı John F. Haught, Darwinci biyolog ama koyu bir dindar Kenneth R. Miller. Her üçü de, yakın zaman önce Darwinizm'in Hıristiyanlıkla uyumlu olduğunu kanıtlamak için çeşitli güçlü görüşler öne sürdüler (Crews F.C. 2001. "Saving us from Darwin," *New York Review of Books* 48: 15[I] ve 16[II]; Ruse M. 2001. *Can a Darwinian Be a Christian? The Relationship between Science and Religion* [Cambridge: Cambridge University Press]; Haught J.F. 2000. *God after Darwin: A Theology of Evolution* [Boulder, CO: Westview]; Miller K.R. 1999. *Finding Darwin's God: a Scientist's Search for Common Ground between God and Evolution* [New York: Cliff Street Boks/Harper Collins]).
51. Dawkins R. 2006. *The God Delusion* (Boston: Houghton Miffin).
52. Gould, Rocks of Ages. Gould, bu fikri geliştirmeye *Leonardo's Mountain of Clams and the Diet of Worms* adlı kitabında başladı (New York: Harmony Boks, 1998). "Non-overlapping magisteria" başlıklı 14. bölümde NOMA'yı ortaya attı.
53. Bu ifadenin sahibi, Papa John Paul II'dir ("Kilise Evrim Konusu ile İlgilidir, Çünkü Bu Konu İnsanın Ortaya Çıkışını İlgilendirmektedir," Papa John Paul II'nin Papalık Bilimler Akademisi genel toplantısında verdiği mesaj. Vatikan, 22 Ekim 1996).
54. Einstein, yaşamın beklenmeyen durumlarından şüphe ediyordu; Tanrının zar attığını hiçbir zaman kabullenemedi. Değer taşıyan yasaların sadece "bir şeyin nesnel olarak mevcut olduğu" bir evrenin yasaları olacağına inanıyordu (Einstein A., M. Born ve H. Born, *Correspondences* 1916-1955 [Paris: Seuil, 1972]; Einstein'in 7 Eylül 1944 tarihli mektubuna ve fizikçi Max Born'un eşinin 9 Ekim 1944 tarihli yanıtına bakınız; Amerika baskısı: 1971. *The Born-Einstein letters: Correspondence between Albert Einstein and Max and Hedwig Born from 1916 to 1955* [New York: Walker & Co.]).

Bölüm 6
Yoğunlukölçer

1. Bu, evrimsel sınıflandırmadır. Son birkaç on yılda moleküler yöntemlerin geliştirilmesi ile parlamış ve soysal yaşam ağaçlarını yaratmak için bütün ilişki indekslerini hesaba katan bir yöntemin (kladistik) uygulanması sonucunda yakın geçmişte daha da iyileş-

tirilmiştir. Brooks D.R. ve D.A. McLennan. 1991. *Phylogeny, Ecology, and Behavior* (Chicago: University of Chicago Press); Harvey P.H. ve M.D: Pagel. 1991. *The Comparative method in Evolutionary Biology* (Oxford: Oxford University Press); Lecointre G. Ve H. Le Guyader. 2007. *The Tree of Life: A Phylogenetic Classification* (Cambridge, MA: Harward University Press).

2. Bu, Protozoik dönemdir. Önemli bir Prekambriyen paleontologu olan Andrew H. Knoll, bu dönemi 17 katmanbilimsel zaman aralığına bölmüştür (Knoll A.H. 1995. "*Protozoic and early Cambrian protists: evidence for accelerating evolutionary tempo*," W.M. Fitchve F.J. Ayala, editörler, *Tempo and Mode in Evolution* [Washington, DC:National Academy Press], 63-83.). J. William Schopf, Prekambriyen türlerin keşfinin kısa bir tarihçesini yazmıştır (Schopf J.W. 2000. "Solution to Darwin's dilemma: Discovery of the missing Precambrian record of life," Ayala, Fitch ve Clegg, editörler, Variation and Evolution in Plants and Microorganisms, 6-20).
3. Antoni van Leeuwenhoek, kendi yaşamı hakkındaki bir romanda (Tracy Chevalier, Girl with a Pearl Earring [Londra: Harper Collins, 1999] rol almıştır; 2003 yılında Peter Webber, bu romandan aynı isimli gişe rekorları kıran bir film uyarlamıştır.
4. Stephen J. Gould, ilk eserlerinden birinde, bilinen en eski bütün fosillerin sadece Kambriyen dönemine ait olduğu zamanlarda bilim insanları arasında hakim olan ruh halini çok uygun şekilde anlatmıştı. (Gould, *Ever Since Darwin* [özellikle bakınız, bölüm 14 ve 15]).
5. Elso S. Barghoorn ve Stanley A. Tyler, iki milyar yaşından daha büyük fosillere ilişkin keşiflerini 1965 yılında yayımladılar (Barghoorn E.S. ve S.A. Tyler. 1965. "*Microorganisms from the Gunflint chert*," Science 147: 563-77. En eski fosillere ilişkin keşfin destanı, J. William Knopf tarafından anlatılmıştır (Schopf, *Cradle of Life*). Ayrıca bakınız Knoll, *Life on a Young Planet*.
6. Birinin tarihi diğerinin iki katından fazla olan öneriler getiren çelişkili yayımlar, bu konu üzerinde yaygın bir tartışma doğmasına neden olmuştu (ilk çok hücreli hayvanların tarihlenmesi üzerindeki tartışmaya bakınız: bu bölümün 27 ve 28 numaralı notları). Kambriyenden çok daha sonraları ortaya çıkmış olan bitkilerin tarihlenmesi sırasında da aynı hatalar açığa çıkmıştı: Sanderson M.J. ve J.A. Doyle. 2001. "Sources of error and confidence intervals in estimating the age of angiosperms from rbcL and 18S rDNA data," *American Journal of Botany* 88: 1499-1516.
7. Orlando L. 2005. *L'anti-Jurassic Park. Faire parler l'ADN fosile* (Paris: Belin. Pour la Science).
8. Çamurun içinde oksijenden korunmuş ve bu sayede 20 milyon yıl boyunca (Clarkia, Idaho kasabası yakınlarındaki göl yataklarında) sağlam kalmış *Manolya* ve diğer bitki yapraklarının olağanüstü keşfinden burada bahsetmeliyim. İçlerinden bitkilerde en yaygın şekilde (kloroplastların içindeki) bulunan gen kısmen çıkartılmış ve incelenmiştir. Stephen J. Gould'un vurguladığı gibi, eğer bu veriler doğrulanırsa, evrimin ne kadar uzun bir süreden beri sürdüğüne dair, fosillerin anatomik olarak incelenmesi dışında bir yöntemle elde edilen kanıtlar sağlanmış olacaktır. Pek çok yaratılışçı tarafından

evrim teorilerinin bilimsel bir temeli olmadığına inanılan ABD'de evrim kuramının öngörülerini doğrulayan her kanıt, değer taşımaktadır (Gould S.J. 1995. *Dinosaur in a Haystack: Reflections in Natural History* [New York: Harmony Books]; bakınız bölüm 31). Her ne kadar Clarkia *Manolya* fosillerinin DNA'sının yaşı sorgulanmakta ise de, Yeni yayımlanan kitaplar bu Miosen bitkilerinde DNA'nın olağanüstü iyi bir şekilde korunmuş olduğunu doğrulamaktadır. Bakınız Golenberg E.M., D.E. Giannasi, M.T. Clegg, C.J. Smiley, M. Durbin, D. Henderson ve G. Zurawski. 1990. "Chloroplast DNA sequence from a Miocene *Magnolia* species," Nature 344: 656-58; Pääbo S. ve C. Wilson. 1991. "Miocene DNA sequence – a Dream come true?" *Current Biology* 1: 45-46; Kim S., D.E. Soltis, P.S. Soltis ve Y. Suh. 2004. "DNA sequences from Miocene fossils: an *ndhF* sequence of *Magnolia latahensis* (Magnoliaceae) and an *rbcL* sequence of *Persea pseudocarolinensis* (Lauraceae)," *American Journal of Botany* 91: 615-20.

9. Aynı ön eke, *proto* (Yunanca ilk, derme çatma, ilkel anlamına gelen *protos* kelimesinden) ekine sahip olan iki terim, uzmanlara şu basit durumu ifade eder: Protist (veya *Protoctista*), tek hücreden meydana gelen bütün hayvan ve bitkileri, protozoa ise bağımsız, tek hücreli hayvanları tanımlar.
10. Avustralya'da yaklaşık 2,7 milyar yıl öncesine tarihlenen şistlerde ökaryotlardaki biyosentezin karakteristik özelliği olan hidrokarbonlar (kolestan gibi steranlar) bulunmuştur. Bakınız Brocks J.J. G.A. Logan, R. Buick ve R.E. Summons. 1999. "Archean molecular fossils and the early rise of eukaryotes," *Science* 285: 1033-36.
11. Minerallerin oksitlenmelerinin tarihlenmesi, bir yandan suda ve havada oksijen birikmesi için gereken çok miktarda bitki benzeri bakterinin varlığına, diğer yandan oksijen konsantrasyonunun tek hücreli ve çok hücreli hayvanlarla bitkilerin ortaya çıkmasına olanak sağlayan düzeye yükselmesinin zamanlamasına ilişkin tahminler yapılmasına olanak sağlar. Oksitlenmiş minerallerin kalıntılarındaki 2,5 milyar yıl öncesine ait çok bariz artış, bu durumun o sıralarda pek çok türdeki bitki benzeri bakterinin küresel olarak yayılmasının sonucu olduğunu düşündürmektedir (bakınız bölüm 2, not 22). Diğer referanslar, Runnegar B. 1991. "Precambrian oxygen levels estimated from the biochemistry and physiology of early eukaryotes," *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 71: 97-111; Shen Y., R. Buick. ve D.E. Canfield. 2001. "*Isotopic evidence for microbial sulphate reduction in the early Archaean* era," Nature 410: 77-81.
12. Oksijen yüklü çevrelerde koordineli büyümeyle koloni halinde yaşayan büyük organizmalar. El Albani A. et al., 2010. 2.1 Gyr ago. Nature 466: 100-104.
13. Karbon içeren bu fosil organizmalara Grypanie spiralis (Han T.M. ve B. Runnegar) adı verilmiştir. 1992. Megascopic eukaryotic algae from the 2.1-billion-year-old Negaunee iron-formation, Michigan," *Science* 257: 232-35).
14. 2,1 milyar yıl öncesine ve daha sonralarına tarihlenen şaşırtıcı ve ender tek hücreli şekillere (şemsiye hücre *Kakabekia umbelleta* veya uydulu hücre *Eosphaera* gibi) ek olarak, 2,15 milyar yıl önceden itibaren görülmeye başlanan en sık rastlanan şekiller, acritarchlar olarak adlandırılır (bölüm 6 şekil 15).Bu acritarchlar, hemen hemen kesin olarak dinofitlerin (dinoflagellatlar olarak da bilinen, günümüzde okyanuslarda ve tatlı sularda

bol bulunan, yumuşak tek hücreli alglerin bir bölümüne verilen isim) kistleridirler (uykudaki, dayanıklı hücreler). Bakınız Goodman D:K. 1987. Dinoflagellate cysts in ancient and modern sediments," F.J.R. Taylor, editör, *The Biology of Dinoflagellates: Botanical Monographs No. 21* (Oxford: Blackwell), 649-722; ve Zhang W. L. 2007. "Deposition and deformation of late Archaean sediments and preservation of microfossils in the Harris Greenstone Domain, Gawler Craton, South Australia," *Precambrian Research* 156: 107-24. Tanımlanan (1899 yılında) ilk acritarch, *Chuaria circularis*, başlangıçta bir hayvan türü (bir dallı bacaklı) zannedilmiştir. 1928 yılında bir acritarch olarak sınıflandırılmıştır ve şimdi de çok hücreli bir alg olarak kabul edilmektedir. Bakınız Zhu S., X. Huang, Y. He, G. Zhu, L. Sun ve K. Zhang. 2000. "Discovery of carbonaceous compressions and their multicellular tissues from the Changzhougou formations (1800 Ma) in the Yanshan range, North China," *Chinese Science Bulletin* 45: 841: 47.

15. Acritarch bitki örtüsüne dair bir inceleme, Andrew H. Knoll tarafından yayımlanmıştır (Knoll, "Protozoik and early Cambrian protists: evidence for accelerating evolutionary tempo," Fitch ve Ayala, editörler, *Tempo and Mode in Evolution* [bu bölümdeki not 2'ye bakınız]) ve John Warren Huntley ve diğerleri (Huntley J.W., S. Xiao ve M. Kowalewski. 2006. "1.3 Billion years of acritarch history: an empirical morphospace approach," *Precambrian Research* 144: 52-68).
16. Günümüzdeki *Bangia* takımına ait, hâlâ mevcut bir ökaryot türünün ilk fosili, basit hücre iplikçiklerinden oluşan bir kırmızı algdir (Butterfield N.J., A.H. Knoll ve K. Swett. 1990. "A bangiophyte red alga from the Proterozoic of arctic Canada," *Science* 250: 104-7; Butterfield N.J. 2000. "Bangiomorpha pubescens n. Gen., n. sp.: implications for the evolution of sex, multicellularity, and the Mesoproterozoic/Neoproterozoic radiation of Eucaryotes," *Paleobiology* 26: 386-404). Nicholas J Butterfield, muhtemelen daha yüksek mantarlardan olan ilk türü de tanımlamıştır (aynı yazar. 2005. "Probable Proterozoic fungi," *Paleobiology* 31: 165-82).
17. Bloeser B. 1985. "Melanocyrillium, a new genus of structurally complex late Proterozoic microfossils from the Kwagunt formation (Chuar group), Grand Canyon, Arizona," *Journal of Paleontology* 59: 741-65; Porter S.M., R Meisterfeld ve A.H. Knoll. 2003 "Vase-shaped microfossils from the Neoproterozoic Chuar group, Grand Canyon: a classification guided by modern testate amoebae," *Journal of Paleontology* 77: 409-29.
18. Bengtson S, B. Rasmussen ve B. Krapez. 2007. "The paleoproterozoic megascopic Stirling biota," *Paleobiology* 33: 351-81.
19. Rai V. ve R. Gautam. 1999. "Evaluating evidence of ancient animals," *Science* 284: 1235a; Seilacher A., P.K. Bose ve F. Pflüger. 1999. "Evaluating evidence of ancient animals," *Science* 284: 1235a
20. Farklı hayvan örtüsü gruplarını ayırt etmek için genellikle ilk keşfedildikleri yerin adını kullanırız: Adiacara hayvan örtüsü (565 ila 543 milyon yıl önce), SSF (small shelled fossils - küçük kabuklu fosiller) (543 ila 530 milyon yıl önce), Tommotya ve Atdabanya hayvan örtüleri (530 ila 521 milyon yıl önce), Chengjiang hayvan örtüsü (530 milyon yıl önce) ve Burgess hayvan örtüsü (515 milyon yıl önce). Fakat, ilk çok hücreli hayvan fo-

silleri, Çin'in Doushanto bölgesinde 590-570 milyon yaşındaki kayaların içinde keşfedilmiştir. Bunlar, embriyonik aşamaları andıran hücrelerden oluşan gizemli toplar veya süngerlerdir.

