

Keyifli Okumalar Dileriz

Binlerce kategoride milyonlarca PDF e-kitap, ders kitapları, dergiler ve romanlara platformumuz üzerinden ücretsiz ulaşabilirsiniz.

RESMİ WEB SİTEMİZ

<https://rantey.org>

Yedek ve Duyuru Kanallarımız

Sitemize erişim engeli gelmesi veya adres değişikliği durumunda aşağıdaki kanallardan güncel giriş adresine erişebilirsiniz:

- Telegram: <https://t.me/birkitapbir>
- WhatsApp Kanalımız : <https://whatsapp.com/channel/0029VbDHv8uE50Us4lvMoc0Y>

LEWIS DARTNELL

Tellekt

KÖKENLER

YERYÜZÜNÜN TARİHİ
İNSANLIK TARİHİNİ
NASIL ŞEKİLLENDİRDİ?

ÇEVİRİ: CÜNEYT KURAL

Tellekt_17

Kökenler: Yeryüzünün Tarihi İnsanlık Tarihini Nasıl Şekillendirdi?

Çeviri: Cüneyt Kural

Origins

İngilizce aslından çeviren: Cüneyt Kural

İlk baskı (çeviride kaynak alınan basım): The Bodley Head, 2018

© 2018, Lewis Dartnell

© 2020, Can Sanat Yayınları A.Ş.

Tüm hakları saklıdır. Tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz

1. baskı: Kasım 2020, İstanbul

Bu kitabın 1. baskısı 3000 adet yapılmıştır.

Yayına hazırlayan: Didem Bayındır

Düzeltili: Ebru Aydın, Mert Tokur

Mizanpaj: Bahar Kuru Yerek

Kapak Tasarımı ve Uygulama: Bora Başkan

İç Kapak Görseli: Bora Başkan

Baskı ve cilt: Türkmenler Matbaacılık Reklam San. ve Tic. Ltd. Şti.

Maltepe Mah. Gümüşsuyu Cad. No: 16-18

Topkapı, İstanbul

Sertifika No: 43087

ISBN 978-625-7118-05-7

Tellekt

tellekt.com • bilgi@tellekt.com

Hayriye Caddesi No: 2, 34430 Galatasaray, İstanbul

Telefon: (0212) 252 56 75 / 252 59 88 / 252 59 89 Faks: (0212) 252 72 33

Sertifika No: 43514

Tellekt, Can Sanat Yayınları Yapım ve Dağıtım Ticaret ve Sanayi A.Ş.'nin markasıdır.

twitter.com/tellekt • facebook.com/tellekt • instagram.com/tellekt

KÖKENLER

YERYÜZÜNÜN TARİHİ İNSANLIK
TARİHİNİ NASIL ŞEKİLLENDİRDİ?

LEWIS DARTNELL

ÇEVİRİ:
CÜNEYT KURAL

Tellekt

LEWIS DARTNELL, 1980’de İngiltere’de doğdu. Lisans derecesini Oxford Üniversitesi’nde Biyoloji alanında aldı. Doktora derecesini University College London’da Astrobiyoloji alanında tamamladı. Dartnell, *New Scientist* dahil olmak üzere popüler dergiler için bilimsel makaleler yazdı ve 2004’te The Daily Telegraph Science Writer’s Award’da ikincilik aldı. Dartnell ayrıca, yeni astrobiyoloji bilim alanına giriş kitabı olan *Life in the Universe* [Evrende Yaşam] ile *Uygarlığı Yeniden Nasıl Kurarız?* kitaplarının yazarıdır.

CÜNEYT KURAL, 1969’da Samsun’da doğdu. 1994’te başladığı gazetecilik yaşamında pek çok ekonomi dergi ve gazetesinde muhabirlik, editörlük ve yöneticilik yaptı. Sokak dergileri *Hiç* ve *16 Sayfa*’nın kadrolarında yer aldı. 2000 yılında reklam sektörüne yönelerek *freelance* tasarımcı olarak çalıştı ve bir reklam ajansı kurdu. 2007’den sonra ülkenin ileri gelen özel sektör ve kamu kuruluşlarının kurumsal dergilerinde editör olarak görev aldı. Birçok kitabın çeviri, düzelti ve yeniden yazımına katkı sundu. 2017 yılında bir sahil kasabasına yerleşen Kural, çevirmenliğin yanı sıra *freelance* grafik ve web tasarımı çalışmalarına devam etmektedir.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ	11
1. OLUŞUMUMUZ	17
2. KITASAL GEZGİNLER	41
3. BİYOLOJİK HEDİYEMİZ	69
4. DENİZLERİN COĞRAFYASI	101
5. NEYLE İNŞA EDİYORUZ?	135
6. MADENİ DÜNYAMIZ	165
7. İPEK YOLLARI VE BOZKIR HALKLARI	193
8. KÜRESEL RÜZGÂR MAKİNESİ VE KEŞİFLER ÇAĞI	225
9. ENERJİ	263
FİNAL	293
RESİMLER	297
NOTLAR	301
KAYNAKÇA	317
DİZİN	341

TEŞEKKÜR

Herhangi bir büyük yazı projesi için ilk olarak, her zaman, ona en başından beri sarsılmaz bir teşvik ve rehberlik sunan kişiye şapka çıkarılmalıdır. Bu yüzden sana kocaman bir teşekkür, benim muhteşem destekçi temsilcim Will Francis. Rebecca Folland, Ellis Hazelgrove ve Kirsty Gordon'a, Londra'daki Janklow ve Nesbit'e ve New York ofisinden PJ Mark, Michael Steger ve Ian Bonaparte'a da çok teşekkür ederim. Tabii ki, Bodley Head'deki Stuart Williams'a yayımlanmak üzere bu kitabı dikkate aldığı için ve özellikle, bir kez daha inanılmaz beceri ve düşüncelilikle elyazmalarımı düzenleyen Jörg Hensgen'e de son derece minnettarım. Eoin Dunne resimlerle yardımcı oldu. Ayrıca Penguin Random House'dan Alison Davies, Ceri Maxwell Hughes ve Anna-Sophia Watts'a da teşekkür ederim.

Birçok bilimsanı ve tarihçi de araştırma ve bu kitabın yazılması sırasında zamanlarını ayırarak son derece cömert davranmıştı ve bu yüzden çok teşekkürler (alfabetik sırayla): Christopher Beard, Davina Bristow, Alastair Culham, Steve Dutch, Chris Elvidge, Ahmed Fasih, Mike Gill, Philip Gingerich, Richard Harding, Will Hawthorne, Nicholas Klingaman, Paul Lockard, Josephine Martin, Mark Maslin, Augusta McMahon, Ted Nield, Lincoln Paine, Nicholas Rodger, Dave Rothery, Mark Sephton, James Sherwin-Smith, Ruth Siddall, Grace Steed, Phil Stevenson, Dorrik Stow, Stuart

bon, yediğimiz bitkiler tarafından atmosferden süzüldü. Terinizdeki ve gözyaşınızdaki tuz, kemiklerinizdeki kalsiyum, kanınızdaki demir, yerkabuğundaki kayaların aşınmasıyla oluştu. Saçınızdaki ve kaslarınızdaki protein moleküllerinde var olan kükürt, volkanlardan püskürtüldü.¹ Yeryüzü aynı zamanda, Erken Taş Devri'nin elle kaba- ca şekil verilmiş baltalarından bugünün bilgisayar ve akıllı telefonla- rına kadar, bize yerden çıkarıp işlediğimiz aletlerimiz ve teknoloji- mizle birleştirdiğimiz hammaddeleri de sağladı.

Doğu Afrika'daki evrimimizi eşsiz derecede zeki, konuşkan ve becerikli bir maymun* türü olmaya zorlayan şey gezegenimizin faa- liyet halindeki jeolojik güçleriydi. Bu güçler, istikrarsız bir gezegen- sel iklime rağmen yeryüzü çevresinde bir uçtan bir uca göç etmemi- zi ve yeryüzü üzerindeki en yaygın hayvan türü haline gelmemizi sağladı. Diğer büyük ölçekli gezegensel süreçler ve olaylar, tarih bo- yunca uygarlıkların ortaya çıkışını ve gelişimini yönlendiren farklı yeryüzü şekilleri ve iklim bölgeleri yarattı. İnsanın öyküsü üzerinde- ki bu gezegensel etkiler, görünürde küçük olanlardan iyice derinlik- li olanlara kadar, çeşitlilik gösterir. Yeryüzü ikliminin devamlı ola- rak soğuyup kurummasının neden çoğumuzun kahvaltıda bir dilim tost veya bir kâse mısır gevreği yememize sebep olduğunu göreceğiz. Kıtasal çarpışmanın Akdeniz'i nasıl çeşitli kültürlerden oluşan, fo- kurdayan bir kazan haline getirdiğini ve Avrasya'daki zıt iklim ku- şaklarının binlerce yıldır kıta boyunca insanların tarihini şekillendi- ren, özünde birbiriyle çelişen yaşam biçimlerini nasıl besleyip büyüt- tüğünü öğreneceğiz.

İnsanlığın doğal çevre üzerindeki etkisi hakkında büyük endi- şe duyar hale geldik. Zamanla nüfusumuz patladı, her zamankin- den daha fazla kaynak tüketiyoruz ve enerji kaynaklarını giderek daha büyük ustalıkla bir araya getiriyoruz. *Homo sapiens* bugün yer-

* Bu arada, Doğu Afrika Rift Vadisi sadece evrimsel beşik ve insanlığın erken dönem kreşi değil, aynı zamanda benim çocukluğumu geçirdiğim bölge. Nairobi'de okula git- mek, savana, göller ve Rift Vadisi'nin volkanları etrafında aileyle yapılan tatiller... Bu deneyimler bana kökenlerimizi anlamak için ömür boyu sürecek bir merak aşıladı. [Aksi belirtilmediği sürece dipnotlar yazara aittir. (Y.N.)]

yüzü üzerindeki baskın çevresel güç olarak Doğa'nın yerini almak üzere. Şehir ve yol inşaatlarımız, nehirlerle set çekmemiz, sanayi ve madencilik faaliyetleri yeryüzünün hasar görmesine, küresel iklim değişikliğine, geniş çaplı soy tükenmelerine neden olan derin ve kalıcı bir etkiye sahip. Biliminsanları, gezegenimiz üzerindeki doğal süreçlere olan etkimizin bu egemenliğinin, "İnsanlığın en son çağı – Antroposen"² diye adlandırılan yeni bir jeolojik dönem olarak tanınması gerektiğini ileri sürüyorlar. Bir tür olarak hâlâ ayrılmaz bir biçimde gezegenimize bağlıyız ve yeryüzünün tarihi, faaliyetlerimizin doğal hayat üzerinde bıraktığı belirgin izler kadar, yaradılışımıza da damgasını vurmuş durumda. Kendi öykümüzü gerçek anlamda anlamak için yeryüzünün tabiat özelliklerini, temelindeki yapıyı, atmosferik dolaşımını, iklim bölgelerini, levha tektoniğini ve iklim değişikliğinin tarihî dönemlerini, kısaca kendi biyografisini incelemeliyiz. Bu kitapta çevremizin bize ne yaptığını araştıracağız.

Önceki kitabım *Uygarlığı Yeniden Nasıl Kurarız?*³ da¹ bir düşünce deneyini çözmek için yola çıktım: Bir çeşit varsayımsal kıyametten sonra, mümkün olduğu kadar hızlı bir biçimde, uygarlığı nasıl sıfırdan başlatabiliriz? Sahne arkasında uygarlığın nasıl işlediğini keşfetmek için "günlük yaşantımızda kıymetini bilmediğimiz her şeyin kaybı" kavramını kullandım. Kitap esas olarak modern dünyayı inşa etmemizi sağlayan başlıca bilimsel keşiflerin ve teknolojik yeniliklerin bir araştırmasıydı. Bu kez yapmak istediğim şey, sadece bizi bugün olduğumuz yere getiren insan yaratıcılığını tartışmak değil; onun daha da ileri düzeyde açıklamanın yollarını bulmak için bakış açısını genişletmekti. Modern dünyamızın kökleri zamanda çok daha geriye uzanıyor. Yeryüzünün değişen çehresi boyunca daha da derine doğru izini sürersek, bizi gezegenimizin doğumuna kadar geriye götürecek olan neden sonuç ilişkisinin ana hatlarını ortaya çıkarırız.

Herhangi bir zamanda çocuklarla sohbet etmiş herhangi biri burada ne demek istediğimi bilecektir. Bir şeyin nasıl çalıştığı ya da neden böyle olduğu hakkında soru sorup duran altı yaşındaki meraklı bir çocuk için, vereceğiniz acele cevap asla tatminkâr değildir; ak-

sine daha fazla gizemin kapısını aralar. Basit bir başlangıç sorusu devamlı olarak bir dizi “Neden?”, “Ama neden?”, “Neden bu?” sorusuna yol açar. Çocuk, bastırılmaz bir merakla, kendisini içinde bulunduğu dünyanın asıl doğasıyla mücadele etmeye çalışır. Tarihimizi aynı yöntemle keşfetmek, belli başlı nedenler boyunca gittikçe daha aşağıya doğru sondaj yaparak dünyanın görünüşte birbiriyle ilgisi olmayan yönlerinin aslında derin bir bağlantıyı nasıl paylaştığını araştırmak istiyorum.

Tarih kaosa meyilli, karmakarışık ve düzensizdir; birkaç yıl süren zayıf yağış, kıtlık ve toplumsal karmaşaya yol açar, bir yanardağ patlar ve yakındaki kasabaları imha eder, bir general savaş meydanının zorlu karmaşası ve kan revanı içinde yanlış bir karar verir ve bir imparatorluk yerle bir olur. Fakat tarihin belirli tesadüflerinin ötesinde dünyamıza hem zaman hem de mekân yönünden yeterince geniş bir ölçekte bakarsanız, belirli bir zaman aralığında iş gören eğilimler, kapsayıcı temalar, güvenilir sabitler kavranabilir ve bunların arkasındaki asıl nedenler ortaya çıkarılabilir. Kültürel, sosyal, ekonomik ve politik etkiler tabii ki önemlidir ancak gezegensel süreçler çoğu kez açıklamanın daha derin bir katmanını ortaya çıkarır. Gezegенimizin doğası, her şeyi önceden belirlemiş olmasa da fırsatlar ve sınırlamalar koyabilir.

Araştırmamız sarsıcı bir zaman dilimine uzanacak. İnsanlık tarihinin tümü esas olarak dünya filminin tek bir karesinde, durağan bir harita üzerinde yer almıştır. Fakat yeryüzü her zaman böyle görünmüyordu. Kıtalar ve okyanuslar jeolojik olarak yavaş zaman ölçeklerinde yer değiştirmelerine rağmen yeryüzünün geçmişteki yüzey şekilleri öykümüzü büyük ölçüde etkiledi. Yeryüzünün değişen doğasına ve gezegenimizdeki yaşamın geçmiş birkaç *milyar* yıl boyunca gelişimine bakacağız. Son beş *milyon* yılda maymun atalarımızdan insana evrilişimizi, insan yeteneklerindeki artışı ve geçmiş *yüz bin* yıl boyunca tüm yeryüzüne dağılmasını, son *on bin* yıl boyunca uygarlığın ilerleme kaydetmesini, son *bin yılın* en güncel ticarileşme, endüstrileşme ve küreselleşme eğilimlerini, son olarak da son *yüz yılda* bu harika kökenin öyküsünü nasıl anladığımızı göreceğiz.

Bu süreçte tarihin sona erdiği yere ve ötesine yolculuk edeceğiz. Tarihçiler, en erken uygarlıklarımızın öyküsünü anlatmak için, insanlığın yazılı beyanlarını deşifre edip yorumlarlar. Arkeologlar antik eserlerin ve kalıntıların tozunu fırçalayıp bize daha erken tarihöncesini ve avcı toplayıcı olarak geçirdiğimiz hayatı anlatabilirler. Paleontologlar bir tür olarak evrimimizin parçalarını birleştirebilirler. Zamanda daha da geriye gitmek için bilimin diğer alanlarından gelen açıklamalara döneceğiz. Gezegenimizin yapısını oluşturan kaya katmanları içinde korunan kayıtlara göz atacağız, her hücremizin içinde bulunan DNA kütüphanesinde saklanan genetik kodun antik yazıtlarını okuyacağız ve dünyamızı şekillendiren kozmik güçleri araştırmak için teleskoplarla gökyüzünü tarayacağız. Tarih ve bilimin dokusunun çözgü ve atkılarını oluşturan, öyküsel ipuçları, kitap boyunca birbirine dolaşacak.

Avustralya Aborijinlerinin “Rüya Zamanı”ndan Zuluların yaratılış efsanesine kadar bütün kültürler kendi başlangıç öyküsünü geliştirmiştir. Fakat modern bilim, çevremizdeki yeryüzünün nasıl oluştuğunun ve onun içinde yerimizi nasıl aldığımızın giderek daha eksiksiz ve sürükleyici bir açıklamasını ortaya çıkarmıştır. Yalnızca hayal gücümüze güvenmek yerine artık bu araştırma araçlarını kullanmak yoluyla yaratılışın günlük tarihini açıklığa kavuşturabiliriz. Öyleyse bu, hem bütün insanlığın hem de üzerinde yaşadığımız gezegenin nihai başlangıç efsanesidir.

Son on milyonlarca yıl boyunca yeryüzünün neden sürekli soğuma ve kuruma eğiliminde olduğunu, bu durumun ekip biçtiğimiz bitki türlerini ve evcilleştirdiğimiz otobur memelileri nasıl yarattığını keşfedeceğiz. Son buz devrinin yerküre çapında dağılmamızı nasıl sağladığını ve insanlığın neden sadece şu anda sürmekte olan buzullar arası çağda yerleşip tarımı geliştirdiğini araştıracağız. Dünya’nın tarih boyunca alet yapımında ve teknolojiye birbirini izleyen devrimlere yol açarak yeryüzüne güç veren fosil enerji kaynaklarını gezegenin kabağundan yeryüzüne çıkarıp kullanmayı nasıl öğrendiğimizi ve Sanayi Devrimi’nden beri bize bunları nasıl verdiğini göreceğiz. Keşifler Çağı’nı, yeryüzü atmosferinin ve okyanuslarının temel dolaşım sistemleri bağlamında tartışarak, denizcilerin kıtalara-

rası ticaret rotaları ve denizci imparatorlukları inşa etmek için rüzgâr dağılımıyla okyanus akıntılarını nasıl adım adım öğrendiklerini anlayacağız. Yeryüzü tarihinin, modern politikaları etkilemeyi sürdüren, bugünün jeostratejik endişelerini nasıl ortaya çıkardığını, güneydoğu ABD'nin siyasi haritasının 75 milyon yıl önce var olan antik bir denizin tortuları tarafından şekillendirilmeye nasıl devam ettiğini ve Britanya'daki oy kullanma yöntemlerinin 320 milyon yıl önceki Karbon Dönemi'ne* tarihlenen jeolojik çökeltileri nasıl yansıttığını keşfedeceğiz. Geçmişimizi bilerek bugünümüzü anlayabilir ve kendimizi gelecekle yüzleşmeye hazırlayabiliriz.

Nihai başlangıç öykümüze bütün meselenin özünü en iyi kavrayan soruyla başlayacağız: İnsanlığın evrimini hangi gezegensel süreçler yönlendirdi?