21. İlk dönem, paleozoik olarak da adlandırılır. Kambriyen, günümüzde Galler olan bölgeye eski Romalılar tarafından verine *Cambria* adından gelir. İngiliz jeolog Adam Sedgwick (1785-1873), 1835 yılında bu bölgede o zamanlar o güne kadar keşfedilenlerin en eskisi olduğuna inanılan çökeltiler keşfetmişti.
22. Stephen J. Gould, ilk kitaplarından birinde iki olasılığı da anlatmıştır (Gould, *Ever Since Darwin* [bakınız bölüm 14])
23. Çıplak gözle görülebilen en eski bitki fosilleri (*Grypania spiralis*, 2,1 milyar yıl öncesine tarihlenir) veya Burgess'in olağan üstü hayvan örtüsü (515 milyon yıl öncesi) gibi, iki çamur tabakası arasına sıkışıp kalmış bu yumuşak gövdeli organizmalardaki karbon tarafından bırakılan siyahımsı izler, ender olarak bulunan fakat çok eski olan yaşam izleridir.
24. Oksijenin Dünya üzerinde ortaya çıktığı tarihin ve 3,8 ila 0,57 milyar yıl önce konsantrasyonunun artışı üzerinde yapılan araştırmalar, pek çok bilimsel yayımda anlatılmıştır. Oksijen pek çok mineral üzerinde etkiye sahip bir gaz olduğu için, jeologlar bugüne kadar ilk oksitlenme izlerini aramışlardır. Katmanlı demir oluşumları (BIF - Banded iron formations), 2,5 ila 2,3 milyar yıl önceye tarihlenmektedir. Bu demir oksitleri, oksijenli sularda ortaya çıkan çökeltilerin denizdeki yaşam ortamlarında birikmesinden meydana gelir. Dolayısıyla, ilk katmanlı demir oluşumlarının meydana gelişi sırasında, deniz ortamında oksijen mevcut demektir. Diğer kayalarda demir tuzlarının kırmızı tabakalarının keşfi, kıta sularında çökelme ile açıklanmaktadır; dolayısıyla oksijen, atmosferde mevcuttu. Bunlar, 2,3 milyar yıl öncesine ve daha sonrasına tarihlenmektedir. Paleontoloji ve jeolojiye dayalı pek çok başka düşünce, 2,5 milyar yıl önce suda çözünmüş oksijen konsantrasyonunun şimdikine kıyasla yüzde 0,5 oranında olduğunu belirlememize olanak sağlamaktadır. Bu konsantrasyon, yavaş yavaş yükselerek bundan 570 milyon yıl önce günümüzdeki konsantrasyonun yüzde 5 ila 7'si dolaylarına erişti. Makroskopik yaşamın erkenden patlama yapması için gerçekten çok az oksijen mevcuttu.
25. Stephen J. Gould, derlediği kısa makaleler kitaplarının ilkinde boyut ve şekil arasındaki ilişki için bir bölüm ayırmıştı (Gould, *Ever Since Darwin* [bakınız bölüm 2]).
26. Tek hücreli kamçılılarda yakalanan avın yönlendirildiği ve sonra içine alındığı bir tür huni olan sitofarenks, muhtemelen uzun bir evrim sürecinin sonucudur ve geç ortaya çıkmasının nedeni de budur.
27. Stephen J. Gould, Kambriyen patlamasının çıplak gözle görülebilen yaşamın artışındaki aniliğin bıraktığı yanlış bir izlenim olduğu görüşünü geliştirmiştir. Biyolojide karşımıza çıkan ve görünüşte patlamaya benzeyen pek çok olayda olduğu gibi, çok az iz bırakan bir yavaş evrimleşme döneminin olması gerekirdi (Gould, *Ever Since Darwin* [bakınız bölüm 15]).
28. Bir milyar yıldan daha eski zamanlara tarihlenen ilk çok hücreli hayvan soyunun ortaya çıkışı, şu makalede anlatılmaktadır: Wray G.A., J.S. Levinton ve L.H. Shapiro. 1996.

"Molecular evidence for deep Precambrian divergences among metazoan phyla," *Science* 274: 568-73.

29. Şu makale, ilk farklılaşmanın 670 milyon yıl önce olduğunu tahmin ederek 27 numaralı nota itiraz etmiştir: Ayala F.J., A. Rzhetsky ve F.J. Ayala. 1998. "Origin of the metazoan phyla: molecular clocks confirm paleontological estimates," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 95: 606-11. Bu olay, genetik yorumlamaların taşıdığı değer ve bunlardaki hataları azaltmanın yolları konusunda bir tartışma başlattı. Moleküler saat taraftarı makaleler arasında şunlar bulunmaktadır: Rodriguez-Trelles F., R. Tarrío ve F.J. Ayala. 2002. "A methodological bias toward overestimation of molecular evolutionary timescales," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 99: 8112-15; Sanderson M.J. 2002. "Estimating absolute rates of molecular evolution and divergence times: a penalized likelihood approach," *Molecular and Biological Evolution* 19: 101-2.
30. Karaları fetheden ilk organizmalar, takriben 470 milyon yıl önce Paleozoik dönemde, Ordovizyen ile Silüryenin başlangıcı arasında ortaya çıkmışlardır. Bunlar, iki yaşayışlı türlerdi, suda olduğu kadar su dışında da yaşabiliyorlardı. Tanımlanamayan ilk karasal bitkiler, 470 milyon yıl önceye tarihlenmiştir. Bunlar, yosun sporlarına benziyorlardı (Grey J. 1993. "Major Paleozoic land plant evolutionary bio-events," *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 104: 153-69). "Yosunların", kırmızı briyofitlerin ilk sporları, 430 milyon yıl eskiye tarihlenmiştir (Wellman C.H., P.L. Osterloff ve U. Mohiuddin. 2003. "Fragments of the earliest land plants," *Nature* 425: 282-85.) Bir moleküler analiz, kırmızıların ve başka bir "yosun" grubu olan antoserotofitlerin bütün karasal bitkilerin atası olduklarını göstermiştir. Bakınız Nickrent D.L., C.L. Parkinson, J.D. Palmer ve R.J. Duff. 2000. "Multigene phylogeny of land plants with special reference to bryophytes and the earliest land plants," *Molecular Biology and Evolution* 17: 1885-95. Yapılan başka bir moleküler analiz, karasal bitkilerin 700 milyon yıl önce ortaya çıktığını göstermektedir: Heckman D.S., D.M. Geiser, B.R. Eidell, R.L. Stauffer, N.I. Kardos ve S.B. Hedges. 2001. "Molecular evidence for the early colonization pf land by fungi and plants," *Science* 293: 1129-33. İlk karasal hayvanlar, muhtemelen eklembacaklılardı (kabuklu deniz hayvanlarından türemiş erken böcekler). Bunlar, izlerini Ordovizyen başlangıcına tarihlenen, rüzgarla oluşmuş bir kumulda bırakmışlardır (MacNaughton R.B., J.M. Cole, R.W. Dalrymple, S.J. Braddy, D.E.G. Briggs ve T.D. Lukie. 2002. "First steps on land: Arthropod trackways in Cambrian-Ordovician eolian sandstone, southern Ontario, Canada," *Geology* 30: 391-94). Bu eklembacaklılara ait ilk fosiller (Silüryen'in başlangıcına tarihlenmiştir), örümceklere (araknidler) veya kırkayaklara (myriapodlar) aittir (Jeram A.J., P.A. Selden ve D. Edwards. 1990. "Land Animals in the Silurian: arachnids and myriapods from Shropshire, England," *Science* 250: 658-61).
31. Tropik mercanlar, kızıl mercanlar, yumuşak mercanlar, deniz yelpazeleri, deniz şakayıkları ve deniz anaları, büyük Coelenterata grubunun en tanınmış temsilcileridir.
32. Rodinia süper kıtasının oluşumundan önce kıtaların ne şekilde doğduğuna dair elde çok az bilgi mevcuttur. Güney Afrika'da 3,08 milyar yıl önceye tarihlenen bir meteor çarpmasının yol açtığı 180 mil genişlikteki bir kraterin incelenmesinden elde edilen bir

kanıt, kabuk katmanının önce eski bir kıta olarak şekillendiğini düşündürmektedir (Moser E., R.M. Flowers ve R.J. Hart. 2001. "Birth of the Kampvaal Tectosphere 3,08 billion years ago," *Science* 91: 465-68).

33. Kıtaların kayması kuramına yapılan en büyük katkı, Alfred Wegener'e (1880-1930) atfedilmektedir. Bu kaymanın anlaşılması, ailemin bir üyesine, magmadan yayılan ısının tektonik plakaların hareketi üzerine yaptığı etkiye ilişkin çalışmalara önemli katkılar sağlayan Hollandalı jeofizikçi Felix Andries Vening Meinesz'e (1887-1966) atfedilmektedir.
34. Amerikalı jeolog John L. Kirschvink, önce Dünya'nın bir ağır buzullaşma döneminin ardından bir kar topuna dönüştüğünü öne süren bir varsayım oluşturdu. Daha sonra, bu tür bir buzullaşmaya işaret eden dört ayrı olay tanımlandı ve 750 ila 600 milyon yıl önceye, bir tanesi ise 2,4 milyar yıl önceye tarihlendi (Kirschvink J.L. 1992. "Late Proterozoic low-latitude global glaciation: the snowball Earth," J.W. Schopf ve C. Klein, editörler, *The Proterozoic Biosphere* [New York: Cambridge University Press], 51-52; Kirschvink J.L., E.J. Gaidos, L.E. Bertani, N.J. Beukes, J. Gutzmer, L.N. Maepa ve R.E. Steinberger. 2000. "Paleoproterozoic snowball earth: extreme climatic and geochemical global change and its biological consequences," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 97: 1400-5; Hoffman P.F., A.J. Kaufman, G.P. Halverson ve D.P. Schrag. 1998. "A Neoproterozoic snowball Earth," *Science* 281: 1342-46).
35. Günümüzdeki tek hücreli algler arasında bir grup, hakim durumdadır: Diyatomlar veya basilariofitler (Stramenopillerin veya straminopillerin bir kolu). Halihazırda diyatom türlerinin sayısı 20.000 civarındadır, fakat uzmanlar, gerçekte 100.000'den fazla farklı türün bulunduğunu tahmin etmektedirler. Ben bu sayıyı klorofil taşıyan protistlerin farklılaşmasına dair tahminimde kullandım (Round F.E. ve R.M. Crawford. "Phyllum Bacillariophyta," L Margulis, J.O. Corliss, M. Melkonian ve D.J. Chapman, editörler, *Handbook of Protista* [Boston: Jones and Bartlett], 574-96. Diğer planktonik bitkiler (yaklaşık 10.000 tür), temel olarak beş evrimsel soydan gelmektedir: haptofitler veya kokolitler, kriptofitler, öglenofitler, dinofitler veya dinoflagellatalar ve klorofitler.
36. Çok hücrelilerin farklılaşması konusunda daha çok bilgi mevcuttur. Bunlar, temel olarak üç soydan gelirler. Yeşil algler klorofitlerin, kırmızı algler rodofitlerin, kahverengi algler ise faeofitlerin (Straminofillerin parçası) birer parçasıdır. Yakın geçmişte yapılan iki sentez çalışması, tek hücreli ve çok hücreli alglerin bütün soylardaki farklılaşmasını açıklamaktadır: Hoek C. van den, D.G. Mann ve H.M. Jahns. 1995. *Algae: An Introduction to Phycology* (Cambridge: Cambridge University Press); Reviers B. de. 2003. *Biologie et phylogénie des algues* (Paris: Belin).
37. Makroskobik yüzen (pelajik) alglerin sayısı daha azdır. En çok tanınmış olanları, ABD kıyıları açıklarında görülen kuzey Atlantik sargassum'larıdır. Bu kahverengi algler (faeofitler), yüzmek için içi gazla dolu balona benzer yapılar olan aerokistlerden yararlanırlar.
38. Yaşlı Pliny, bu sözleri çıplak gözle görülebilen en küçük yaratıkları kastederek söylemiştir. M.S. 79 yılında insanları Vezüv Dağı'nın patlamasından kurtarmaya çalışır-

ken Pompei'de, Napoli Körfezi'nde öldü (Gould, *The Panda's Thumb* [giriş bölümüne bakınız]).

39. Darwin, *Türlerin Kökeni* (bakınız bölüm 19).
40. Paleontologlar J. William Schopf ve Andrew H. Knoll, yaşamın Kambriyen döneminde kaydettiği patlamadan çok önceleri yaşamış bitki ve hayvan örtülerine ait kalıntıların keşfine büyük katkılarda bulunmuşlardır (Schopf, J.W. 2000. "Solution to Darwin's dilemma: Discovery of the missing Precambrian record of life," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 97: 6947-57; Knoll, *Life on a Young Planet*).
41. Modern jeolojinin kurucusu Sir Charles Lyell'e (1797-1875) ait olan bu metafor, Darwin tarafından benimsenmişti (Darwin, *Türlerin Kökeni* [bakınız bölüm 10, son paragraf]).