* Karbonifer Dönemi. Günümüzden yaklaşık 354 milyon yıl önce başlayıp 292 milyon yıl önce sona erdiği kabul edilen, kayaç sistemlerinin oluştuğu jeolojik zaman dilimidir. (Y.N.)

OLUŞUMUMUZ

Hepimiz maymunuz.

Evrin ağacının insan dalı, hominin olarak adlandırılan ve daha geniş bir hayvan grubu olan primatların [maymungillerin] parçasıdır.* Yaşayan en yakın akrabalarımız şempanzelerdir. Genetik, şempanzelerden ayrışmamızın muhtemelen yedi milyon yıl öncesine kadar süren ırkların karışımıyla birlikte, en erken 13 milyon yıl önce başlayan çok uzun bir süreç olduğunu ileri sürüyor.¹ Fakat en sonunda evrimsel tarihlerimiz, bir tarafı bugünün sıradan ve bonobo şempanzesine, diğer tarafı farklı insansı türler içinde dallara ayrılıp, kendi türümüz olan *Homo sapiens*'in sadece ince bir dal oluşturmasıyla birlikte birbirinden ayrıldı. Gelişimize bu şekilde bakacak olursak, insanlar maymunlardan evrimleşmedi – *biz* hâlâ maymunuz, tıpkı hâlâ memeli olduğumuz gibi.

İnsansıların evrimindeki başlıca bütün değişimler Doğu Afri-

* Primatların bir grup olarak ortaya çıktığı gezegensel olaya 3. bölümde geri döneceğiz.

ka'da gerçekleşti. Yeryüzünün bu bölgesi, Kongo, Amazon ve Doğu Hint Adaları'nın tropikal adalarıyla aynı hizada, gezegenin ekvator eksenini etrafında, yağmur ormanı kuşağı içinde uzanır. Aslında bu yüzden Doğu Afrika yoğun bir ormanlık alanla kaplı olmalıdır ama bunun yerine çoğunlukla kuru, savana çayırlarıyla nitelenir. Maymun atalarımız ağaçlarda yaşayıp meyve ve yapraklar üzerinde hayatta kalırken, doğum yerimiz olan yeryüzünün bu bölgesinde doğal ortamı yemyeşil ormanlardan kurak bir bozkıra dönüştüren, dolayısıyla evrimsel yörüngemizi ağaçta sallanan maymunlardan, altın rengi çayırlarda avlanan, iki ayak üzerinde duran insansılara doğru zorlayan şiddetli bir şey oldu.

Bu özel bölgeyi zeki, uyum sağlayabilen (adapte olabilen) hayvanların evrimleşebileceği bir çevre yaratmak için dönüştüren gezegenel sebepler nelerdir? Afrika'da evrimleşmiş, alet kullanan birkaç insansı türünden sadece biri olarak, *Homo sapiens*'in Dünya'yı miras olarak devralmak için evrimsel kolumuzdan hayatta kalan tür olmayı başarmasının asıl nedenleri nelerdi?

Küresel Soğuma

Gezeganimiz dış görünüşünü sürekli değiştiren, ara vermeksizin faaliyet halinde olan bir yer. Zamanın derinliklerine doğru hızla ilerlediğinizde, uçsuz bucaksız okyanusların ortaya çıkıp sonra küçülüp yok olmasıyla birlikte, kıtaların sık sık çarpışıp sadece yeniden yırtılmak üzere bir araya gelerek kenetlendiğini, birbirinden farklı sayısız şekillerde kaydığını görürsünüz. Büyük volkan zincirleri patlar ve söner, zemin depremlerle titrer ve yükselen dağ sıraları, toz haline gelinceye dek öğütülmeden önce, zemini dışarı doğru buruşturarak kıvrılır. Bütün bu hararetili faaliyetin motor gücü levha tektoniğidir. Bu, evrimimizin arkasında yatan asıl nedendir.

Yeryüzünün dış katmanı yani yerkabuğu, altında daha sıcak, yumuşak ve yapışkan bir mantonun bulunduğu kırılğan bir yumurta kabuğu gibidir. Kırılıp parçalanarak birbirinden ayrı birçok levhaya bölünen yerkabuğu Dünya yüzeyinde bir uçtan bir uca gezinir. Kıta-

lar daha az yoğun kayalardan meydana gelen daha kalın bir kabuktan oluşurken okyanus kabuğu daha ince ama daha ağırdır, bu yüzden kıtasal kabuk kadar yüksek değildir. Tektonik levhaların çoğu hem kıtasal hem de okyanus kabuğundan oluşur. Söz konusu bu yığınlar, çalkalanan sıcak dış çekirdeğin yüzeyinde dalgalanıp oluşan istikrarsız akıntının etkisiyle hareket ederken, konumlanabilmek için mütemadiyen birbirlerini itip kakarlar.

İki levha birbirine girdiğinde, yakınsak [birbirlerine yaklaşan] levha sınırı olarak bilinen yerde, iki levhadan biri dayanamayacaktır. İki levhadan birinin en ön kısmı yolunu değiştirerek diğerinin altına girer, mantonun kaya eriten sıcaklığına sürüklenerek sık sık tekrarlanan depremleri tetikler ve volkanlardan oluşan bir yayı besler. Kıtasal kabuğu oluşturan kayaların daha az yoğun ve çok daha yüzebilir olması nedeniyle bir levha çarpışması sırasında hemen hemen her zaman bir okyanus kabuğu parçası diğerinin altına batar. Bu dalma-batma süreci arada kalan okyanus yutulana ve kıtasal kabuğun iki büyük parçası birbirine kenetlenerek çarpışma hattını işaretleyen büyük bir dağ zinciri oluşana kadar devam eder.

Iraksak [birbirlerinden uzaklaşan] ya da yapıcı sınırlar iki levhanın birbirinden ayrıldığı yerlerdir. Derinlerden gelen sıcak manto bu çatlağa doğru yükselir, kolunuzdaki derin bir kesiğin içine kan dolması gibi, yeni kayalık kabuğa şekil vermek için katılaşır. Her ne kadar yeni yayılan bir yarık kıtanın ortasında açılıp onu ikiye ayırsa da bu taze kabuk yoğun ve deniz seviyesinin altında olduğundan suyla dolar. Yapıcı sınırlar yeni okyanus kabuğunu şekillendirir. Atlan-tik-Ortası Sırtı bu tür deniz tabanı yayılan yarıklarının belirgin bir örneğidir.²

Kitap boyunca her aşamada geri döneceğimiz levha tektoniği, yeryüzünün çok önemli bir temasıdır ama şimdilik yakın jeolojik tarih süresince iklimin bizim kendi yaratılışımız için gerekli koşulları nasıl ürettiğine odaklanacağız.

Bu tarihin son 50 milyon yıl kadarı küresel iklimin soğumasıyla tanımlanmıştır. Bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak inceleyeceğiz, Senozoik Soğuma olarak adlandırılan bu süreç günümüze ka-

dar süren buzul çağları döneminde, 2,6 milyon yıl önce doruğa ulaştı. Bu uzun vadeli küresel soğuma, büyük ölçüde Hindistan'ın Avrasya'yla kıtasal çarpışması sonucunda Himalayalar'ın ortaya çıkmasıyla başladı. Yükselen bu kaya sırtının uğradığı erozyon büyük miktarda karbondioksitin atmosfer dışına çıkmasına yol açarak daha önce gezegeni yalıtan sera etkisinin azalmasına (bkz. 2. bölüm) ve sıcaklığın düşmesine yol açtı. Dolayısıyla genellikle daha soğuk koşullarda okyanusların daha az buharlaşması, daha az yağışlı ve daha kuru bir dünya yarattı.

Hint Okyanusu'na yaklaşık beş bin kilometre uzaklıkta meydana gelmiş olmasına rağmen bu tektonik sürecin evrimimizin sahnelenmesinde doğrudan bölgesel bir etkisi de oldu. Himalayalar ve Tibet Platosu, Hindistan ve Güneydoğu Asya üzerinde çok güçlü bir muson sistemi yarattı. Fakat Hint Okyanusu üzerindeki bu devasa atmosferik soğurma etkisi nemi Doğu Afrika'dan uzaklaştırarak gerçekleşen yağış miktarını azalttı. Diğer küresel tektonik olayların da Doğu Afrika'nın kuraklaşmasına katkı sağladığı düşünülmektedir. Yaklaşık üç-dört milyon yıl önce Avustralya ve Yeni Gine kuzeye sürüklenerek Endonezya Suyolu olarak bilinen bir okyanus kanalını kapattılar. Bu tıkanıklık, Güney Pasifik'in ılık sularının batıya doğru akışını kısıtladı, bunun yerine Kuzey Pasifik'ten gelen soğuk sular Orta Hint Okyanusu'na aktı. Hint Okyanusu'nun soğuması nedeniyle buharlaşmanın azalması Doğu Afrika için daha az yağış anlamına geliyordu.¹ Fakat en önemlisi, Afrika'da, ortaya çıkmamızı sağlayan etkiyi yaratan başka bir devasa tektonik altüst oluş meydana geliyordu.

Evrimin Yuvası

Yaklaşık 30 milyon yıl önce Kuzeydoğu Afrika'nın altından sıcak mantodan oluşan bir duman bulutu yükseldi. Kara kütlesi devasa bir sivilce gibi yaklaşık bir kilometre⁴ yukarıya doğru kabarmaya zorlandı. Bu kabarmış kubbe üzerindeki kıtasal kabuğun çeperi, bir yarıklar dizisi boyunca, sonunda ortasından yırtılıp açılana dek gerilmiş ve incelmişti. Doğu Afrika Rifti, şimdiki Etiyopya, Kenya,

Tanzanya ve Malavi boyunca bir doğu kolu ile Kongo'yu boylu boyunca kesip sonra Tanzanya'yla olan sınırın kıyısından devam eden bir batı kolu oluşturarak, kabaca kuzey-güney hattı boyunca yırtıldı.

Bu yeryüzü-parçalama süreci kuzeye doğru daha güçlüydü. Kabuğun içinden geçerek oluşan yırtık, bu uzun yaranın içine magma sızmasına olanak sağlayarak bazalt kayadan yeni bir kabuk oluşturdu. Daha sonra Kızıldeniz'i oluşturmak üzere, bu derin yarığın içine su doldu, bir diğer yarık ise Aden Körfezi'ni oluşturdu. Deniz tabanına yayılan yarıklar Afrika Boynuzu'ndan (Somali Yarımadası) kalın bir parça kopararak "Arap Levhası" adı verilen yeni bir tektonik levha oluşturdu. Afrika Yarığı, Kızıldeniz ve Aden Körfezi'nin bir araya geldiği, üçlü kavşak olarak bilinen bu Y şeklindeki oluşumun tam merkezinde, Etiyopya, Cibuti ve Eritre'nin kuzeydoğusunda uzanan, Afar Bölgesi olarak anılan, deniz seviyesine yakın bir kara üçgeni bulunur.⁵ Bu önemli bölgeye daha sonra geri döneceğiz.

Doğu Afrika Rift Vadisi, Etiyopya'dan Mozambik'e kadar kilometrelerce boyunca uzanır. Altındaki magma bacası kabarak yükselmeye devam ederken yarık daha da parçalanıyordu. Bu "genişlemeli tektonik" süreç tüm kaya tabakalarının faylar boyunca kırılmasına ve kopmasına neden olurken, kenarları vadi tabanını oluşturmak için çökeltiler arasında sarp ve dik yamaçlar ve bloklar halinde yukarı itilir. Bu süreç, yaklaşık 3,7-5,5 milyon yıl önce yarığın, deniz seviyesinin yarım mil üzerinde ve iki taraftan dağlık sırtlarla kaplı geniş, derin bir vadi olan, mevcut yüzey şeklini ortaya çıkardı.⁶

Bu kabuksal kabarıklığın ve yarığın yüksek kenarlarının şişkinliğinin en önemli etkilerinden biri Doğu Afrika'ya düşen yağış miktarının büyük çoğunluğunu engellemesiydi. Soğuyup yoğunlaştığı yüksek irtifalara doğru yükselmeye zorlanan Hint Okyanusu'ndan esen nemli hava sahil yakınlarına yağmur olarak düşer. Bu iç kesimlerde "yağmur gölgesi" olarak adlandırılan bir doğa olayına neden olarak, daha kuru koşullar oluşturur.⁷ Aynı zamanda Orta Afrika yağmur ormanlarından gelen nemli havanın doğu yönünde hareket etmesi de yarığın dağlık bölgesi tarafından engellenmiştir.⁸

Himalayalar'ın oluşması, Endonezya Suyolu'nun kapanması ve

özellikle Afrika Sırtı'nın yükselmesiyle ortaya çıkan bütün bu tektonik süreçlerin sonucunda Doğu Afrika kurudu. Bölgenin ekosistemlerini dönüştürme sürecinde, yarığın biçimi sadece iklimi değil yeryüzü şekillerini de değiştirdi. Doğu Afrika tropikal orman içinde boğulmuş tek tip, düz bir alandan, yaylaları ve derin vadileriyle engeli, dağlık bölgeye kadar yeniden şekillenirken, bitki örtüsü de sis ormanından bozkıra ve çöl makilerine kadar çeşitlendi.⁹

Büyük yarık yaklaşık 30 milyon yıl önce şekil almaya başlamış olsa da yükselme ve kuraklaşmanın çoğu son üç-dört milyon yıl içinde gerçekleşti.¹⁰ Bu zaman boyunca, evrimimize eşlik eden aynı dönemde, Doğu Afrika'nın görünümü *Tarzan* setinden *Aslan Kral*'ine doğru kaydı.¹¹ Ormandaki yaşam alanını azaltıp parçalayan ve yerini bozkırla değiştiren; Doğu Afrika'daki bu uzun süreli kurumaydı. İnsansıların ağaçta yaşayan maymunlardan ayrışmasına neden olan en önemli etkenlerden biri buydu. Kuru otlakların yayılması insanların avlamaya geleceği antilop ve zebra gibi toynaklı türlerin ve büyük otçul memelilerin üremesini de destekledi.

Fakat tek etken bu değildi. Tektonik biçimlenmesi boyunca yarığın bağlantısı olan ağaçlar ve otlaklar, sırtlar, sarp bayırlar, tepeler, yaylalar, ovalar, vadiler ve zeminindeki derin tatlı su gölleri gibi farklı bölgelerin çeşitlenmesiyle, Rift Vadisi çok karmaşık bir ortam haline geldi.¹² Bu çevre, insansılara gıda kaynaklarının çeşitliliği, doğal kaynaklar ve fırsatlar sunan bir "Mozaik Ortam" olarak tanımlanmıştır.¹³

Yarığın genişlemesine ve magmanın yükselişine şiddetli volkan dizilerinin tüm bölge boyunca püskürttüğü süngertaşı ve kül eşlik etti. Doğu Afrika Rift Vadisi boyu boyunca, birçoğu son birkaç milyon yıl içinde oluşan volkanlarla çevrelenmiştir. Bunların çoğu Rift Vadisi'nin tam içinde yer alır ama Kenya Dağı, Elgon Dağı ve Afrika'nın en yüksek dağı olan Kilimanjaro gibi en büyük ve en eski olanlarından bazıları vadinin kenarlarında yükselir.

Sık sık meydana gelen volkanik patlamalar, araziye boydan boya kesen kayalık sırtların içine doğru katılan, lav akıntılarının dökülmesine yol açtı. Bunlar ayaklarını hızlı ve düzenli hareket ettirebilen

insansılar tarafından geçilebilir ve yarık içindeki dik yamaç duvarlarıyla birlikte avladıkları hayvanlar için kullanışlı doğal setlerle engeller sağlamış olabilir. İlk avcılar avlarının hareketlerini daha iyi tahmin ve kontrol edebiliyor, kaçış yollarını en aza indirip öldürmek için bir tuzağa yönlendirebiliyorlardı. Aynı özellikler savunmasız ilk insanlara kendilerini avlamak için sinsice etrafta gezinen yırtıcılara karşı bir parça korunma ve güvenlik sunmuş olabilir.¹⁴ Bu engebeli ve değişken yeryüzü parçası ideal çevreyle birlikte insansıların gelişmesine olanak sağlamış gibi görünüyor. Bizim gibi, bir çitanın hızına ya da bir aslanın gücüne sahip olmayan nispeten zayıf ilk insanlar, birlikte çalışmayı ve tüm tektonik ve volkanik karmaşıklığıyla birlikte, avlanmalarına yardımcı olması için arazinin özelliklerini kendi yararlarına kullanmayı öğrendiler.

Evrimimiz süresince değişken ve dinamik yeryüzü özelliklerini yaratan ve sürdürülebilir kılan şey işte bu aktif tektonik ve volkanik faaliyetlerdir. Aslında Afrika Rift Vadisi'nin böyle tektonik açıdan faal bir bölge olması nedeniyle yeryüzü şekilleri insan yerleşiminin en erken zamanlarından beri büyük ölçüde değişti. Yarık genişlemeye devam ettikçe bir zamanlar insansıların yaşadığı vadi tabanı yan taraflara doğru yükseldi. Bugün burada özgün ortamlarından tamamen uzaklaşmış insansı fosiller ve arkeolojik kanıtlar bulabiliriz. Günümüzde genişlemeli tektoniğiyle dünyadaki en önemli ve uzun ömürlü bölge olan bu büyük yarığın evrimimiz için kritik bir öneme sahip olduğuna inanılıyor.

Ağaçlardan Aletlere

İyi durumdaki fosil kanıtlarını ortaya çıkardığımız inkâr edilemez ilk insansı, 4,4 milyon yıl önce Etiyopya'daki Awash Nehri Vadisi'nde yaşayan *Ardipithecus ramidus*'tur. Modern şempanzelerle yaklaşık olarak eşit büyüklükteki beyin ve dişlere sahip olmaları, bu türlerin hem otobur hem de etobur diyete sahip olduklarını düşündürüyor. Fosilleşmiş iskeletler hâlâ ağaçlarda yaşadıklarını ve sadece iki ayak üzerinde ilkel bir yürüme yeteneği geliştirdiklerini gösteriyor. Dört milyon yıl önce *Australopithecus* –Güney maymunu– türü-

nün ilk üyeleri modern insanlarla, narin ve ince bir beden yapısıyla (fakat daha ilkel bir kafatası şekliyle) iki ayak üzerinde yürüme yeteneği gibi birçok benzer özelliği paylaşıyordu. Örneğin *Australopithecus afarensis* ayakta kalan türler içinde iyi bilinenlerdendir. Bunlardan biri 3,2 milyon yıl önce Awash Nehri Vadisi'nde yaşayan ve Lucy olarak bilinen bir dişinin mükemmel şekilde eksiksiz iskeletidir.*

Lucy ayaktayken 1,1 metre boyundaydı ama omurgası, leğen kemiği ve bacak kemikleri modern insanlarınkine çok benziyordu. Yani Lucy ve *A. afarensis*'in** diğer üyeleri hâlâ küçük, şempanze boyutlarında bir beyne sahipti ve iskeletleri açıkça iki ayak üzerinde uzun mesafe yürüyen bir yaşam tarzına işaret ediyordu. Gerçekten de Tanzanya'daki Laetoli'de bulunan volkanik kül yatakları 3,7 milyon yıl öncesine ait üç dizi halindeki ayak izlerini korumuştur. Bu izler muhtemelen *A. afarensis* üyeleri tarafından oluşturulmuştur ve plajda bir gezinti sırasında kumda sizin de bırakabileceğiniz ayak izlerine dikkat çekecek ölçüde benzer.