Bölüm 7
Lego Oyunu

1. Dünyanın en büyük algi, *Macrocystis pyrifera*'dır (Faeofitler sınıfının Straminofiller alt grubuna ait bir kahverengi alg).
2. Mikroalglerin diyatom (Bacillariophyceae olarak da bilinirler, stramenopilelerin bir parçasıdırlar, kriptofitler veya haptofitler (coccolithophoreleri de kapsarlar) olarak adlandırılan temsilcileri sık sık tek hücreli bir durumda çamura gömülmüş olarak bulunurlar. Benzer şekilde, pek çok tek hücreli protozoa deniz tabanının üzerinde sürünür veya ona sabitlenmiştir (bazı foraminiferler, kök bacaklılar ve kamçılılar gibi).
3. *Chaetoceros* ailesinin bazı diyatomlarında ve *Scenedesmus* veya *Zygnema* ailelerinin yeşil alglerinde birbirine sıkı sayılacak bir şekilde tutunmuş hücre çelenkleri de vardır.
4. Haptofitlerin bir temsilcisi – *Corymbellus aureus* – tek hücreli olabileceği gibi, bir hücre kolonisinden de meydana gelmiş olabilir ve her durumda yüzeyaltında yüzmeye devam edebilir. Koloni halinde yaşarken çeşitli şekillere bürünebilir: Kamçılı hücrelerden oluşan bir tabakadan şekillenmiş küçük ve içi boş bir küre, kamçısız hücrelerden yapılmış içi dolu bir küre veya mukus içine gömülmüş on binlerce hücreden meydana gelen makroskobik, şekilsiz bir koloni (Van den Hoek, Mann ve Jahns, *Algae: An Introduction of Phycology* [229]). *Palmophyllum crassum* adlı yeşil alg (Klorofit), deniz tabanına sabitlenmiş hücrelerden oluşan bir kolonidir. Akdeniz'in kayalık eğimlerini bir halı gibi kaplayan, güzel bir yeşil renge sahip bir kabuktur. Her kabuk, önceden belirlenmiş bir düzen olmaksızın birbirine tutunan binlerce hücreden meydana gelir. Benzer şekilde, *Porphyridium purpureum* kırmızı algi (Rhodophyceae), bir mukus kütlesi içinde birbirine tutunan çok sayıda hücreden meydana gelen bir kabuk şeklindedir.
5. Bu, Antoni van Leeuwenhoek tarafından keşfedilmiştir. Bir jöle içinde bir araya gelmiş 500 ila 60.000 hücreden meydana gelen yeşil topları – *Volvox* yeşil algi – ilk olarak o gözlemlemişti. Hareketli, değişken yapıya hayran kalmıştı. Başka bir organizmada da bir ara durum görülmektedir: *Dictyostelium discoideum*. Çamur yosunlarıyla hayvan benzeri yosunlar (Miketozoa) arasında bir yerde sınıflandırılan bu organizma, ya tek hücreli amipsi bir durumda, ya da bir hücre topluluğu halinde görülmektedir. Çok sayıda hücreden (yaklaşık 100.000) meydana gelen koloniler, sürünen bir sümüklüböcek şeklini

alır. Amerikalı profesör John T. Bonner, çok hücreliliğin kökeni karşısında heyecan duymuştu (bu temayı inceleyen 15 kitap yazmıştır). *Dictyostelium discoideum*'un garip şekline çok hücreli yaşamın öncülü olarak değer veriyordu. Bakınız Bonner J.T. 1998. "A way of following individual cells in the migrating slugs of *Dictyostelium discoideum*," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 95: 9355-59; aynı yazar. 2000. *First Signals: The Evolution of Multicellular Development* (Princeton: Princeton University Press); Cox E.C. ve J.T. Bonner. 2001. "The advantages of togetherness," *Science* 292: 448-49.

6. Hücrelerin birbirine bağlanma stratejilerini inceleyecek olursak, günümüzde pek çok bitki ve hayvan grubunda gördüğümüz davranışlara benzer olduğunu gözlemleriz. Dolayısıyla, birbirine komşu iki hücre arasında herhangi bir alışveriş meydana gelmediği ve hiçbiri diğerinin zararına yaşamadığı takdirde, *nötralizm* deyimi uygun olacaktır. Bir hücre umursamayan bir ortak rolünü üstlendiği ve diğer hücre de kendisini daha iyi beslemesine olanak sağlayan bu birliktelikten açık şekilde yarar elde ettiği takdirde, *ortakçılık* deyimi geçerlidir (bu deyim özellikle hayvanlar arasında kullanılmaktadır ve eğer umursamayan ortak bir bitkiyse, yarar sağlayan ortağa *epifit* adını veririz). İkinci hücrenin birinci hücre tarafından gönderilen maddeler sayesinde büyüdüğü, fakat karşılıklı yararlanmanın söz konusu olmadığı durumlarda *adelfoparazit* deyimi uygundur (bu deyim, aynı türden veya çok yakın bir türden beslenen bir paraziti tanımlamak için kullarulmaktadır; ayrıca, kırmızı alglerin dişi gametofitinin üstünde karposporofitin gelişmesini tanımlamak için de kullanılmaktadır). *Çok hücreli organizma* deyimi, iki yavru hücre arasında sembiyotik bir ilişkinin oluştuğu durumlar için kullanılır. İki hücre, her ikisi için de yararlı ve vazgeçilmez olan alışverişler kurarlar. Aslında bu, iki nesil hücre arasındaki bir *sembiyoz*dur (parazitologlar, *karşılıklı asalaklık* deyimini tercih ederler). Bunlar, genlere yazılı olan sosyal sözleşmelerdir. Bu türlerin yaşam döngülerinde o andan itibaren tamamen bağımsız herhangi bir yaşam olanaksızdır. Bu, hücresel toplumların başlangıcıdır.
7. Yeşil algler soyunun (Klorobionta) farklı cinslerden pek çok türü, dallanmamış sade bir hücre dizisinden meydana gelir.Bu arkaik çok hücreli durumun oluşmasına yol açan farklı stratejiler mevcuttur. Ana hücrenin ana eksenine dik bir duvar oluşumu, en sık karşılaşılan stratejidir (*Ulothrix, Uronema, Klebsormidium*). *Cylindrocapsa* soyunda iplikçik, bir dizi hücre bölünmesi ile oluşturulur. Fakat her hücre bölünmesinin ardından iki yavru hücre, orijinal hücre duvarının içinde birer uçlarından birbirlerine bağlı kalır (bakınız şekil 20d). Böylece, matruşka modeline göre inşa edilmiş bir iplikçik üretilmiş olur.
8. Tek hücreli fakat çok çekirdekli olan bu durum, cins kategorisine bağlı olarak sinsisyal, sönositsel veya sifonsu olarak adlandırılır.
9. Bazı stramenofiller (küf dahil bazı fikomiketler) ve bazı ömiketler (zigomiketler) gibi bin ipliksi mantar türü de sönositseldir. Amipsi mantarlar (miksomiketler veya Miketozoa), bin tür tarafından temsil edilir; her ergin amip, birkaç çekirdek içerebilir.
10. Bunlar, bazı kamçılılar (*infusoria*) ve tek hücreli parazitler olan microsporidiaların gelişme aşamalarıdır. Çok çekirdekli bu tek hücreliler, 3 milimetreye kadar uzunluklara ulaşabilir.

11. Cladoforales cinsi (yeşil algler, Klorofitlere mensuptur) ve pek çok kırmızı algler (Rodofitler) çok çekirdekli bölümlere sahiptir. Bu özellik, kas hücrelerimiz gibi bazı hayvan hücrelerinde de görülür.
12. *Grypania* cinsi, 1,874 milyar yıl öncesine kadar tarihlenen kayalarda izler bırakmıştır. Bu gizemli cinse ait pek çok fosil, çeşitli yerlerde, daha sonraki bir milyar yıl içinde çeşitli dönemlere tarihlenen kayaların içine gömülü olarak bulunmuştur (Han ve Runnegar, "Megascopic eukaryotic algae from the 2.1-billion-year-old Negaunee iron-formation, Michigan"). Dasycladaleler ailesi (sifonlu yeşil algler), Prekambriyen döneminde ortaya çıkmıştır. *Vaucheria* türünden başka bir alg, kayalara gömülmüş, çıplak gözle görülebilen ilk algdir (750 milyon yıl öncesine tarihlenmiştir). *Vaucheria* türü (Straminofiller, Zantofikeler), günümüzde hâlâ bulunmaktadır. Bitkisel araçları, her biri içinde çok sayıda çekirdek bulunan hücrelerden meydana gelen, saç gibi ince ipliklerden oluşmaktadır (Butterfield N. 2002. "A Vaucheria-like fossil from the Neoproterozoic of Spitsbergen," *Proceedings of the Denver annual meeting of the Geological Society of America* 75: 3).
13. Çok hücreli hayvanların evrimine dair sinsisyal kuram, ilk olarak 1953 yılında Jovan Hadzi tarafından ileri sürülmüştü. Earl D. Hanson tarafından 1958 yılında savunulan bu varsayımı Stephen J. Gould da benimsemişti. Hanson'a göre, bir iç boşluğa (acoelomate) sahip olmayan en basit modern barsak kurtları (yassı kurtlar), birden fazla çekirdekli kamçılıların bölümlenmesiyle ortaya çıkmıştı. (Bakınız Gould, *The Panda's Thumb* [bakınız bölüm 24]; Hadzi J. 1953 "An attempt to reconstruct the system of animal classification," *Systematic Zoology* 2: 145-54; aynı yazar. 1963. *The Evolution of the Metazoa* [New York: Macmillan]; Hanson E.D. 1958. "On the origin of the Eumetazoa," *Systematic Zoology* 7: 16-47; aynı yazar. 1977. *The Origin and Early Evolution of Animals* [Middletown, CT: Wesleyan University Press]). Gecikmiş hücre bölünmesi senaryosu, aslında *Dictyosphaeria* (Şekil 18A) ve diğer Siphonokladaller (yeşil algler, Klorofita) gibi algler arasında yaygındır. *Dictyosphaeria*'da, iç hacmin bölümlenmesi (ayırıcı hücre bölünmesi) sonucunda çıplak gözle görülebilen çok hücreli bir topun merkezinde, içinde çok sayıda çekirdek bulunan dev bir hücre veya kese bulunur (Şekil 20A). Bakınız Enomoto S., T. Hori ve K. Okuda. 1982. "Culture studies of *Dictyosphaeria* (Chlorophyceae, Siphonokladaller). II. Morphological analysis of segregative cell division in *Dictyosphaeria cavernosa*," *Japanese Journal of Phycology* 30: 103-12.
14. Genetikçiler, barsak solucanlarının platyhelminth olmadığını, çift taraflı çok hücreli hayvanların en basit üyeleri olduklarını göstermiştir. Carranza S., J. Baguña ve M. Riutort. 1997. "Are the Platyhelminthes a monophyletic primitive group? An assessment using 18s rDNA sequences," *Molecular Biology and Evolution* 14: 485-97; Ruiz-Trillo I., M. Riutort, D.T.J. Littlewood, E.A. Herniou ve J. Baguña. 1999. "Acoel flatworms: earliest extant bilateral metazoans, not members of Platyhelminthes," *Science* 283: 1 919-23.
15. Caulerpales ailesine mensup yeşil alglerin (Ulvophyceae, Chlorobionta) arasında, deniz tabanı üzerinde sürünen (boyu üç metreye kadar olabilen) bir koldan (stolon), spermatofit (tohum bitkisi) yapraklarına çok benzeyen bileşik yapraklılardan ve köklerin rolüne benzer bir role sahip kök lifi (rhizoid) demetlerinden oluşan sönositsel temsilcilerle karşılaşmaktayız.

16. Butterfield ve diğerleri., "A bangiophyte re dalga from the Proterozoic of arctic Canada"; Butterfield N.J., "*Bangiomorpha pubescens* n. gen., n. sp.: implications for the evolution of sex, multicellularity and the Mesoproterozoic/Neoproterozoic radiation of Eukaryotes."
17. Dallanmayan yeşil alg *Ulothrix*'in (Ulvophyceae, Chlorobionta) bütün benzer hücreleri bölünebilir.
18. Zygnematophyceae (Chlorobionta) sınıfına mensup, dallanmamış bir hücre iplikçiği meydana getiren pek çok türünün bütün hücreleri, spora dönüşebilir (*Mougeotia, Spyrogyra* ve *Zygnema* türleri)
19. İpliksi kırmızı alglerde benzeri olmayan bir apikal büyüme görülür; bunlar, bazen *Rhodochaete parvula*'da (rodofitler) olduğu gibi, dallanırlar. Kahverengi alglerde, sadece belli iplikçiklerin uçlarındaki hücrelerin bölümlendiği, geri kalan iplikçiklerde içinde hücrelerin bölüneceği özel bir 'eklenmiş' bölgenin bulunduğu (bu, aslında bir sürgen dokudur) *Ectocarpus*'u söyleyebilirim.
20. Burada elbette Edward O. Wilson'un çalışmasına göz kırpmaktayım. E.O. Wilson, titiz araştırmaları ve özellikle karıncalar konusunu kapsayan pek çok eseri nedeniyle, hayvan davranışlarının belli yönleri üzerinde en tanınmış yazardır. Önemli eserleri arasında şunlar bulunur: Wilson E.O. 1975. *Sociobiology: The New Synthesis* (Cambridge, MA: Harvard University Press); Hölldobler B. ve E.O. Wilson. 1994. *Journey to the Ants* (Cambridge, MA: Harvard University Press).
21. Belçikalı biyolog Christian de Duve, hücrelerin ortaklaşa hareketlerinin sağladığı yararları vurgulamıştır (de Duve, *Vital Dust* [bakınız bölüm 18]).
22. Hâlâ mevcut olan en eski hayvanlar arasında yassılaşmış şekiller de bulunmaktadır: acoelomate solucanlar (vücut boşluğu yoktur, fakat genetik çözümleme yolu ile Çift taraflılarla akraba oldukları gösterilmiştir) ve garip *Trichoplax adhaerens* (Placozoa grubunun tek üyesi) arada bir boşlukla ayrılmış iki hücre katmanından oluşan minik kabuklar.
23. Özellikle *Synura* (Chrysophyceae, Straminopiller), *Corymbellus aureus* (haptofitler) ve *Chaetosphaeridium* (Klebsormidiophyceae, Chlorobionta) türlerinde rastlanan, duvarı bir kamçılı hücre katmanından oluşan içi boş bir top şeklindeki planktonik hücre kolonileri.
24. Bu fosiller sadece tek bir bölgede, Çin'in güneybatısında bulunmuştur. Bakınız Xiao S., Y. Zhang ve A.H. Knoll. 1998. "Three-dimensional preservation of algae and animal embryos in a Neoproterozoic phosphorite," *Nature* 391: 553-58; Xiao S.. 2002. "Mitotic topologies and Mechanics of Neoproterozoic algae and animal embryos," *Paleobiology* 28: 244-50; Li C.-W., J.-Y. Chen ve T.-E. Hua. 1998. "Precambrian sponges with cellular structures," *Science* 279: 879-82; Chen Y.-J., P. Oliveri, C.-W. Li, G.-Q. Zhou, F. Gao, J.W. Hagadorn, K.J. Peterson ve E.H. Davidson. 2000. "Precambrian animal Diversity: putative phosphatized embryos from the Doushanto formation in China," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 97: 4457-62.
25. Stephen J. Gould, içinde Haeckel'in çizimlerinin çok hücreli hayvanlara ait ilk fosillerin görüntüleriyle karşılaştırıldığı iki resim sunmuştur (Gould S.J. 2000. *The Lying Stones of*

Marrakech: Penultimate Reflections in Natural History [New York: Harmony Books]; bakınız bölüm 21).

26. Filogenez (Phylogenesis, Yunanca'da ırk ve yaratılış anlamına gelen *phulon* kelimesinden), türlerin oluşma şekline, ilgili organizmaların türlerinin, soylarının ve gruplarının evrimsel tarihine atıfta bulunmaktadır. Ontogenez (Yunanca'da olmak, varlık ve yaratılış anlamına gelen *onto* kelimesinden), döllenmiş yumurtadan erginliğe kadar bir bireyin gelişimine atıfta bulunur (*ontogeni* kelimesi de kullanılır).
27. Morula aşaması, ilk bölünmeden sonra bütün hücrelerin hâlâ birleşik olduğu şekildir.
28. Blastula aşaması, tek bir hücre katmanından oluşan boş bir toptur; boşluğa blastocoel adı verilir.
29. Briyofitlerin ilkel çok hücreli iplikçiğine protonema adı verilir.
30. Stephen J. Gould, ilk kitabını ontogeni ve filogeni arasındaki tartışmalı benzerlik konusuna ayırmıştır. (Gould S.J. 1977. *Ontogeny and Phylogeny* [Cambridge, MA: Harvard University Press]).
31. Yakalı kamçılıların süngerlerdeki yakalı kamçılı hücrelere benzerliği, yaklaşık bir yüzyıl önce belirlenmiştir. Günümüzde, bu tek hücreli türlerden yaklaşık 150 tanesi mevcuttur. Ayrıca, değişik türlerde tek hücreli alg kolonilerinin şekillerinin yakalı kamçılı hücre kolonilerinin şekillerine büyük ölçüde benzediğine dikkat etmekte yarar vardır. Kamçıları bir yakanın tabanında bulunan *Synura* (Chrysophyceae, Straminopiller), *Corymbellus* (haptofitler) ve *Chaetosphaeridium* (Kelbsormidiophyceae, Chlorobionta) örneklerini verebilirim.
32. Proteinler ve genler üzerinde yapılan araştırmalar, yakalı kamçılılar ile süngerler arasında güçlü bir benzerlik göstermektedir. King N. Ve S.B. Carroll. 2001. "A receptor tyrosine kinase from choanoflagellates: molecular insights into early animal revolution," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 98: 15032-37; Snell E.A., R.F. Furlong ve P.W. Holland. 2001. "Hsp 70 sequences indicate that choanoflagellates are closely related to Animals," *Current Biology* 11: 967-70.
33. Şekillerin seçimi, kesinlikle birden çok fiziksel (özgül ağırlık ve yüzey gerilimi gibi) ve kimyasal (protein şeklini belirlemede olduğu gibi) kısıtlama tarafından yönlendirilir. İngiliz biyolog D'Arcy Wentworth Thompson (1860-1948), yaşamın ayrıntılandırılmasında bu kısıtlamaların çok önemli bir rol oynadığını (hatta bu rolün bazen doğal seçilimin ve gelişigüzel mutasyonun rolünü gölgeleyecek derecede olduğunu) düşünen kuramcılar ekolünü kurmuştur (Thompson, *On Growth and Form*).
34. John Maynard Smith (1920-2004), çok hücreli türlerin gelişimini modüler olarak tarif etmiştir. Smith'e göre, sürekli, aşamalı evrime olanak sağlayan şekil, budur. Evrim, modüllerin gelişmesi sırasında son aşamaları değiştirir, başlangıçtaki düzeni bozulmamış şekilde bırakır (Maynard Smith J. 1998. *Shaping Life: Genes, Embryos and Evolution* [Londra: Weidenfeld & Nicholson]).
35. Bir döletin ilk hücreleri, farklılaşmamıştır. Bunlara totipotent, yani evrimin bütün potansiyelini muhafaza eden hücre adı verilir ve üzerlerinde yaygın şekilde uygulamalı araştırmalar yapılmaktadır: bu hücrelerin klonlanması, herhangi bir hücre dokusunu yeniden yaratacak yamalar elde edilmesini sağlayabilir.

36. King ve Wilson, "Evolution at two levels in humans and chimpanzees"; The chimpanzee sequency and analysis consortium, "Initial sequence of chimpanzee genome and comparison with the human genome"; Li ve Saunders, "The chimpanzee and us."
37. 200'den fazla yazardan oluşan bir konsorsiyum, fare genomunun ilk dizilimini yayımlamıştır (Mouse genome sequencing consortium and mouse genome analysis group. 2000. "Initial sequencing and comparative analysis of mouse genome," *Nature* 420: 520-62).
38. Stephen J. Gould, evrimin artan karmaşıklığa doğru kaçınılmaz bir şekilde ilerlemesinin nedeninin etkin bir eğilim olması değil, evrime açık olan yolların mantıksal bir sonucu olduğu yolundaki ilkeyi geliştirmiştir (Gould, *Life's Grandeur* [bakınız bölüm 14]).
39. Bakterilerden daha basit (virüsler dışında) canlı organizmalar hakkında kabul edilmiş bilginin olmadığı hakkında bölüm 2'nin başlangıcında bilgi vermiştim.
40. "Birlikten kuvvet doğar" - Fransızcası "L'union fait la force" - sözü, Fransızca konuşan insanlarla Flamanca konuşan insanların aynı ulus içinde birbirine bağlandığı Belçika'nın ulusal sloganıdır. Birlik olmak, tarih boyunca medeniyetlere daima kuvvet kazandırmıştır. Birlik kelimesi, Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, Avrupa Birliği gibi, ulus isimlerinde de bulunur.
41. Çok hücreli türleri bulunan altı farklı klorofilli bitki soyu şunlardır: yeşil bitkiler (Klorofit soylarının veya bütün yeşil bitkileri kapsayan Chlorobionta'nın parçası olan Chlorophyceae veya Ulvophyceae dahil), kırmızı algler (rodofitler veya Rhodobionta), kahverengi algler (temel olarak, Straminopillerin parçası olan Phaeophyceae) ve çok hücreli türlerin azınlıkta olduğu üç diğer soydan meydana gelir. Bu üç soy, haptofitler (genellikle tek hücreli, fakat *Pleurochrysis* sınıfındakiler gibi bazı türlerde çok hücreli aşamalar bulunmaktadır), kriptofitler (tek hücreli algler, çok hücreli *Bjornbergiella* hariç) ve dinofitler (tek hücreli algler, *Dinoclonium* cinsinden olanlar gibi çok hücreli aşamaları bulunan birkaç tür hariç).
42. Ana mantar sınıfları çok hücrelidir ve bir soya bağlıdır: ömiketler (her ikisi birlikte bölmeli mantarları, septomiketleri meydana getiren askomiketler ve bazidyomiketler dahil). Çok hücreli hayvanların bütün sınıfları, Metazoa soyunu meydana getirir.
43. Yaşam şekillerinin ayrıntılandırılması (morfogenez), biyolojide sık sık tartışılan bir konudur. Alman paleontolog Adolf Seilacher, organizmaların yapısını yönlendirebilecek üç etmen grubu tanımlamıştır: Genetik (türlerin tarihsel sermayesi), yapısal kısıtlamalar (şekilleri mantıksal mimarilere doğru yönlendiren fiziksel ve kimyasal kuvvetlerin tümü) ve ortama sağlanan uyum. Eksenlerden birinin diğer ikisine göre daha önemli olduğu konusunda tartışmalar çıkmaktadır. Seilacher, her birini diğerine eşit olarak görür: bu, onun üçgen kuramıdır (Seilacher, A. 1970. "Arbeitskonzept zur konstruktionsmorphologie," *Lethaia* 3: 393-96).
44. Gould, *The Panda's Thumb* (bakınız bölüm 3).
45. Canlı organizmaların yapılanmasını sağlayan kısıtlamaların önemi, ilk olarak 1917 yılında D'arcy W. Thompson tarafından ortaya atılmıştır (Thompson, *On Growth and Form*).Yolları sınırlandıran yapısal kısıtlamaların öneminin elle tutulabilir bir sonucu

olarak şansın yol açabileceği çakışmalar konusu, Simon Conway tarafından iki eserde tartışılmıştır (Conway Morris S. 1998. *The Crucible of Creation: The Burgess Shale and the Rise of Animals* [Oxford: Oxford University Press]; aynı yazar. 2003. *Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe* [Cambridge: Cambridge University Press]).

46. De Duve. *Singularities.*
47. Spinoza *Ethics*'i yazmaya 1662 yılında başladı, fakat bu eser 1677 yılında ölümüne kadar yayımlanmadı. Bu alıntılar, "Tanrı Hakkında" başlıklı birinci bölümün ekinden yapılmıştır.
48. Stephen J. Gould, palontolog Louis Dollo'nun eserlerine atıfta bulunmaktadır. Ona göre, olasılıkların basit bir şekilde hesaplanması, yakınsaklığın mükemmel benzerliğe yaklaşmasının olanaksızlığını göstermektedir. Gould, *The Panda's Thumb.*
49. Uzun zamandır algler (cyanophyceae) arasında sınıflandırılmakta olan siyanobakteriler, klorofil içeren, fotosentez yapan bakterilerdir. Günümüzdeki stromatolitler çok hücreli siyanobakterilerden meydana gelmektedir ve muhtemelen fosil stromatolitlerin de kökeninde bulunmaktadırlar (Schopf J.W. 2000. "The paleobiologic record of cyanobacterial evolution," Y.V. Brun ve L.J. Shimkets, editörler, *Prokaryotic Development* [Washington DC: ASM Press], 105-29).
50. Çok hücreli çeşitli siyanobakteriler, karmaşıklık derecelerine göre sınıflandırılmaktadırlar (bölüm 3 içinde şekil 5'e bakınız). Oscillatoriales'i (yalancı dallanmaları olan farklılaşmamış hücrelerden oluşan iplikçikler), Nostocales'i (hücresel farklılaşma gösteren dallanmasız iplikçikler: akineteler ve heterokistler) ve Stigonematales'i (bazen dallanan, hatta hücresel farklılaşma gösteren birkaç sıra şeklinde dizilmiş iplikçikler: akineteler ve heterokistler) bu şekilde ayırt ederiz. "Bilinen en eski akineteler, Batı Afrika'da bulunan yaklaşık 2.100 Ma (milyon yıl) önceye ait çörtlerin içinde korunmuştur. Jeokimyasal kanıtlar, oksijenin önce nitrojen bağlanmasını etkileyecek düzeylere eriştiğini ve dolayısıyla 2.450-2.320 Ma önce heterokist farklılaşmasının meydana geldiğini göstermektedir. Bu, filogenetik analizler ve jeolojik verilerle birleştirildiği zaman, hücre farklılaşması ile kendini gösteren ayrı soydan gelme siyanobakteriler 2.450 ve 2.100 Ma önce bir kez birbirinden uzaklaşmış olduğunu göstermektedir (Tomitani A., A.H. Kmoll, C.M. Cavanaugh ve T. Ohao. 2006. "The evolutionary diversification of Cyanobacteria. Molecular-phylogenetic and paleontological perspectives," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 103: 5442-47).
51. Bakteriyel evrim konusundaki önemli kuramcılardan biri olan W. Ford Doolittle, orijinal bakteri soyları arasında önemli ölçüde bir birleşme olduğunu gösteren bir şema sunmuştur. İlk endosembiyozlardan önce Arkeler ve Öbakteriler arasında pek çok gen alışverişi meydana gelmişti (Doolittle W.F. 1999. *"Phylogenetic classification and the universal tree," Science* 284: 2124-28).
52. John Maynard Smith türlerin programlı, modüler evrimini betimlemiştir. Bu bakış açısını açıklamak üzere, farenin ve sineğin gelişimi sırasında birbiri ardından etkinleştirilen Hox geni dizisini hatırlatmıştır. Bu tür yapılandırılmış programlama, bütün hayvanlarda bulunur (Maynard Smith, *Shaping Life*). Ayrıca, koloni halinde yaşayan Dictyose-

lium amiplerinde (bakınız yukarıda not 5) bir proteinin yokluğunun bu türe ait kolonilerde yüksek düzeyde yapılanmış bir sap oluşumunu engellediği gözlemlenmiştir. Bu proteine karşılık gelen gen, tanımlanmıştır (Enis H.L., D.N. Dao, S.U. Pukatzi ve R.H. Kessin. 2000. "*Dictyostelium* amoebae lacking an F-box protein form spores rather than stalk in chimeras with wild type," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 97: 3292-97.

53. John Maynard Smith, yaşamın evrimi için öne sürülen iki materyalist yaklaşımı tarif etmek için bilgilerin işlenmesini, genetik olarak programlanmış gelişimin düzenlenmesini ve kontrol edilmesini yaşamın holistik (sistemik) bakımdan temel olarak fizik ve kimyanın karşı gelinmesi mümkün olmayan yasaları tarafından yönlendirilen dinamik, mekanik bir kendi kendini örgütleme olarak gören redüksiyoncu bakış açısını ayırt etmiştir (Maynard Smith, *Shaping Life*).
54. Bitki ve hayvan şekillerinden oluşan ve biyolojik çeşitliliği temsil eden bir spiral, Fransız ulusal parklarının amblemidir.