İnsan evriminde iki ayak üzerinde yürümenin gelişimi şüphesiz beyin hacmindeki anlamlı artıştan çok önce ortaya çıktı; yani konuşmadan önce yürümeye başladık. Bu *Australopithecus* fosilleri, daha önceki *Ardipithecus* fosilleriyle birlikte, iki ayak üzerinde yürümenin daha önce düşünüldüğü gibi açık ve otlarla kaplı bozkır ortamına uyum sağlamak amacıyla evrimleşmediğini, ilk ortaya çıkışının hâlâ ormanlık alanlarda ağaçların arasında yan yana yaşayan insansılarla birlikte olduğunu da gösterdi.¹⁵ İki ayak üzerinde yürümeye uyum sağlamak, ormanlar küçülüp daha çok parçalandıkça kesinlikle gidecek artan bir biçimde daha yararlı hale geldi. Erken dönem insansı atalarımız ağaçlık adaları arasında hareket edebildiler ve sonra otlakların içine doğru girmeye cüret ettiler. İki ayak üzerinde yürümek otların üzerinden etrafı görmelerine olanak sağladı, ayrıca vücutları-

* Adını 1974'teki keşfinden sonra kazı kampında yüksek sesle çalınan The Beatles'ın şarkısı "Lucy in the Sky with Diamonds"tan almıştır.

** Organizmalar söz konusu olduğunda tür adını kısaltmak yaygın bir alışkanlıktır. Bu nedenle *Australopithecus afarensis*, *A. afarensis* olarak yazılır. Örneğin dinozor *Tyrannosaurus rex*'in bilinen en yaygın kullanımı da *T. rex*'tir.

nın sıcak güneşe maruz kalan yüzeyini en aza indirerek bozkır sıcaklığında serin kalmalarını sağladı. Aletleri tutmak ve amacına uygun kullanmak için çok kullanışlı hale gelen hareketli başparmaklar aynı zamanda ormanda yaşayan maymun atalarımızdan bize evrimsel bir mirastır. Bir ağaç dalını kavramak için evrim tarafından ustalık kazandırılan el; bir sopanın, baltanın, kalemin ucundan tutmamız ve nihayetinde bir jet uçağının kumanda kolunu kontrol edebilmemiz için bizi önceden hazırladı.

Yaklaşık iki milyon yıl önce *Australopithecus* familyasına ait insansı türlerinin tümü yok oldu ve kendi türümüz, *Homo* bu türlerden ortaya çıktı. *Homo habilis* (yetenekli insan) erken dönem *Australopithecus* türüne benzer zayıf vücut yapısı ve sadece bir parça daha büyük beyniyle bir ilkti.¹⁶ Yaşam tarzındaki büyük değişimle birlikte vücut ve beyin boyutundaki belirgin artış ancak yaklaşık iki milyon yıl önce Doğu Afrika'da ortaya çıkan *Homo erectus*'la gerçekleşti. Kafatasının altında *H. erectus*, uzun mesafe koşmaya uygunluk ve cisimleri atmaya-fırlatmaya izin veren omuz tasarımı da dahil olmak üzere, anatomik olarak modern insana çok benzer. Ayrıca daha yavaş gelişim nedeniyle uzun geçen çocukluk dönemi ve gelişmiş sosyal davranışlar gibi diğer özellikleri de bizimle paylaştıkları düşünülmektedir.

H. erectus aynı zamanda bir avcı toplayıcı olarak yaşayan ve muhtemelen sadece ısınmak için değil, yemek pişirmek için de ateşi kontrol eden ilk insansıydı.¹⁷ Hatta büyük su kitleleri üzerinde seyahat etmek için sal bile kullanmış olabilirler.¹⁸ 1,8 milyon yıl önce *H. erectus* Afrika boyunca yayılmış ve sonra kıtayı terk ederek Avrasya üzerinden, muhtemelen birkaç bağımsız göç dalgası halinde dağılan ilk insansı olmuştur.¹⁹ Bu tür, neredeyse iki milyon yıl hayatta kaldı. Buna karşılık anatomik açıdan modern insanlar bu sürenin sadece onda biri bir zamandır ortalıktadır ve şu anda bırakın iki milyonu, önümüzdeki on bin yıl hayatta kalırsak şanslı sayılırız.

Yaklaşık 800 bin yıl önce *H. erectus*, 250 bin yıla yakın bir süre önce Avrupa'da *Homo neanderthalensis* (Neandertaller) ve Asya'da Denisovan insansılarına dönüşen *Homo heidelbergensis*'i meydana getirdi. Anatomik olarak ilk modern insan olan *Homo sapiens* 300 bin ila 200 bin yıl önce Doğu Afrika'da ortaya çıktı.

İnsan evrimi boyunca insansılar giderek artan biçimde iki ayak üzerinde yürümeye başladı. Böylece ayakta dik durmalarını ve hareket tarzını desteklemek için, S şeklinde bir omurga, çanak biçiminde bir leğen kemiği ve daha uzun bacaklar dahil olmak üzere, iskelette meydana gelen değişikliklerle daha verimli uzun mesafe koşucuları²⁰ haline geldiler. Kafa derisi hariç vücut kılları azaldı. Kafa şekli de daha belirgin bir çeneyle birlikte daha küçük bir burun ve daha kâse biçiminde bir kafatası meydana getirecek şekilde değişti.²¹ Aslında erken dönem *Australopithecus* türü ve bizim *Homo* soyumuz arasındaki temel fark beyin hacmindeki bu artışı. İki milyon yıllık evrimleri boyunca *Australopithecine*'nin beyin büyüklüğü çarpıcı bir biçimde, 450 santimetre küp civarında sabit kaldı ki bu aşağı yukarı modern bir şempanzeninkiyle eşdeğerti. *H. habilis*'in 600 santimetre küplük beyni üçte bir oranında daha büyüktü ve *H. habilis*'ten *H. erectus*'a, oradan da *H. heidelbergensis*'e kadar tekrar ikiye katlandı. 600 bin yıl önce, *H. heidelbergensis*'in beyni modern insanlarınkiyle yaklaşık olarak aynı boyutta ve *Australopithecine*'den üç kat daha büyüktü.²²

Beyin hacmini artırmanın yanı sıra insansıları tanımlayan bir başka özellik de zekâmızı alet yapımında nasıl kullandığımızdı. Oldowan teknolojsi olarak bilinen en erken yaygın taş aletler yaklaşık 2,6 milyon yıl eskiye dayanır ve bunlar daha sonra *Australopithecus* türleri kadar *H. habilis* ve *H. erectus* tarafından da kullanılmıştır. Bir nehirden alınan yuvarlatılmış iri taşlar, kemikleri veya kabuklu yemişleri kırmak için, başka, düz bir “örs taşı” ile birlikte kullanılmıştır. Bilenmiş kenarları sert taşların parçalara ayrılmasıyla oluşturulmuş bu şekilli taş, avı kesip parçalamak veya ağaç işlemek için kullanılmıştır.*

H. erectus 1,7 milyon yıl önce Oldowan aletlerini miras alıp onla-

* Bulunan Taş Devri aletleri kuvarsit, çört, volkanik obsidiyen ve çakmaktaşı gibi malzemelerden yapılmıştır. Bu kaya türleri esas olarak silikondan oluşur (silika dioksit). Silika, tarihimiz boyunca bir tür olarak, taş aletlerden cama, mikroçiplerin yüksek saflıktaki silikon levhalarına kadar dönüştürücü teknolojiler için temel malzemeyi sağlamıştır. Böylelikle Doğu Afrika Rift Vadisi, iki milyon yıldan fazla süre taş alet üretiminde, tabiri caizse, en ileri teknolojinin orijinal Silikon Vadisi oldu.

rı Aşölyen* (Acheulean) sanayisine uygun biçimde geliştirdiğinde Taş Devri teknolojisinde bir devrim yaşandı. Aşölyen aletleri, daha simetrik ve daha ince, armut şeklinde el baltaları oluşturmak için, daha da küçük taşlar kesilerek büyük bir dikkatle işleniyordu. Bu aletler insanlık tarihinin büyük çoğunluğunda hâkim olan teknolojiyi temsil etti. Daha sonra ortaya çıkan bir dönüşüm buz devri boyunca Neandertaller ve anatomik olarak modern insanlar tarafından kullanılan Orta Paleolitik Çağ (Musteryen) teknolojisini ortaya çıkardı. Burada merkez taşı dikkatlice hazırlanmış ve son büyük tabaka ustaca kesilmeden önce kenarları boyunca yontularak işlenmişti. Merkez taşı yerine bu tabakanın çıkarılmasındaki amaç, bıçak veya mızrak ucu ya da ok başı olarak kullanılacak mükemmel incelikte, sivri parçalar elde etmektir.²³

Bu taş aletlerin yanı sıra ahşap mızrak gövdeleri, insansızların diğer yırtıcılar gibi kendi bedenleri üzerinde büyük dişler ya da pençeler geliştirmelerine gerek kalmadan, korkutucu derecede etkili avcılar haline gelmelerini sağladı. Yiyecek için avlanmak veya yaralanma riskini en aza indirip av ve yırtıcıları güvenli bir mesafede tutarak kendimizi savunmak için sopa ve taş kullandık.