Bölüm 8
Candide, Jurassic Park ve Nuh

1. *Candide, ou l'optimisme*, 1759 yılında yayımlanmış bir felsefi masaldır. Yazarı, Voltaire mahlası ile yazan François-Marie Arouet, o sırada 64 yaşındaydı (Voltaire. 1759. Candide, ou l'optimisme, traduit de l'allemand de Mr le Docteur Ralph [Geneva: Cramer]; ABD baskısı: 2000. Candide and Related Texts [Indianapolis: Hackett]).
2. Voltaire, önceden belirlenmiş nedenlere inanan Aristo'nun taraftarları ile başlangıçta belirlenmesi mümkün olmayan aşamalı uyum sağlamayı benimseyen Lucretius'un izleyenleri arasındaki eski felsefi tartışmayı yeniden ateşlemişti. Voltaire, *Candide*'i önceden belirlenmiş nedenlerin lehine olan görüşlerini yeni ortaya atmış bulunan Alman filozof Gottfried Wilhelm Leibniz'i (1646-1716) eleştirmek için yazmıştır.
3. Voltaire, *Candide* (sayfa 2'den alıntı). Biyologlar, ortaya çıkışından bu yana Pangloss'un karikatürünü kullanarak, doğada bir erekliliği haklı gösterme eğilimi içinde olan ve Aristo'ya, Leibniz'e ve Schopenhauer'e (1788-1860) atfedilen erekçilik kuramına karşı çıkmışlardır. Bu kurama göre Tanrı, bütün varlıkları kendi hedeflerine göre yaratmıştır, her şey önceden belirlenmiştir. Örneğin, burun, gözlükleri tutmak için yaratılmıştır. Biraz genişletilerek, evrimi sağlanan belli bir uyum ile bağlantılı gören bütün tanımlamalara panglossçu adı verilmektedir; bu görüş, doğal seçilimin çoklu kısıtlamalara sahip işlevlere sürekli olarak fırsatçı ikincil uyumlar yaratan çoklu yönlendirmesini görmezden gelmektedir.
4. "Tout va trés bien Madama la Marquise" (Her şey yolunda mı Madam?", Ray Ventura orkestrasının üyelerinden Paul Misraki tarafından yazılmış meşhur bir Fransızca şarkıdır (© 1936 Ventura/Tutti/Warner Chappell).
5. Stoacılık, Atina'da Citium'lu Zeno (MÖ 336-264) tarafından yaratılan bir felsefedir. Stoacılar kadere karşı gelmezler; onu daima iyi karşılarlar. Romalı Seneca (MS 43-56), stoacılığın en tanınmış taraftarlarından biriydi. Felsefi duruşu ile uyum içerisinde, İmpa-

rator tarafından emredilince intihar etti. Tıpkı Pangloss gibi, Seneca da bir öğretmendi (öğrencisi, imparator Neron idi).

6. *Dinozor* kelimesi, ilk olarak 1842 yılında İngiliz paleontolog Richard Owen (1804-1892) tarafından önerilmiştir. "Korku verici kertenkele" anlamına gelir ve keşfedilen ilk fosil sürüngenler grubunu ifade eder (*Megalosaurus* ve *Iguanodon*).
7. 1950'li yıllarda dinozorların spermlerinin vücutlarının içinde bulunan erbezlerinde bu canavarların metabolizmaları tarafından aşırı ısıtılma sonucu değişime uğradığı yolunda bir kuram üretilmişti. Bu görüşe göre memeliler erbezleri vücutlarının dışında olduğu için hayatta kalmıştı. Elbette bu, çılgınca bir fikirdir.
8. Meteor varsayımı başlangıçta öncelikle birbirinin akrabası olan iki bilim insanı tarafından savunulmuştu: baba, fizikçi ve Nobel ödülü sahibi Luiz W. Alvarez (1911-1988) ve oğul, jeolog Walter Alvarez. Bakınız Alvarez L.W., W. Alvarez, F. Asaro ve H.V. Michel. 1980. "Extraterrestrial cause for the Cretacous-Tertiary extinction: experimental results and theoretical interpretation," *Science* 208: 1095-108; Alvarez W. 1997. T. Rex *and the Crater of Doom* (Princeton NJ: Princeton University Press). Varsayımları başlangıçta epeyce tartışıldı. Bu varsayım etrafındaki polemikler ve bilimsel tartışmalar, kolektif bir çalışmada özetlenmiş ve incelenmiştir. Bakınız Glen E., editör. 1994. *The Mass-Extinction Debates: How Science Works in a Crisis* (Stanford University Press).
9. Hergé mahlasını kullanan Georges Remi (1907-1983), 1946 yılında yayımladığı bir çizgi romanda bir meteorun denize düştüğünü, etrafa zarar vermediğini fakat ortaya dev organizmalar çıkardığını betimledi (Hergé. 1946. *Les aventures de Tintin et Milou. L'étoile mystérieuse* [Tournai: Casterman]; Amerikan baskısı: *The Adventures of Tintin: The Shooting Star* [Boston: Little, Brown, 1978]).
10. Virginia Tech Üniversitesi'nde bir jeolog olan Dewey Mclean, Deccan bazaltları ile Cretaceous-Tertiary kitlesel yok oluşları arasındaki bağlantıyı ilk kuran kişidir. Fakat hepsinin üzerinde, bu alternatif açıklama, Fransız jeolog Vincent E. Courtillot tarafından önerilmiştir. Yanardağ patlamalarının kitlesel yok oluşlar üzerindeki rolünün bilim topluluğu tarafından dikkate alınması için verdiği savaşı anlatan bir kitap yazmıştır. Bakınız McLean F.M. 1982. "Deccan volcanism and the Cretaceous-Tertiary transition scenario: a unifying causal mechanism," *Syllogeus* 39: 143-44; Courtillot V.E. 1986. "What caused the mass extinction? A volcanic eruption," *Scientific American* 263: 85-92; aynı yazar. 1999. *Evolutionary Catastrophes: The Science of Mass Extinction* (Cambridge: Cambridge University Press).
11. Deccan, batı Hindistan'da bir bölgenin adıdır. Deccan merdivenleri, dağlara güzel bir çizgili görünüm kazandıran üst üste yığılmış bazaltlı lav akıntılarıdır. Lav katmanının yüksekliği 2.000 metreye kadar ulaşır ve 500.000 kilometrekareden daha geniş bir alana yayılır. Nice, Sophia Antipolis Üniversitesi'ndeki meslektaşlarımdan biri olan Gilbert Féraud, argon izotopları kullanarak bu oluşumlar için hassas bir tarihleme yapmıştır; kendisine göre, Deccan lavlarının birbiri ardına gelen bu devasa püskürmeleri, 63 ila 67 milyon yıl önce olmuştur.
12. Baron L.N.F. Cuvier (Georges Cuvier), yaşayan dünyanın felaketler tarafından periyodik olarak yok edildiği kuramını (küresel devrimler) ortaya atan ilk kişidir: "Eski za-

manlarda yaşayan türler, günümüzdekiler kadar değişmezdiler, yoksa acaba onları yok eden felaket, onlara değişiklik üretecek kadar zaman tanımadı mı? Sayılamayacak kadar çok canlı, bu felaketlerin kurbanı olmuştur; kuru topraklarda yaşayanlar sellerin altında kalmış, okyanusların kalbini dolduran başkaları deniz tabanının aniden yükselmesi nedeniyle kurumuş, ırkları sonsuza kadar ortadan kalkmış, geriye yalnızca bir doğa bilimci tarafından zar zor anlaşılabilen bir yıkıntı kalmıştır" (Cuvier G. 1815. *Discours sur les révolutions de la surface du globe, et sur les changemens qu'elles on produits dans le régme animal.* 3. baskı. [Paris: Dufour et D'Ocagne]; ilk baskı, 1812 yılında bu çalışmanın "discourse preliminaire"i olarak, *Recherches sur le assemens fossilles de quadrupédes: où l' on rétablit les caractéres de plusieurs espéces d'animaux que les révolutions du globe paroissent avoir détruites* adıyla yayımlanmıştır [Paris: Déterville]. Ian Johnson tarafından yapılan çevirisi http://www.mala.bc.ca/~Ejohnstoi/cuvier.htm adresinde bulunmaktadır.

13. Aşağıdaki üç yayın, çok eskiden birkaç kez aşırı buzullaşma dönemi yaşandığını düşündüren veriler sunmaktadır: Kirschvink, "Late Proterozoic low-latitude global glaciation: the snowball Earth", Schopf ve Klein, editörler, *The Proterozoic Biosphere*, 51-52; Kirschvink ve diğerleri, "Paleoproterozoic snowball Earth: extreme climatic and geochemical global change and its biological consequences"; Hoffman ve diğerleri, "A neoproterozoic snowball Earth."
14. Bu fosiller ilk olarak 1947 yılında Güney Avustralya'da Adelaide eyaletinin 650 kilometre kuzeyindeki Ediacara tepelerinde bulunmuştur. Bu kalıntılar, 565 ila 543 milyon yıl önce yaşamış deniz hayvanlarının kalıntılarıdır. O zamandan bu yana, aynı döneme tarihlenen benzer şekillere sahip pek çok yumuşak hayvan fosili, bütün kıtalarda yapılan kazılarda bulunmuştur.
15. Pennatulacea'lar, yumuşak mercanlardır. Bu süzücülerin modern temsilcilerini Nice yakınlarında, yaklaşık 50 metre derinlikte görmüştüm. Bunlar, denizin alt katmanına büyük bir bayır turpuna benzeyen bir uzantı vasıtası ile demirleyen tüylere benzemektedir.
16. Tommotia hayvanları, hayvan evriminde önemli bir aşamayı göstermektedir. Ediacara dönemine ait hayvan kalıntılarının aksine, bunlarda kalkerleşmiş kısımlar bulunmaktadır (bunlar, iyi korunan ve keşfedilen kısımlardır). Bu hayvanların fosilleri, 530 milyon yıl önceye tarihlenmektedir ve dünyanın her tarafında pek çok yerde bulunmuşlardır. Fakat bunların izleri, birkaç milyon yıl sonrasına tarihlenen kayalarda mevcut değildir. Bu hayvanların minik kalkerli şeritlerinin, iğnelerinin veya taslarının içinde neyin bulunduğunu veya onları neyin desteklediğini kimse bilmemektedir.
17. Hou X.-G., R.J. Aldridge, I. Bergström, D. Siveter, D. Siveter ve F. Xiang-Hong. 2004. *The Cambrian Fossils of Chengjiang, China: The Flowering of Early Animal Life* (Oxford: Blackwell).
18. Burgess fosilleri çoğunlukla koyu renk izler (karbon içeren organik madde kalıntıları) tarafından temsil edilir. Bu hayvanların yumuşak kısımları, bu yüzden genel şekillerini tekrar oluşturmamıza olanak sağlayan izler bırakmıştır.
19. *Pikaia gracilens* ilk olarak 1910 yılında Walcort tarafından 5 santimetre uzunlukta kalın bir şerit şeklindeki basit bir halkalı solucan olarak tanımlanmıştır. 1980'lerin sonlarına

doğru Simon Conway Morris, *Pikaia* fosil örneklerinin tamamını yeniden incelemiş ve bunların chordata sınıfının üyeleri olduğuna, yani bir omurgalarının ve omuriliklerinin bulunduğuna şüphe olmadığı sonucuna varmıştır. Bu nedenle bunlar, bizim de dahil olduğumuz omurgalılar sınıfının en yaşlı temsilcileridir. O zamandan bu yana, *Pikaia*'ya benzer başka chordata fosilleri Çin'de, 500 milyon yıldan daha önceye tarihlenen kayaların içinde bulunmuştur. Bakınız Chen J.-Y., J. Dzik, G.D. Edgecombe, L. Ramsköld, ve G.-Q. Zhou. 1995. "A possible early Cambrian chordate," *Nature* 377: 720-22; Shu D.-G., S. Conway Morris ve X.-L. Zhang. 1996. "A *Pikaia*-like chordate from the lower Cambrian of China," *Nature* 384: 157-58.

20. 1970 ve 80'lerde Harry Whittington ve Simon Conway Morris, Burgess fosil türleri için Walcott tarafından yapılandan farklı bir sınıflandırmayı tanımlayan birkaç düzine makale yayımlamışlardır.
21. Stephen J. Gould dahi yaşamın atası olan canlılar hakkındaki belirsizlik tuzağına düşmüş ve bundan üzüntü duymuştur. 1989 yılında yayımlanan *Wonderful Life* adlı kitabında Burgess şistlerindeki hayvan fosillerinin olağanüstü çeşitliliğini uzun uzadıya anlatmıştır. Bahsedilen alışılmıştan farklı hayvanlar arasında *Hallucigenia*, önde gelmekteydi. Bu yaratık bilinen diğer vücut planlarından o kadar farklıydı ki, Gould onun başka bir hayvanın bir parça olabileceğini düşünmüştü. Üç yıl sonra, 1993 yılında yayımlanan başka bir kitap olan *Eight Little Piggies*'te Gould, *Hallucigenia*'yı ters çevirmeyi nasıl öğrendiğini (daha önceki bütün yorumlar, hayvanı ters betimlemekteydi), o noktada şeklinin evrim sistematiğinde solucanlarla eklembacaklılar arasında bir yere yerleştirilen onikoforanların fosil ve canlı türlerine benzediğini anlatmıştır (Gould, *Wonderful Life*; Gould, *Eight Little Piggies* [bakınız bölüm 24]). Bu hata, Burgess hayvanlarını inceleyen baş araştırmacı olan Simon Conway Morris tarafından da geniş şekilde tartışılmıştır. Morris, içinde esas olarak bu hayvanlar üzerindeki araştırmalarını anlattığı bir kitapta, başlangıçta iki ayrı fosil olarak tanımlanan *Anomalocaris* ile ilgili başka bir yorumlama hatasına da işaret etmektedir. Bu hatalardan bağımsız olarak, Conway Morris, Burgess'te fosilleşmiş bazı hayvan formlarının yeniliği üzerinde Gould'dan çok farklı bir görüşü savunmaktadır (Gould onların soyunun tükendiğini, Conway Morris ise bir geçiş formu olduklarını düşünüyordu) (Conway Morris, *The Crucible of Creation*).
22. Opabinia cinsi, fosilleşmiş Burgess türleri arasında en garip olandır. Uzun zamandır antik bir eklembacaklı olduğu zannedilen bu cinsin, şimdi bilinen hiçbir hayvan soyuna ait olmadığı düşünülmektedir.
23. Gould, *Wonderful Life*. Ayrıca, Walter D. Walcott hakkındaki tarihi araştırmasına da bakınız: Gould, *Eight Little Piggies* (Bölüm 15).
24. Olsen P.E., D.V. Kent, H.-D. Sues, C. Koeberl, H. Huber, A. Montanari, E.C. Rainforth, S.J. Fowell, M.J. Szajna ve B.W. Hartline. 2002. "Ascent of dinosaurs linked to an iridium anomaly at the Trassic-Jurassic Boundary," *Science* 296: 1305-7.
25. Amerikalı bir paleontolog olan David M. Raup, yok oluşun türleşmeye karşı çıkan bir güç olarak önemini en çok vurgulayan kişidir. Onun görüşüne göre, kitlesel yok oluşu göz ardı etmek, ölüm oranını hesaba katmadan demografiyi incelemeye benzer. Bakı-

nız Raup D.M. 1995. "The role of extinction in evolution" Fitch ve Ayala, editörler, *Tempo and Mode in Evolution*, 109-24; Raup, *Extinction: Bad Gene sor Bad Luck?*

26. İncil'de Nuh'un hikâyesi Yaratılış kitabının 5-9. bölümlerinde anlatılmaktadır. Tevrat'-ta aynı hikâye Yaratılış 6:9-11:32 içinde bulunur. Kuran'da Nuh'un hikâyesi, 71. surenin 28 ayetinde anlatılmıştır.
27. William B.F. Ryan ve William C. Pitman önderliğinde bir grup Amerikalı jeolog, 1997 yılında varsayımlarını destekleyen kanıtları öne sürerek tufana ilişkin yorumlarını yayımladılar. Onların görüşüne göre tufan, Akdeniz'in sularının aniden Karadeniz'e (o sırada Karadeniz, Akdeniz'den daha aşağıda bulunan bir tatlı su gölünden ibaretti) akması sonucunda ortaya çıkan gerçekten devasa bir sel olayıydı: Ryan W.B.F., W.C. Pitman III, L.O. Major, K. Shimkus, V. Moskalenko, G.A. Jones, P. Dimitrov, N. Görür, M. Sakınç ve H. Yüce. 1997. "An abrupt drowning of the Black Sea shelf," *Marine Geology* 138: 119-26; Ryan W.B.F. ve C. Pitman. 1999. *Noah's Flood: The New Scientific Discoveries about the Event that Changed History* (New York: Simon and Schuster).
28. William Ryan ve çalışma arkadaşları, Karadeniz'in dolmasının iki yıl sürdüğünü tahmin etmektedirler (bakınız not 27), fakat daha doğru hesaplamalar, 10 yıl civarındadır: Myers P., C. Wielki, S.B. Goldstein ve E.J. Rohling. 2003. "Hydraulic calculations of postglacial connections between the Mediterranean and the Black Sea," *Marine Geology* 201: 253-67.
29. Birkaç çalışma, William Ryan ve çalışma arkadaşları tarafından geliştirilen varsayıma zıt bir varsayım önermiştir (bakınız not 27): buna göre, Karadeniz, Marmara Denizi vasıtasıyla Akdeniz'e dökülmüştür. Olayın koşulları ve tarihi üzerinde büyük anlaşmazlıklar sürmektedir. Bakınız Aksu A.E., R.N. Hiscott ve D. Yaşar. 1999. "Oscillating quaternary water leverls of the Marmara Sea end vigorous outflow into the Aegean Sea from the Marmara Sea-Black Sea drainage corridor," *Marine Geology* 153: 275-302; Kerey R., E. Meriç, C. Tunoğlu, G. Kelling, R.I. Brenner ve A.U. Doğan. 2004. "Black Sea-Marmara Sea quaternary connections: new data from the Bosphorus, Istanbul, Turkey," *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology* 204: 277-95.
30. Fransız paleontolog Georges Cuvier, 1812 yılında Karadeniz'in Marmara Denizi üzerinden Akdeniz'e aktığı yolundaki eski görüşü şu ifadelerle eleştirmiştir: "Karadeniz'in ve Azak Denizi'nin iddia edilen küçülmesini Deucalion'un hükümdarlığı sırasında meydana geldiği varsayılan sel zamanında İstanbul Boğazı'nın yırtılmasına da bağlamak isteyenler olmuştur. ... Eğer Karadeniz zannedildiği kadar yüksek olsaydı, geçitlerin ve İstanbul Boğazı'nın şimdiki kenarlarından daha aşağıda olan ovaların arasından kendisine birkaç yol bulabilirdi. ... Günün birinde bu yeni geçitte art arda çökmeler meydana gelse dahi, bu kadar dar bir açıklıktan bir anda akması mümkün olan az miktarda su. ... Akdeniz'in muazzam kütlesinin içine birkaç adam boyundan daha yüksek dalgalar yaratmadan karışırdı." (*Discours sur les révolutions de la surface du globe, et sur les changemens qu'elles ont produits dans le régne animal* [bu bölümdeki not 12'ye bakınız]).
31. Tarihçiler, Nuh efsanesinin Yahudilere Mezopotamyalılar vasıtası ile aktarıldığını belirlemişlerdir. İncil'de yer alan, 2.900 yıl önceye tarihlenen bu efsane, 3.700 yıl önceye ait

(Nippur'da bulunan bir çivi yazılı tabletten anlaşıldığına göre) *Atrahesis Destanı*'nın (Akad dilinde yazılmıştır) daha yeni bir sürümü olan Gılgamış Destanı'ndan esinlenmiştir.

32. Voltaire. 1769. *Dictionnaire philosophique.* 5. baskı (Yeni baskısı, 1964. Paris: Garnier-Flammarion; ABD baskısı, *Philosophical Dictionary* [New York: Basic Boks, 1962]: bakınız tufan hakkındaki makale, sayfa 327-28'den alıntılar).
33. Gould. Ever Since Darwin. (bakınız bölüm 17; sayfa 172'den alıntı).
34. Stephen J. Gould, Whiston'un şaşırtıcı katastrofist kuramlarını şu kitapta geliştirmektedir: Gould S.J. 1991. *Bully for Brontosaurus: Reflections in Natural History* (New York: W.W. Norton; bakınız bölüm 25).
35. Yahudi-Hristiyan ve İslam doktrinleri, ilk peygamberler tarafından bildirildiği şekli ile yaşamın kökenine dair açıklamaları bilginin temeli olarak kabul ederler. Her ne kadar bu tür bilgilerin geliştirilmesinin gerekliliği teologlar tarafından genel olarak kabul edilmekte ise de, daima kutsal metinleri esas almak gerekir. Bu, manevi açıdan insan bilincinin sınırlarını aşan bir Yaratan Tanrı imajının kökenidir. Spinoza için iki kavramı birbirinden ayırmak önem taşıyordu; insanın bir emri anlamaya çalıştığı bir şeyle, yani itaati bilgiyle karıştırmaması gerekirdi.
36. İncil'de anlatılan Yaratılış'ta Tanrı, insanı kendi görüntüsünde, dünyadaki yaşama egemen olma gücüne sahip olarak yaratmıştır. Fakat Adem ile Havva elmayı, iyi ve kötü bilgisi ağacının yasaklanmış meyvesini yedikleri zaman, Tanrı bu şekilde kötü bilgilere sahip oldukları için onları cezalandırmıştır. Ölümlü olmalarının nedeni budur.
37. Amerikalı genetikçi Robert Pollack, evrim konusundaki bilimsel bilgiyi dinsel inanç ile bağdaştırmak için yaptığı bir çalışmada dini vahiylerle büyük bilimsel aydınlanmalar arasında benzerlikler bulmuştur. Her ikisi de mantık dışı, öngörülemez ve enderdir ve bilinmeyenden (ki Tanrı, onun bir parçasıdır) ortaya çıkarlar (Pollack R. 2000. *The Faith of Biology and the Biology of Faith* [New York: Columbia University Press]). Aynı şekilde, Amerikalı biyolog Kenneth R. Miller, evrimin içinde ilahi ruhun varlığını nasıl gördüğünü anlatmıştır. (Miller, *Finding Darwin's God*).
38. Leakey L. ve R. Lewin. 1995. *The Sixth Extinction: Pattern of Life and the Future of Humankind* (New York: Doubleday).
39. Bu paragraf, Darwinci biyolog ve mümin Kenneth R. Miller'in kitabını ve Papa John Paul II tarafından yazılan iki metni (1996 yılında piskoposlara gönderdiği "Fides et ratio" [İnanç ve mantık] genelgesi ve "The church and evolution" [kilise ve evrim] [Papa John Paul II tarafından 22 Ekim 1996 tarihinde Papalık Bilimler Akademisi genel kuruluna gönderilen mesaj] okuduktan sonra aldığım esinle yazılmıştır. Bakınız Miller, *Finding Darwin's God*)
40. Çok muhterem George Coyne ve Papa Benedict XVI'nın beyanatları, Associated Press tarafından 18 Kasım 2005 tarihinde "Vatikan'ın baş astronomu, 'akıllı tasarım'ın bilim sınıfında yeri olmadığını söyledi" başlıklı bir haber olarak duyurmuştur.
41. Paleontolog Simon Conway Morris, evrimde yakınsaklığın varlığı konusuna destek vermiştir. Onun görüşüne göre, bu tür yakınsaklıklar evrimde belirleyiciliğin daha faz-

la, şansın daha az olduğunu göstermektedir. Ona göre yaşamın evrimi bu nedenle kaçınılmaz bir şekilde akıllı yaratıklara yönelmiştir (Conway Morris, *Life's Solution*)

Bölüm 9
Evrim İpinin Ucu

1. Böyle bir saat kadranı, J. William Schopf'un *Cradle of Life* adlı bir kitabında gösterilmiştir. Ayrıca benzer bir kıyaslama da kullanılmış, evrim süresi bir yıllık bir takvim şekline indirgenmiştir. Bu ölçekte takvimin tamamı 4,5 milyar yıla karşılık gelmekte ve bir gün, 12,3 milyon yılı temsil etmektedir. Dolayısıyla bakteriler mart sonlarında, algler. Temmuz ayında, çok hücreli organizmalar Kasım ayında, omurgalılar Kasımın sonunda, memeliler Aralık ortalarında, primatlar 27 Aralıkta ve son olarak, insanların ataları 31 Aralık saat 17.00'de ve insan da 21.00 sularında ortaya çıkmıştır.
2. Lynn Margulis ve oğlu Dorion Sagan, evrim ipini sayfanın altına çizilen ve birkaç sayfa boyunca devam eden, en çok bilinen evrim olaylarının üzerine işaretlenmiş olduğu bir çizgi olarak kurgulamışlardır (Margulis L. ve D. Sagan. 1995. What is Life? [New York: Simon & Schuster; tıpkıbasım 2000. Berkeley: University of California Press]; bakınız bölüm 3).
3. Oksu ve çevrimsel zamanın değişik çağlar ve değişik kültürlerde algılanması konusu, Stephen J. Gould tarafından mükemmel bir şekilde incelenmiştir (Gould S.J. 1987. *Time's Arrow, Time's Cycle: Myth and metaphor in the Discovery of Geological Time* [Cambridge, MA: Harvard University Press]).
4. Teilhard de Chardin, bu evrim yollarını paralel ortogenezler olarak tarif etmiştir.
5. Seilacher, "Arbeitskonzept zur konstruktionsmorphologie."
6. Stephen J. Gould, Seilacher'in üçgeninin üç köşesinin göreceli önemini uzun uzadıya tartışmıştır (Gould, *The Structure of Evolutionary Theory* [bakınız bölüm 10]).
7. Bunlar, 1917 yılında D'Arcy W. Thompson tarafından açıklığa kavuşturulan kısıtlamalardır (Thompson, On Growth and Form).
8. Gould S.J. ve R.C. Lewontin. 1979. "The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme," *Proceedings of the Royal Society of London* B205: 581-98. Gould, evrimin anlaşılmasına yapılan bu önemli katkıdan gurur duyuyordu. Bunu son, kapsamlı eserinde uzun uzadıya tartışmıştır. Bakınız Gould, *The Structure of Evolutionary Theory* (bakınız bölüm 10).
9. Kemer üstü dolgusu, kaçınılması mümkün olmayan bir mimari elementtir: belirli bir şekildeki bir açıklığın üstünde bulunan alana verilen isimdir. Bingi, bitişik iki kemer arasında kalan kemer üstü dolgusuna verilen isimdir.
10. Bu anlamsal ayrıntı, Gould'u kendisini eleştirenleri yanıtlamaya, orijinal eser üzerinde görüş bildirmeye ve öngörülebilir bir şekle sahip olan fakat ikincil anlamda başka bir seçilmiş evrim yolunun sonucuymuş gibi görünen bütün yapılar için kemer üstü dolgusu anlamına gelen *spandrel* kelimesini önermeye sevk etmiştir. Bakınız Gould, S.J. 1997. "The exaptive excellence of spandrels as a term and a prototype," *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 94: 10750-55.