Vücut şekli ve yaşam tarzındaki bu gelişmeler birbirini destekledi. Daha hızlı koşmak ve karmaşık bilişsel yetenekler; alet kullanımı ve ateşin kontrolüyle birleştğinde, daha büyük bir beyne enerji sağlamak için daha etkili avlanmayı ve etin çok daha büyük oranda tüketildiği bir beslenme şeklini mümkün kıldı. Bu da bizim sırasıyla daha karmaşık sosyal etkileşimi, işbirliğini, kültürel öğrenmeyi, problem çözmeyi ve belki de en önemlisi, dili geliştirmemizi sağladı.²⁴

İklim Sarkacı

Evrimimizde dönüm noktası olan bu dönüşümlerin çoğu Afar Bölgesi'nde –gördüğümüz gibi üçlü tektonik bağlantı kavşağında yer alan üçgen çöküntü havzası– yarığın kuzeydeki en eski ucunda korunmuştur.

* *Homo erectus* ve *Homo sapiens*'lerin alet yapım geleneğinin ilk kez standartlaştırıldığı Paleolitik Çağ kültürü. En tipik alet türleri el baltaları ve satırlardır. (Y.N.)

İlk insansı fosilleri (*Ardipithecus ramidus* fosilleri) Etiyopya platosundan Cibuti'ye doğru kuzeydoğuya uzanan ve Afar üçgeninin tam ortasından akan Awash Nehri Vadisi'nde bulunmuştur. Bu nehir vadisi Lucy'nin 3,2 milyon yıllık kalıntılarını korumuştur ve aslında Lucy'nin ait olduğu tüm *Australopithecus afarensis* türü, bu bölgenin ismiyle adlandırılmıştır. Bilinen en eski Olduvan* aletleri de Etiyopya'da yer alan Gona'da bulunmuştur ki o da Afar üçgeni içindedir. Fakat Doğu Afrika Rift Vadisi'nin her karışığı insansı evriminin yuvası olmuştur.

Kuru iklim ve volkanik sırtlarla fay basamakları gibi çeşitli özelliklerden oluşan mozaikçiyle yarık sistemi, evrimimizi yönlendiren çevre koşullarının oluşmasında açık bir biçimde etkili olmuştur. Yine de bu karmaşık tektonik manzara, insansılara dolaşım için fırsatlar sağlamış olsa da bu kadar inanılmaz becerinin ve zekânın ilk etapta nasıl ortaya çıktığını yeterince açıklamıyor. Cevabın, Büyük Rift Vadisi'nin genişlemeli tektonizmasının olağandışı özgünlüğüne ve iklimdeki dalgalanmalarla nasıl etkileşime girdiğine bağlı olduğu düşünülmektedir.

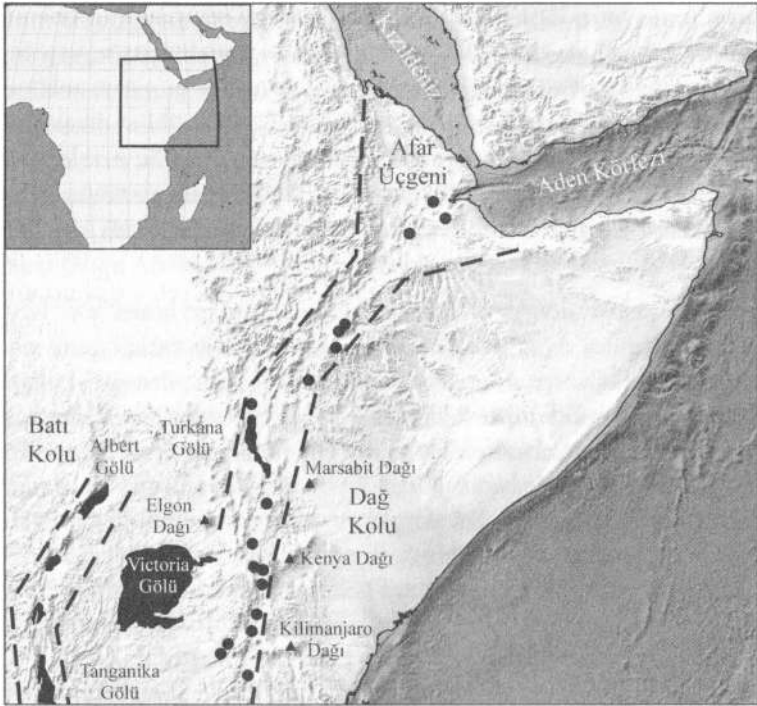
Gördüğümüz gibi, Dünya son 50 milyon yıl veya daha fazla zamandır genellikle daha serin, daha kuru bir hal alıyor. Bunun yanında Rift Vadisi'nin tektonik yükselmesi ve oluşumu özellikle Doğu Afrika'nın kuruyarak eski ormanlarını kaybettiği anlamına geliyor. Bu küresel soğuma ve kuruma eğilimi içinde, iklim çok kararsız ve çarpıcı biçimde ileri geri sallanır hale geldi. Bir sonraki bölümde daha ayrıntılı olarak ortaya koyacağımız gibi Dünya'nın yörüngesindeki ritmik kaymalar tarafından yönlendirilen buzul ve buzullar arası çağları dönemleri ve "Milankoviç döngüleri" olarak bilinen eğimle birlikte, yaklaşık 2,6 milyon yıl önce yeryüzü buz devirlerinin içinde bulunduğumuz dönemine doğru kaydı. Doğu Afrika, ilerleyen buz tabakalarıyla karşılaşmak için kutuplardan çok uzaktaydı ama bu du-

* Tarihöncesi dönemde yaygın olan taş alet endüstrisi. Genellikle başka bir taşla yontulmuş bir veya birkaç yongayla yapılan bu erken taş aletler 2,6 milyon yıl öncesine aittir. Oldowan teknolojik endüstrisini daha sofistike Aşölyen endüstrisi izledi. Oldowan terimi, Tanzanya'daki Olduvai Vadisi'nden gelir. (Y.N.)

rum, onun kozmik döngülerden çok fazla etkilenmediği anlamına gelmez. Özellikle Dünya'nın Güneş çevresindeki yörüngesinin, merkezkaç döngüsü olarak bilinen, daha uzun bir yumurta şekline doğru esnemesi Doğu Afrika'da son derece değişken iklim dönemlerinin ortaya çıkmasına neden oldu. Bu aşırı değişkenlik evrelerinin her birinde, Dünya'nın eğimli ekseninin devinim döngüsünün daha hızlı çalkalanmasıyla birlikte, iklim çok kurak ve çok nemli koşullar arasında bir sarkaç gibi gidip gelir.²⁵

Bu evrensel dönemsellikler ve iklim değişimleri binlerce ve binlerce yıldır sürer. Eğer insan evrimini anlamak istiyorsak, bunun sırrı Doğu Afrika üzerinde en büyük etkiye sahip olan –örneğin, bölgedeki tektonik yükselme ve yarılmadan kaynaklanan genel kuruma etkisi ya da Dünya ekseninin devinimi gibi iklim ritimleri– süreçlerin bir hayvanın ömrüyle karşılaştırıldığında son derece yavaş bir zaman dilimi içinde işlediğidir. Ancak zekâ ve onun mümkün kıldığı büyük boyutlu çok amaçlı davranış biçimi, tıpkı birçok aleti içinde barındıran İsviçre ordu çakısı kullanmaya benzer bir uyumlanmadır; çevrenin kendi yaşam süresi içinde önemli ölçüde çeşitlilik göstermesi gibi, bireyin türlü zorluklarla başa çıkmasına yardımcı olur. Çok daha uzun bir zaman dilimine yayılan çevresel değişimler, bir türün bedenini nesiller boyunca uyumlu hale getiren evrimle karşılanabilir (sürekli kurak koşullara uyum sağlayan develer gibi). Öte yandan zekâ, doğal seçilimin bedeni adapte edebileceğinden daha hızlı değişen bir çevre sorununa evrimsel bir çözümdür. İnsansıları her zaman olduğundan daha esnek ve zeki davranmaya yönlendiren evrimsel baskıyı yaratmak için atalarımızı çok kısa zaman dilimleri içinde etkileyen bir şey gerçekleşmiş olmalı.

Evrimi Doğu Afrika'da bizim gibi son derece zeki insansılara doğru iten koşullara dair özel olan şey ne olabilirdi? Son yıllarda ortaya çıkan cevap, bir kez daha bölgenin kendine özgü tektonik ortamına vurgu yapmaktadır. Gördüğümüz gibi Doğu Afrika, altında yükselen magma bacasıyla yukarı doğru şişiyordu ve kabuk çatlayıp kırılana kadar gerildi. Bu nedenle Büyük Afrika Rifti'nin coğrafyası büyük kabuk yığınlarının battığı ve her iki tarafı dağlık sırtlarla kaplanmış düz bir vadi tabanı ile nitelendirilir. Özellikle yaklaşık üç mil-



Resim 1 Doğu Afrika Rift Vadisi sistemi büyük göller ve amplifikatör göl havzalarıyla birlikte gösterilmiştir.

yon yıl önce, vadi tabanında iklim koşulları yeterince yağışlı olsaydı, göllerle dolabilecek çok sayıda geniş ve yalıtılmış havza oluşmuştur.²⁶ Bu derin göller önemlidir çünkü insansılara her yıl kurak mevsimler boyunca akarsuların sağladığından daha güvenilir bir su kaynağı sağlamışlardır.²⁷ Fakat bunların çoğu geçiciydi: Değişen iklimle birlikte zaman içinde ortaya çıkıp kayboldular.