11. Stephen J. Gould, kendisi için her ne kadar kemer üstü dolgusu örneğinin anlamayı kolaylaştırdığının kanıtı olsa da, bu tartışmaların şiddeti karşısında şaşırmıştı. (Gould, "The exaptive excellence of spandrels as a term and prototype").
12. Bazilikayı ziyaret etmiş biri olarak, kelime dağarcığını kullanmada usta olan eğitimli Stephen J. Gould'un bazilikadan neden bir katedral olarak bahsettiğini anlayamıyorum (bazilika, bir sığınaktır; Venedik'tekinde de evangelist Mark'ın kalıntıları bulunmaktadır). Aynı şekilde, son kitaplarından birinde *dış dehliz* (veya katolik kiliselerinde giriş salonu, antre) olarak tanımladığı yerin mahallinde (Venedik'te) *atrium* (meydan ile kilise arasındaki geçit) olarak adlandırıldığı da dikkatimi çekti. Bakınız Gould, *I Have Landed* (bakınız bölüm 20).
13. Gould, evrim süreci boyunca meydana gelen işlev değişiklikleri için bu yeni kelimeyi önerirken meslektaşlarından biri ile, Elizabeth Vrba ile birlikte çalışmıştır. Gould S.J. ve E.S. Vrba. 1982. "Exaptation, a missing term in the science of form," *Paleobiology* 8: 4-15.
14. Bu türlerin doğal olarak yok oluşudur.
15. Bu, anagenez'dir.
16. Bu, kladogenez'dir. Paleontolog ve zoolog George Gaylord Simpson, türleşmenin zamana bağlı değişik şekilleri üzerinde ilk ayrıntılı incelemeyi yapmıştır. (Simpson, *Tempo and Mode in Evolution*).
17. Sepkoski J.J. 1997. "Biodiversity, past, present, and future," *Journal of Paleontology* 71:533-39.
18. George Gaylord Simpson, *Tempo and Mode in Evolution* adlı kitabında fosil formlarındaki değişik kararlılık derecelerine göre belirlenen üç evrim temposunu anlatmıştır:
    - *trakitelik türler*, hızla değişen (ortalama olarak sadece bir milyon yıl süren) türlerdir.
    - *horotelik* türler, ortalama olarak 10 milyon yıl görece değişmeden kalan türlerdir.
    - *braditelik* türler, uzun ömürlü (ortalama 100 milyon yıl) türlerdir. Meşhur coelecanth, ön-ayaklı balıklar gibi "yaşayan fosiller", bu gruba girer.
19. George Simpson evrim hızlarına bağlı olarak türleri üç kategoriye ayırdığı (bir önceki nota bakınız) sırada, Siyanobakterilerin olağan dışı devamlılık süresi bilinmemekteydi. Bu nedenle J. William Schopf, görünüşe göre ebedi olan (3,5 milyar yıl sonra aynı şekil) organizmalar için yeni bir ifade önermiştir: *hipobraditelik*. Bakınız Schopf, *Cradle of Life*.
20. Yaşamın bir özelliğini tarif etmek için bilim insanları tarafından (tekrar tekrar) yapılan bazı benzetmelerin veya edebi alıntıların gücü, beni çoğunlukla şaşırtmıştır. Bu bölümde Venedik'teki San Marco bazilikasının üçgen şeklindeki alanları benzetmesinden alıntı yaptım. Bu ve bundan önceki bölümlerde Candide'in öğretmeni olan Pangloss'tan bahsettim. Bunlar, organların önceden belirlenmiş bir hedefe ulaşmak için sıfırdan başlayıp evrim geçirmesi (göz görmek için, burun gözlük taşımak için evrim geçirmiştir ve bunun gibi) gibi, önceden belirlenmiş hedefler görüşünün, biyoloji alanındaki hedef yönelimli kuramlarla dalga geçmek için kullanılan karikatürleridir. En yaygın şekilde kullanılan başka bir benzetme de, Alis ve Kırmızı Kraliçe arasındaki benzetmedir. Bunlar, Lewis Carroll'un *Through the Looking-Glass* (Türkçe'ye Aynanın İçinden adıyla çevrilmiştir) adlı eserinin kahramanlarıdır. Küçük Alis'in elinden tutan Kırmızı

Kraliçe, aynı yerde kalabilmek için büyük bir hızla hareket etmek zorundadır. Böylece Alis, çılgınca bir yarışın içine girer ve etrafında hiçbir şeyin hareket etmediğini şaşkınlıkla görür. Alis'in kendini içinde bulduğu ülkede insanın koşmaya ara vermemesi gerekmektedir. Paleontolog Leigh Van Valen, çeşitli soylara ait fosil hayvanların hayatta kalış süreleri üzerindeki araştırmasının sonuçlarını göstermek için, bu görüntüden yararlanmıştır: türlerin sabit bir hızla birbirinin yerini aldığını keşfetmiştir. Dolayısıyla her tür, rekabete ve yaşam ortamındaki değişikliklere uyum sağlamak için evrim geçirmek zorundadır. Önce marjinalleşip sonra da ortadan kalkmanın önüne geçmek için, türlerin tıpkı Alis gibi çılgın bir yarış içine girmesi gerekmektedir - evrim yarışının. Bakınız Van Valen L. 1973. "A new evolutionary law," *Evolutionary Theory* 1: 1-30; Carroll L. 2001. *Through the Looking-Glass* (New York: Bloomsbury).

21. Bu, Richard B. Goldschmidt (1878-1958) tarafından oluşturulan *ümit verici canavar* kuramıdır: Goldschmidt R.B. 1940. *The Material Basis of Evolution* (New Haven, CT: Yale University Press).
22. Bu, Niles Eldredge ve Stephen J. Gould tarafından önerilen *kesintiye uğrayan denge* kuramıdır. Eldredge N. ve S.J. Gould. 1972. "Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism, " T.J.M. Schopf, editör, *Models in Paleobiology* (San Fransisco: Freeman, Cooper & Co), 82-115.
23. Kesintiye uğrayan denge kuramı, bütün türler için geçerli değildir. Evrimciler tarafından hararetli şekilde tartışılmıştır. Ölümünden önce Stephen J. Gould, evrimin sentezini yaptığı *The Structure of Evolutionary Theory* adlı kitabında kuramını ayrıntılı şekilde savunmuştur.
24. Leakey ve Lewin, *The Sixth Extinction*
25. Bu güzel ifadeyi Teilhard de Chardin'den ödünç aldım. Bakınız Teilhard de Chardin, *Le phénoméne humain.*
26. Profesör Robert T. Paine, 1989 yılında Uluslararası Ekoloji Enstitüsü'nün ECI ödülünü kazanmıştır. Bu, çevrebilimcilere verilen belki de en saygın ödüldür. Alfred Nobel (doğumu 1833, ölümü Nice'den 30 kilometre uzaklıktaki bir İtalyan şehri olan San Remo, 1896), çeşitli disiplinlerin temsilcilerine ödül dağıtılması için bir fon kurulmasını vasiyet etmiştir, fakat Nobel öldüğü zaman ortada olmayan çevre bilimi alanında bir Nobel ödülü mevcut değildir. ECI ödülüne, "Ekolojide Mükemmellik" serisinin içinde kazananın araştırmalarını özetleyen bir kitap yayımlanması da eşlik etmektedir (Paine R.T. 1994. *Marine rocky Shores and Community Ecology: An Experimentalist's Perspective*, Excellence in Ecology 4 [Oldendorf/Luhe, Almanya: Ecology Institute]).
27. Tatoosh Adası'ndaki deniz hayvanlarının ve bitkilerinin zengin fotoğraflarını içeren bir kitap, Anne Wertheim Rosenfeld ve Robert T. Paine tarafından yayımlanmıştır: Wertheim Rosenfeld A. ve R.T. Paine. 2002. *The Intertidal Wilderness* (Berkeley: University of California Press).
28. Seto İç Denizi'nin hidrolik modeli, Hiroşima'nın 20 kilometre kuzeyinde, Kure'deki Chugu Ulusal Sanayi Araştırma Enstitüsü'nde bulunmaktadır. Yatay olarak 1:2000, düşey olarak 1:159 ölçeğindeki model, 1973 yılında inşa edilmiştir. Havuz 7.000 metreka-

re alana sahiptir ve içinde 5.000 ton su bulunmaktadır. Sudaki gelgit hareketi, üç grup pompa tarafından sağlanmaktadır.

29. National Trust, İngiltere'nin kıyı bölgelerinde sanayileşmenin ve kentleşmenin etkisini sınırlamak için 1895 yılında kurulmuştur. Bugüne kadar bu fon, kıyı hattının yaklaşık 1.120 kilometresini almış ve korumuştur.
30. Conservatoire du Littoral, 1975 yılında kurulan bir Fransız kamu kuruluşudur. 2003 yılına kadar Fransa'da kıyı hattının yaklaşık 860 kilometresini almış ve korumuştur
31. Yaratılış 9:8-17.
32. MÖ 197 yılına kadar geriye uzanan usturlap, denizcilikte kullanılan en eski aletlerden biridir. Zamanı belirler ve enlem derecesini ölçer. Güneş veya akşam yıldızı ile ufuk arasındaki açıyı hassas bir şekilde ölçmek için icat edilmiştir. Denizci, astronomik tabloların yardımıyla saati ve bulunulan noktanın enlemini belirleyebilir. Usturlap ve haçlı asa, düşey ve yatay sekstantların ve mesafe ölçme çemberlerinin atasıdır.
33. Haçlı asa veya Jakob asası, Orta çağda Levi ben Gerson (1288-1344) tarafından icat edilmiştir. Hareketli iki parçadan meydana gelir: baston ve çapraz. Çaprazı bastonun üzerinde kaydırmak sureti ile, yıldızların ufka göre yüksekliğinin ölçülmesine olanak sağlar. Bu alet, Vasco de Gama ve Portekizli denizcilerin denizde enlemi belirlemesine olanak sağlamıştır.

Son Söz

1. Fransız ressam Pierre Brissaud (1885-1964), İngiltere Kraliçesi'nin Van Leeuwenhoek'in laboratuarını ziyaretini 1939 yılında Abbott ecza laboratuarı için gerçekçi bir biçimde yeniden canlandırmıştır. Van Leeuwenhoek her iki elinde birer mikroskop ile ayakta durmakta, başka bir mikroskopla bir şeyi inceleyen İngiltere Kraliçesi Mary II'ye bir şeyler anlatmaktadır. Bu sulu boya resmin siyah-beyaz bir tıpkıbasımı, Lisa Yount'un Van Leeuwenhoek hakkındaki kitabında bulunmaktadır (Yount, *Antoni van Leeuwenhoek*).
2. De Lamarck, *Discours d'ouverture du cours de l'An VIII* (bakınız bölüm 1, not 14).
3. Bu alıntılar, Darwin'in *On the Origin of Species* (484-85) adlı büyük eserinin son sayfalarından yapılmıştır.
4. Gould, *Full House.*
5. Stephen J. Gould'un kitabı, Full House: The Spread of Excellence from Plato to Darwin, evrimde gelişme görüşünün gizemini kaldırmakta ve foyasını meydana çıkartmaktadır (sayfa 216).
6. Provence-Alpler-Fransız Rivierası Bölgesi Ekonomik ve Sosyal Konseyi Çevre Komisyonu.
7. Bu ifade, ilk olarak Hollanda'nın büyük bölümünü yöneten Charles of Valois-Bourgogne (Charles the Bold: 1433-1477) tarafından kullanılmıştır. Bir yüzyıl sonra, Prens William de Orange (William the Silent: 1533-1584), bu sloganı benimsemiştir. İspanya'ya karşı yapılan ve Birleşik Eyaletlerin bağımsızlık kazanmasını sağlayan isyanı yönetmiştir.

Adem ve Havva; 18-19, 23, 259, 260, 304
Akdeniz; ix, 75-77, 144, 205-207, 227, 236, 266, 292, 303
akıllı tasarım; 128, 180, 212-213, 283, 304
Alabama; 75
alg-algler; çok sayıda
ALH84001; x, 25, 38-41, 43-48, 50, 52, 54, 266-271
Amerika; vii, 51, 59, 75, 81, 126, 188, 212, 235, 238-239, 259, 263, 272-273, 275, 278, 280, 285, 291, 293, 297, 302-304
Antarktika; 37-39, 41, 43-44, 46, 59, 273
Aristo; ix, 207, 299
arkebakteriler; 68, 93, 182, 273-274
arkeler; 79, 222, 298
Arrhenius, Svante; 36, 265
Art of Painting; 146
asteroit; 40, 191, 195
astrobiyoloji; 36, 54
Astronom; 1-2, 107, 131, 133, 180, 187, 214, 245-246
Australopithecus; 11, 17
Avrupa; vii, 13, 17, 53, 56, 60, 129, 188, 205, 247, 252, 297
Avustralya; 14, 28, 30-31, 75, 138, 196-197, 262, 266, 269, 275, 287, 301
Baretti, Giuseppe; 13
bazidyomiket; 297
Béart, Guy; 52
bencil gen; 121
Benedict XVI; 212, 283, 304
Bergson, Henri; 118, 283
bioum; 78
Birleşik Devletler; 16, 259
biyolojik kontrol; 75
blastula; 171, 296
British Columbia; 198, 234
Budizm; 120

Bulgaristan; 205
Burgess; 198, 200, 204, 210, 258, 288-289, 298, 301
Burgess hayvanları; 199, 201, 302
Burnet, Thomas; 209
Bush, George W.; 212
Büyük Petro; 247
Cactoblastis cactorum; 275
Callisto; 60
Cambridge Üniversitesi; 209
Candide; 188-190, 208, 225-226, 299, 306
Caulerpa; x, 37, 77-78, 89, 91, 98, 294
Caulerpa taxifolia; 75-76, 266, 275
Caulerpales; 37, 76, 98, 294
Charles II; 247
Chauvet Mağarası; 5, 21, 218, 257
Chengjiang; 198, 200-201, 288, 301
Chevalier, Tracy; 13, 136, 286
Chihuahua; 229
Christie Henry; viii
Clinton, Bill; 43
Coğrafyacı; 2, 107, 133, 245-246
Coralie; 55-56, 58, 63, 65
Cosmo II; 247
Courtillot; 193, 300
Coyne, George; 212, 304
Crick, Francis; 37, 51, 112, 127, 131, 211, 261, 266, 281, 284
Cuvier, Georges; 194-195, 300-301, 303
Çanakkale Boğazı; 205-206
çekirdek; ix, 74, 79-80, 91-100, 102, 139, 151, 167-169, 222, 277-278, 293-294
çok hücreli organizma; ix-x, 3-4, 68, 97, 141-142, 145, 147, 152, 158-161, 168, 172, 174-176, 181, 219, 221, 223, 249, 277, 293, 305
Daniel Simberloff; vii, 266
Darwin, Charles; ix, 15-16, 37, 51, 53, 79, 110, 115, 118-119, 121-122, 124-129, 131, 136, 154-155, 210-211, 229, 231, 248-249, 259, 274, 280, 284-286, 289, 292, 304, 308
Dawkins, Richard; 120-121, 123, 127-128, 260, 284-285
De Duve, Christian; 27, 179, 260-262, 285, 295
Deccan Merdivenleri; 300
Delft; 1, 106-107, 109, 125, 135, 146, 247, 279, 281
Den Haag; 247
Deniz tavşanları; 76-78, 81, 89, 98, 279
Descartes, René; 113, 281
dinozor; 69, 134, 149, 190-191, 193-194, 199, 201, 204, 210, 219, 223, 269, 300
DNA; x, 4, 26-27, 33-35, 37, 49, 51, 63, 79-80, 83-84, 88-90, 93, 95, 112-113, 120-121, 130, 134-135, 137, 168, 173, 203, 211, 222, 249-250, 261, 269, 273-274, 281, 284, 287
dodo; 233, 259
durgunluk; 232
Duve; 27, 179, 260-262, 295, 298
Dünya; çok sayıda
Ediacara hayvanları; 196-197, 204
Eflatun; 207
Einstein, Albert; x, 4, 131, 285
eksaptasyon; 228
Eldredge, Niles; 232, 307
Elysia; 76-77, 275
Enceladus; 60
Endonezya; 14-15
endosembiyoz; 79, 81-86, 88-93, 100-102, 104-105, 144, 176, 182, 249, 276, 278-279, 298
eşeyli üreme; 12, 66, 92-98, 100, 104, 122, 168, 185, 190, 213, 229, 249, 277
Eşeysel Karışma; 115, 117
Europa; 60
Fabritius, Carel; 146
felaket; 187-190, 194-196, 201-204, 209-210, 213, 223, 245, 249, 300-301
Firavun; 131
Florida; 37, 75, 266, 275

Fosil; 8, 11, 13, 16, 18, 23, 28, 30, 32-34, 39, 41, 46-48, 50, 53, 65, 134-136, 138-145, 148, 154, 167-168, 171, 173, 184, 191, 194-201, 207, 217, 220, 230-232, 234, 262-263, 268-269, 272, 286-290, 294-295, 298, 300-302, 306-307
fotootototrof; 30, 33
Fransa; 5-6, 10, 21-22, 46, 51, 187, 189, 194, 217, 244, 265, 281, 308
Fransız İhtilali; 13, 194, 217
Frederick I; 247
Friedmann, Imre; 37-40, 43-46, 51-52, 54, 266-268, 270-271
Frençois, Jacob; 121, 260, 281, 283
Galapagos Adaları; 15, 124, 229
Galile; 13, 16, 36, 45, 51, 53, 128, 153, 227, 246, 283
Ganymede; 60
genetik saat; 114
Gold, Thomas; 43, 59, 209, 266-271, 278, 282
Goldschmidt, Richard; 231, 307
Gould, Stephen J.; 9, 127-129, 174-175, 178, 199, 209, 224-228, 232, 249, 257, 258-259, 267, 274, 280-281, 283-287, 289, 292, 294-298, 302, 304-308
Gregory XIII; 216
Gregoryen takvimi; 216
Grönland; 28, 266
Grypania; 289, 294
Guinness Dünya Rekorları; 59
Gulliver; 242
Güney Afrika; 28, 31, 262, 290
Güney Carolina; 75
Güney Dakota; 227
Gürcistan; 205
Haeckel, Ernst; 171-172, 295
Harvard Üniversitesi; 9, 126
Hills, Allan; 39-40, 267
Hiroşima; 241, 244, 307
Hitler, Adolf; 187
Hollanda; 1-2, 51, 65, 106, 108, 125, 146-147, 180, 245-246, 281, 291, 308
Homo erectus; 10
Homo habilis; 10
Homo neanderthalensis; 10
Homo sapiens; 8, 10, 20
Hooke, Robert; 108
Humani generis; 118
İncil; 7, 13, 18-19, 23, 55, 119, 127, 129, 195, 203-204, 208-212, 226-228, 244-245, 259, 283, 303-304
iridyum; 191-192, 201
İstanbul; 205-207, 303
Jean-François; 156-157, 163-165, 170, 173, 183, 185
John Paul II; 118, 129, 285, 304
Juan de Fuca Boğazı; 234
Jurassic Park; 188, 190, 269, 286, 299
Jüpiter; 60
Kambriyen; 136, 139, 145, 217, 264, 278, 286, 289, 292, 294
kamçılılar; 102, 166, 173, 289, 292-293, 296
Kanada; 198, 200, 234, 266
Karadeniz; 205-208, 210, 303
Kartezyen dalgıç; 151, 155
kartopu Dünya; 149, 195
karyogami; 95, 97, 99, 277
kaya resimleri; 6, 20, 22
Kelvin, Lord; 36, 266
kemobakteri; 59, 60, 68, 86-87, 93, 182, 272-273
Kimura, Motoo; 114, 127, 282
Kırım Özerk Cumhuriyeti; 205
klorofil; 47-48, 60, 63, 74, 77-78, 80, 89-90, 102-103, 147, 168, 177, 273, 291, 297-298
kloroplast; x, 77-80, 89-92, 98, 102, 277, 279, 286
Kobe; 242-243
Kopernik; 51, 54, 283
Korsika; 151
Kro-Magnon; 5, 9-10, 18, 20-23, 218, 247, 266

kromozom; 26, 65, 79-80, 91-94, 96-100, 102, 104-105, 115-117, 121-122, 126, 249, 277-278, 282
Kuzey Denizi; 65
Lamarck, Jean-Baptiste; 13-15, 37, 51, 54, 67, 110, 122, 126-127, 129, 132, 194, 211, 223, 248, 259, 308
Lazaret Mağarası; 22
Leeuwenhoek, Antoni Van; çok sayıda
Lego; 156-158, 163, 165, 167, 170, 173-176, 183, 186, 221, 292
Lewontin, Richard C.; 224-228, 305
Lizbon depremi; 189
Londra; 15, 259, 264, 274, 279, 281, 284, 286, 296
Lot Vadisi; 22
Louis XIV; 147
Louvre Müzesi; 2
LUCA; 35, 38, 168, 187, 265
magnetit; 43-47, 50, 52-54, 267-268, 270-271
magnetozom; 43, 52, 267
makromutasyon; 113, 282
Malezya; 14
Margilis, Lynn; 81, 276-277, 305
Marignan Savaşı; 217
Marmara Denizi; 205-208, 210, 303
Mars; x, 37, 38-41, 43-44, 46-47, 49-50, 52-54, 60, 184, 195, 199, 238-239, 263, 266-271
Mars Exploration Rover; 53
Mars Express; 53
Marx, Karl; 126, 284
Mary II; 247, 308
Mauritius; 233
mayöz; 96, 98-99, 116, 278
Meinesz, Marjorie; viii, 65, 72, 83-84, 87, 90, 93, 95, 97, 99, 166, 169, 203, 207, 218-219, 222
Meksika; 76, 192, 266
Mendel, Gregor; 115, 121, 124, 127, 211, 282
meteor; ix, 8, 28, 36-41, 43-47, 49-51, 53-54, 65, 71, 149, 183, 191-194, 196, 201, 203, 265-267, 269, 290, 300
mikromutasyon; 113, 282
Miller, Kenneth; 212, 260, 285, 304
miselyum; 97-98, 278
mitokondri; x, 80, 82, 84, 86-93, 95, 98, 101, 138, 277, 278
mitoz; 94, 277
Moleküler Çorba; ix
moleküler saat; 134, 290
Monod, Jacques; 120-121, 127, 280-283
morfogenez; 297
Mormonlar; 9, 119, 283
Morris, Simon Conway; 178-179, 298, 302, 304-305
morula; 171, 296
Musa; 2, 131, 211, 214
mutasyon; 3, 66, 79, 81, 85, 100, 102, 104, 112-115, 117, 121-122, 125, 131, 134, 152, 164, 173, 177-178, 185, 190, 202-204, 211, 213, 224, 231-232, 249, 274, 281-282
nanobakteri; 34, 41, 47, 264, 269
NASA; 37-38, 41, 43, 53, 264, 266
National Trust; 244, 308
Natural History; 127, 257, 259, 267, 280, 287, 296, 304
Neander Vadisi; 10
Nice Sophia Antipolis Üniversitesi; 105, 129
Nirvana; 120
Noel Baba; 211
NOMA; 97, 128, 130, 285
noogenesis; 19, 118, 221
Nostradamus; 208
Nozomi; 53
Nuh; x, 188, 193, 204-205, 207-209, 214, 245, 299, 303
Odyssey; 53
Oksijen; 25, 30-31, 37, 40, 47, 59-61, 77, 80,

83-89, 138, 143-145, 147-150, 159-160, 163, 276-277, 286-287, 289
oksu zaman; 216
Oranj-Nassau Hanedanı; 106, 246, 254
Ordovizyen; 217, 290
organel; 52, 77, 79-80
Orgueil; 46, 268
Orta Çağ; 9, 259, 308
Orta Doğu; 205, 207-208
ortogenez; 118, 283, 305
Osaka; 241
Osaka Körfezi; 242-243
öbakteri; 68, 79, 86, 182, 272-274, 278, 298
ökaryot; ix, 80-81, 91-93, 140, 168, 176, 222, 272, 276-279, 287-288
ömiket; 141, 278, 293, 297
Paine, Robert T.; 235-238, 307
paleoekoloji; 135
Pangaea; 149
Pangloss; 188-189, 225-228, 299, 300, 306
panspermia; 36-37, 265
Paris; 2, 6, 13, 46, 131, 193, 257-260, 268-269, 272, 275, 280-283, 285-286, 291, 301, 304
Pasteur, Louis; 56
Pius IX; 16, 118
Pius XII; 118-119
plazmogami; 97, 99
prokaryot; 79-81, 273-274
Provence-Alpler-Fransız Rivierası; 251, 308
radiodurans; 48
Reagan, Ronald; 16
RNA; x, 4, 26-27, 35, 49, 120, 222, 249, 260-262
Rodinia; 149, 290
Roma Katolik Kilisesi; 118
Romanya; 205
Rosenberg, Alfred; 187
Rostchild, Baron Alphonse de; 187
Ruhr Nehri; 10
Rusya Federasyonu; 205
San Marco Bazilikası; 224, 227, 257, 306
Science; 38, 41, 45, 258-260, 262-273, 280, 282-283, 285-288, 290-291, 293-295, 298, 300, 302, 306
Seattle; vii, 234-235, 272
Seilacher, Adolf; 223, 226, 228, 288, 297, 305
sembiyoz; 78-79, 81-86, 88-93, 100-102, 104-105, 144, 176, 182, 249, 275-276, 278-279, 293, 298
Seto İç Denizi; 241-244, 307
Sibirya; 197
silliler; 78, 102
Silüryen; 217, 290
siyanobakteri; 31, 64, 83, 90, 181, 230, 264, 273, 279, 298, 306
Slime; 59-60
Smithsonian Ulusal Doğa Tarihi Müzesi; 199
somatogami; 99, 277
spandrel; 305
Spinoza, Benedict; 180, 298, 304
Stafilokok; 56
Stoacı; 189, 214, 299
Streptokok; 56
stromatolit; 30-31, 148, 181, 230, 263-264, 298
şans; 14-15, 26, 32, 38, 51, 74, 110-111, 121, 124-125, 145, 152, 160, 187, 195, 202, 210, 214, 233, 249, 253, 281
Tallahassee; 37
Tanrı; 7-8, 13, 18-19, 27, 50, 55, 70-71, 118, 126, 128, 136, 180, 203-204, 208, 211-212, 214, 245, 261, 283, 285, 298-299, 304
Tatoosh; 234, 236-239, 307
Tazmanya kurdu; 233
Teilhard de Chardin, Pierre; 19, 118-119, 129, 221, 260, 282-283, 305, 307
Tenten; 193

Terra Amata; 23
Tevrat; 7, 209, 211, 303
The Coastal Conservatory; 244
Tokyo; 241, 243
Tommot; 197, 210, 288
Tunus; 47, 269
Türkiye; 205
Ueshima, Hideki; 241-245
Ukrayna; 205
Ulusal Bilimler Akademisi; 34, 45
ümit verici canavar; 231-232, 307
Venter J. Craig; 48
Ventüs; 60
Verkolje, Jan; 107
Vermeer, Johannes; x, 1-3, 106-109, 125, 131, 133, 135-136, 146-147, 180, 186-187, 214, 221, 245-246, 255, 279, 281
Volkswagen sendromu; 31, 264
Voltaire; 188-190, 208-209, 213, 225-228, 258, 299, 304
Walcott, Charles Doolittle; 198, 263, 302
Wallace, Alfred R.; 14-15, 259
Walt Disney Productions; 190
Washington; vii, 199, 234, 264, 266, 270, 272, 275, 278, 286, 298
Watson, James D.; 51, 112, 127, 131, 211, 281
Whiston, William; 209, 304
Yaratılış; x, 7-8, 16, 18-19, 23, 25, 40, 69-70, 72, 79, 105, 127-129, 138, 146, 194, 203, 210-212, 215-218, 220-222, 244, 248, 253, 255, 258-259, 261, 286, 296, 303-304, 308
Yaşam Tohumları; ix, 265
Yaşlı Pliny; 154, 291
Yeni Gine; 14
yeniden doğuş; 119-120
yoğunlukölçer; 133, 151-153, 285
Yucatan Yarımadası; 192
Zeiss; 45

YAŞAMIN NASIL BAŞLADIĞINI MERAK EDEN HERKES İÇİN ÜÇ BÜYÜLEYİCİ YARATILIŞ ÖYKÜSÜ...

"Meinesz'in kitabı, yazarın hem bir bilim adamı olarak birikimlerini, hem de tarih ve sanat alanlarındaki deneyimlerini aynı potada eriten bir bakış açısı sunuyor. Meinesz, bilime ilişkin duygudan yoksun açıklamalar değil, dünyaya dair sezgilerini yazmaktadır. Mikroskobik organizmaları inceleyen, onların bu bulmacanın parçalarından sadece biri olduğunu bilen bir görüşü okurlarına sunmakta ve onların bu görüşleri kendi görüşleri ile birleştirip birleştirmemeye karar vermelerini beklemektedir. Sonuç olarak, ortaya büyüleyici bir eser çıkmıştır."

— KEVIN PADIAN,
Birleştirici Biyoloji Bölümü ve Paleontoloji Müzesi,
California Üniversitesi, Berkeley

"Meinesz, bir bilim insanının azim ve coşkusunun yalnızca doğa mekanizmalarındaki bozulmalara değil, aynı zamanda bilime bakışımızdaki zayıflıklara da nasıl ışık tutabileceğini gösteren harika bir öykü sunmaktadır... Meinesz'in zarif ve cesur hikayesi, basit bir anlatıyı değil, destansı bir başarıyı temsil ediyor. Bu hikâye, yazarın coşkusu ve incelediği canlılara ve çalışmalarına duyduğu sevgi sayesinde bilimin nasıl hayatta kaldığını gösteriyor."

— JOSEP-MARIA GILI, Science

"Tam anlamıyla büyüleyici, sadece [Meinesz'in] anlattığı jeolojik felaketler nedeniyle değil, fakat aynı zamanda söz konusu olan hayranlık uyandırıcı doğa görüngüleri yüzünden de."

— RICHARD BERNSTEIN,
New York Times

"Meinesz'in hikâyesi ürkütücü bir hikâye, bilimsel bir anlatıdan çok bir bilim kurgu romanını andırıyor."

— Publisher

ISBN 978-605-4362-19-6
9 786054 362196