Tektonik yarığın görüntüsü vadinin en alt kısmı ile yüksek bölgelerindeki koşullar arasında keskin bir tezat oluşturur. Yağmur, uzun yarık duvarların ve volkanik zirvelerin üzerine düşer, daha sonra yüksek buharlaşma oranlarıyla çok daha sıcak bir ortama, vadi tabanına serpilmiş göllerin içine doğru akar. Bu, Rift Vadisi'ndeki göllerin birçoğunun yağış ve buharlaşma arasındaki dengeye son derece duyarlı

olduğu, iklimdeki küçük bir değişimin bile su seviyelerinin önemli ölçüde ve hızlı bir şekilde, Dünya'daki ve Afrika'nın bir başka yerindeki diğer göllere göre çok daha fazla tepki vermesine yol açtığı anlamına gelir.²⁸ Bölgesel iklimdeki küçük değişimlerin su seviyelerinde çok büyük değişikliklere neden olduğu bu hayati su kütleleri, zayıf bir sinyali yoğunlaştıran bir hi-fi amplifikatör gibi davrandıkları için, "Amplifikatör göller" olarak bilinirler. Rift Vadisi'ni ortaya çıkaran tektonik süreçlerin uzun süreli eğilimleri ve yeryüzünün iklim sapmaları ile evrimimizi doğrudan doğruya önemli ölçüde etkileyen doğal ortamların ani dalgalanmaları arasındaki anahtar bağlantıyı, bu olağandışı amplifikatör göllerin sağladığı düşünülmektedir.

Burada gezegenimizin sahip olduğu evrensel koşulların iki özel yönü önemlidir: Dünya'nın Güneş çevresindeki yörüngesinin esnemesi (merkezkaç) ve Dünya ekseninin firdolanımı (yalpalama). Dünya yörüngesinin uzamış bir şekle doğru her çekilişinde (azami merkezkaç) Doğu Afrika'daki iklim çok istikrarsız bir hale geldi. İklimsel değişkenliğin bu evrelerinin her biri sırasında, devininim döngüsü Kuzey Yarımküre'ye biraz daha fazla güneş ısıyı yolladığında Rift Vadisi'nin duvarlarına daha fazla yağmur düştü. Amplifikatör gölleri ortaya çıkıp genişledi ve kıyıları ağaçlarla kaplandı. Devininim döngüsünün karşıt evrelerinde ise tam tersine yarık daha az yağış aldı ve göller ya küçüldü ya da tamamen yok oldu. Daha sonra Rift Vadisi, zayıf bitki örtüsüyle, yeniden son derece kurak bir hale büründü.²⁹ Doğu Afrika'daki çevre son birkaç milyon yıl boyunca büyük oranda çok kurak olmuştur ama bu genel durum, iklimin önce çok daha fazla yağış sonra tekrar kuraklık arasında hızla gidip geldiği son derece değişken dönemler arasına serpilmiştir.

Bu değişken evreler her 800 bin yılda bir ortaya çıktı ve bu dönemlerde amplifikatör göller gevşek birer ampul gibi yanıp sönerek titreşti –her dönüşüm, atalarımız üzerinde büyük etkisi olan su, bitki örtüsü ve gıdanın ulaşılabilirliği açısından çok önemli bir değişime neden oldu. Hızla dalgalanan koşullar, elinden her iş gelen ve uyum yeteneği yüksek insansıların hayatta kalmasını kolaylaştırdı; böylece daha büyük beyin ve daha yüksek zekânın evrimini yönlendirdi.³⁰ Bu tür iklimsel değişkenliklerin en yakın üç dönemi 2,7-2,5; 1,9-1,7 ve 1,1-0,9 milyon yıl önce ortaya çıkmıştı.³¹ Biliminsanları fosil kayıtlarına

bakarak çok ilginç bir keşifte bulundu. Genellikle beyin hacmindeki artışla ilişkilendirilen, yeni insansı türlerinin ortaya çıkma ya da tekrar neslinin tükenme zamanlaması, dalgalanan yağış-kuraklık koşullarının olduğu bu dönemlere rastlıyordu. Örneğin insan evriminin en önemli olaylarından biri, yedi büyük göl havzasından beşinin defalarca dolup boşaldığı bir evrede, 1,9 ila 1,7 milyon yıldaki değişken dönemde meydana geldi. Bu zaman zarfında, beyin hacmindeki belirgin artışla ortaya çıkan *H. erectus* da dahil olmak üzere, insansı türlerinin sayısı zirveye ulaştı. Genel olarak bildiğimiz 15 insansı türünden 12'si bu üç değişken evre sırasında ortaya çıkmıştır.³² Dahası, daha önce tartıştığımız alet teknolojilerinin farklı aşamalarının geliştirilmesi ve yayılması – Olduvan, Aşölyen, Musteryen* – aynı zamanda aşırı iklim değişkenliğinin eksen kayması dönemleriyle uyushmaktadır.³³

Değişken dönemlerin sadece evrim sürecimizi belirlemekle kalmadığı, aynı zamanda birçok insansı türünü doğdukları yerden Avrasya'ya göç etmeye zorladığı da düşünülmektedir. Bir sonraki bölümde türümüz *Homo sapiens*'in tüm küreye nasıl dağılabildiğini ayrıntılı bir şekilde inceleyeceğiz. Ne var ki insansıları Afrika'nın dışına iten koşullar ilk etapta yine Büyük Rift Vadisi'ndeki iklim dalgalanmalarına bağlıdır.

Her yağışlı dönem sırasında geniş amplifikatör göllerin dolmasıyla fazladan su ve besinin kullanılabilir hale gelmesi bir nüfus patlamasına neden olurken aynı zamanda ağaçlarla çevrili yarık yamaçlarının üst kısımları boyunca yerleşim için kullanılabilir alan miktarını sınırlıyordu. Bu durum insansıları Rift Vadisi tüpü boyunca sıkıştırdı ve sonunda onları, bir iklim pompası gibi devinimsel döngünün her bir yağış darbesiyle Doğu Afrika dışına itti. Rutubetli koşullar insansı göçmenlerin Avrasya'ya saçılmak için Nil kolu boyunca kuzeye ve Sina Yarımadası ile Levant bölgesinin daha yeşil koridorlarına doğru hareket etmelerine olanak sağlayacaktı.³⁴ *Homo erectus* Afrika'yı 1,8 milyon yıl önce değişken iklim evresinde terk

* Arkeologlar tarafından Avrupa'daki Neandertallerle ve Kuzey Afrika ve Batı Asya'daki anatomik olarak ilk modern insanla ilişkilendirilen taş aletler ya da diğer arkeolojik endüstri ürünleri stili. Musteryen, Batı Avrasya Eski Taş Devri'nin ortası olan Orta Paleolitik Çağ'a kadar tarihlenir. (Y.N.)

ederek sonunda Çin'e kadar yayıldı. *H. erectus*, Avrupa'da Neandertallere dönüşürken Doğu Afrika'da kalan *H. erectus* nüfusu 300-200 bin yıl önce anatomik olarak modern insanları meydana getirdi.

Bir sonraki bölümde göreceğimiz gibi kendi türümüz yaklaşık 60 bin yıl önce Afrika'dan dünyaya dağıldı. Avrupa ve Asya'ya doğru ilerlerken daha önceki insansı göçmen dalgalarının soyundan gelenlerle –Neandertaller ve Denisovanlar– karşılaştık. Bu iki tür yaklaşık 40 bin yıl önce yok oldu ve geriye sadece anatomik olarak modern insanlar kaldı. Avrasya'ya doğru ilerlerken, yakın akrabamız olan insan türleriyle etkileşimlerimiz ve melezleşmemiz sayesinde, *Homo sapiens* yaklaşık iki milyon yıl önce Afrika'daki farklı insansı türü çeşitliliğinin doruğundan yalnız bir tür haline geldi.³⁵ Bugün biz kendi türümüzün, dahası tüm insansı ağacının hayatta kalan tek üyesiyiz.

Bu başlı başına bir merak konusu. Kapsamlı arkeolojik bulgular-dan, Neandertallerin son derece uyumlu ve zeki bir tür olduklarını biliyoruz. Taş aletler yaptılar, mızraklarla avlandılar, ateşi kontrol ettiler; vücutlarını süslemiş ve ölümlerini gömmüş bile olabilirler. Aynı zamanda fiziksel olarak biz *Homo sapiensler*'den daha güçlüydüler. Hal böyleyken neredeyse biz Avrupa'ya varır varmaz Neandertaller ortadan kayboldu. Buz devrinin derinliklerinde yorucu iklimsel koşullara yenik düşmüş olabilirler (her ne kadar gelişimizle ilgili esraren-giz bir tesadüf bu açıklamayı göz ardı etmiş gibi görünse de) veya belki de anatomik olarak modern insanlar bu önceden var olan Avrupalılarla vahşi bir çatışmaya girdi ve onları unutulana dek katlettik. Yine de en olası açıklama, paylaştığımız çevredeki kaynaklar için net bir rekabet üstünlüğü sağladığımızdır. Modern insanların dil ve buna bağlı olarak sosyal koordinasyon ve yaratıcılıkla çok daha geniş bir kapasiteye sahip olduğu düşünülmektedir, tıpkı, daha ileri alet yapma yeteneklerine sahip oldukları gibi. Daha yakın bir zamanda tropikal Afrika'dan dağılmış olmamıza rağmen dikiş iğneleri ve –özellikle buz devri daha da iliklere işleyen, soğuk dönemlere girdiğinde daha sıcak– vücudu saran giysiler yapabiliyorduk.³⁶

Biz insanlar Neandertalleri kas gücümüzle değil beynimizle yendik ve ardından dünyanın hâkimi olduk. Bunun nedeni, muhtemelen atalarımızın Doğu Afrika'nın aşırı dalgalanan ikliminde daha

uzun bir evrimsel geçmişe sahip olmaları ve bunun onları Neander-tallerden çok daha fazla beceri ve zekâ geliştirmeye zorlamasıdır. Rift Vadisi'nin yağışlı-kurak değişken iklimine daha uzun süre uyum sağlamıştık ve bu da bizi, Kuzey Yarımküre'nin buz devri iklimi de dahil olmak üzere, dünyanın geri kalanında karşılaştığımız farklı iklimlerle daha iyi başa çıkabilecek hale getirdi.³⁷

Sonuç olarak insan denen canlı son birkaç milyon yıl içinde Doğu Afrika'da bir araya gelen gezegensel süreçlerin bileşimiyle, "tavında dövdü". Bu süreçler sadece bir bölgenin altından yükselen magma bacasıyla yerkabuğu kabardıkça kuruyarak, maymun atalarımızın nispeten düz, ormanlık yaşam alanının kurak bozkıra dönüşmesinden ibaret değildi. Tüm arazi dik fay yüzeyleri ve katılmış volkanik lav sırtlarıyla kesilen engebeli bir hal almıştı. Bu, zamanla değişmeye devam eden farklı doğal ortamların karmaşık bir mozaik şeklinde parçalandığı bir dünyaydı. Özellikle Doğu Afrika'nın genişlemeli tektonizması, yağış toplayan uzun duvarlar ve sıcak vadi tabanından oluşan kendine özgü bir coğrafyayı ortaya çıkarmak için, Rift Vadisi'ni yırttı. Dünya yörüngesi ve dönüş eksenindeki kozmik döngüler, bölgedeki tüm yaşam üzerinde güçlü bir evrimsel basınç yaratmak için düzenli aralıklarla yarık tabanındaki havzaları, mütevazı iklim dalgalanmalarına karşı bile hızla tepki veren, amplifikatör göllerle doldurdu.

İnsansı anavatanlarımızın bu eşsiz koşulları, uyum sağlayabilen ve elinden her iş gelen türlerin gelişmesini sağladı. Atalarımız zekâlarına ve sosyal gruplar içinde birlikte çalışmaya çok daha fazla güvenmeye başladı. Hem uzay hem de zaman içinde büyük farklılıklar gösteren bu çeşitli yeryüzü şekilleri insansı evriminin beşiğiydi ve onun içinden kendi kökenlerini anlar hale gelmek için yeterince zeki, çıplak ve geveze bir maymun ortaya çıktı. *Homo sapiens*'in kendine has özellikleri –tarımı geliştirmemize, şehirlerde yaşamamıza ve uygarlıklar kurmamıza olanak sağlayan zekâmız, dilimiz, alet kullanmamız, sosyal öğrenme ve işbirliğine dayanan davranışlarımız– Rift Vadisi'nin özel koşulları tarafından üretilen bu aşırı iklimsel değişkenliğin sonuçlarıdır. Bütün türler gibi biz de çevremizin bir ürünüyüz. Biz Doğu Afrika'daki iklim değişikliği ve tektonizmadan doğan bir maymun türüyüz.³⁸

Levha Tektoniğinin Çocuklarıyız

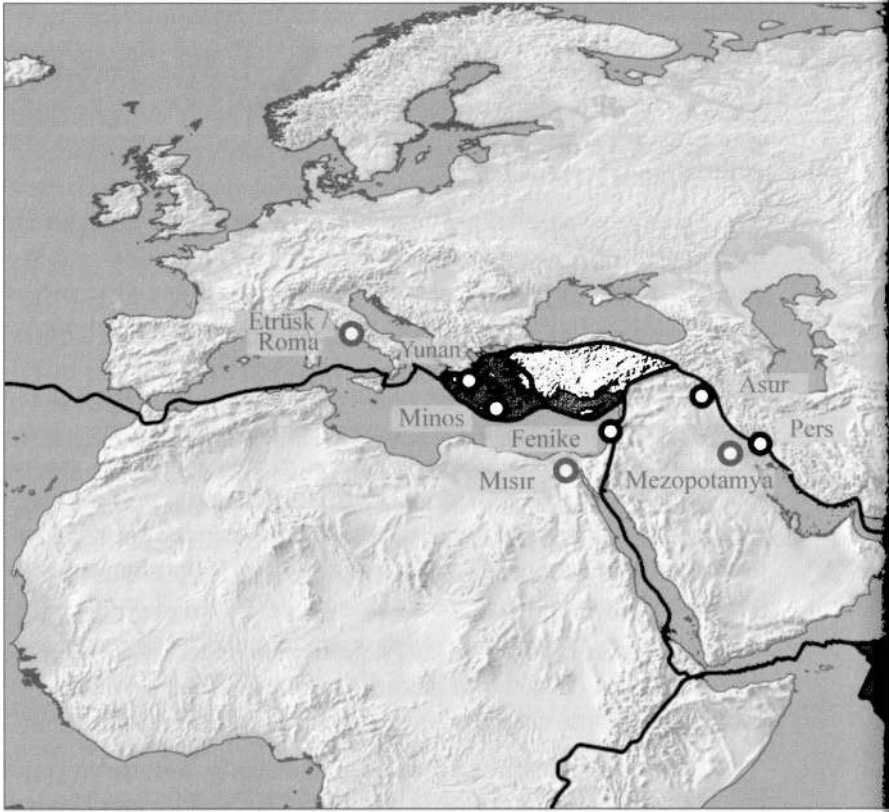
Levha tektoniği sadece bir tür olarak içinde evrim geçirdiğimiz Doğu Afrika'nın çeşitli ve hareketli ortamını yaratmakla kalmadı; aynı zamanda insanlığın ilk uygarlıklarımızı kurmaya giriştiği yeri tanımlayan bir etken oldu.

Eğer birbirine sürtünen tektonik levha sınırlarını gösteren bir haritaya bakar ve üzerine dünyanın en büyük uygarlıklarının konumlarını yerleştirirseniz, şaşırtıcı derecede yakın bir ilişki ortaya çıkar: Çoğunluğu levha sınırlarının çok yakınında konumlanmıştır. Yeryüzündeki yerleşim için uygun olan arazi miktarı düşünüldüğünde bu çok şaşırtıcı bir ilişkidir ve şans eseri ortaya çıkması uzak bir ihtimaldir. Biliminsanları varlıklarını saptamadan önce, ilk uygarlıklar binlerce yıldır tektonik kırıkların yanına sokulmayı seçmiş gibi görünüyorlar. Yerkabuğundaki bu kırıkların doğurduğu depremler, tsunamiler ve volkanların tehlikelerine rağmen antik kültürlerin kurulması için onları bu kadar cazip kılan levha sınırlarıyla ilgili bir şeyler olmalı.

Harappa uygarlığı MÖ 3200 dolaylarında, Himalayalar'ın eteklerinde uzanan bir çöküntü çukurunda, Mezopotamya ve Mısır'ın yanında, dünyanın en eski üç uygarlığından biri olarak doğmuştur.³⁹

Tektonik levhaların çarpışması, Hindistan'ın Avrasya'ya çarpmasıyla oluşan Himalayalar gibi, yüksek dağları yukarı doğru kıvrır ama bunun yanında dağ sırasının muazzam ağırlığı da kabuğu aşağı doğru esneterek düşük rakımlı bir alçalma havzası oluşturur. Himalayalar'dan akan İndus ve Ganj nehirleri dağlardan aşınmış tortuları getirip yığıldıkları bu önülke havzasından geçer ve erken dönem tarımı için çok bereketli topraklar oluşturur. Harappa uygarlığının Hindistan ve Avrasya levhaları arasındaki kıtasal çarpışmadan doğduğunu söyleyebilirsiniz.

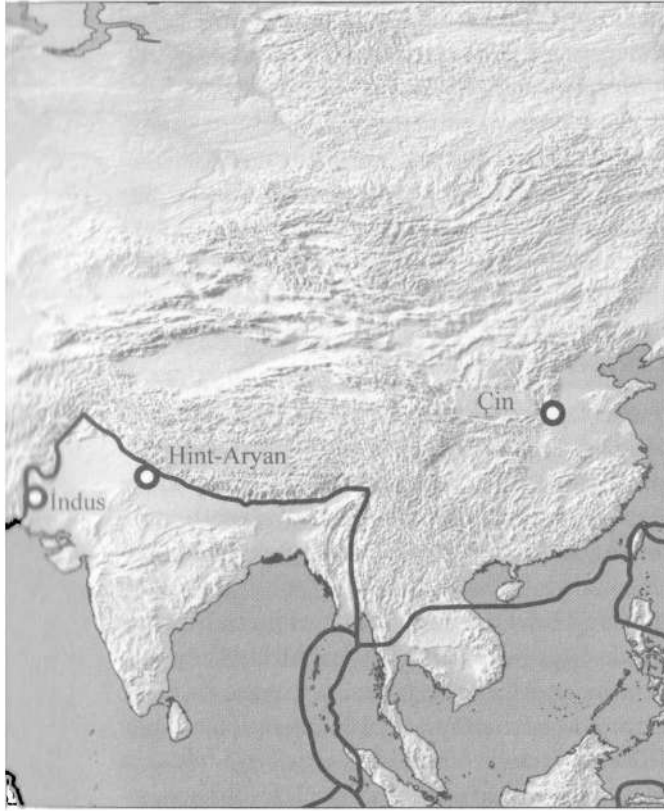
Mezopotamya'daki Dicle ve Fırat nehirleri de Arap Levhası'nın Avrasya'nın altına batmasıyla oluşan Zagros Dağları tarafından aşağıya doğru itilen alçalma bir önülke havzası boyunca akar (bkz. s. 81).⁴⁰ Bu nedenle Mezopotamya toprakları da benzer şekilde bu dağ sırasının aşınmış tortularıyla zenginleşmiştir.⁴¹ Asur ve Pers uygar-



lıkları Arabistan ve Avrasya Levhası arasındaki bu kavşağın hemen üzerinde ortaya çıkmıştır.

Minos, Yunan, Etrüsk ve Roma uygarlıklarının tümü de Akdeniz Havzası'nın karmaşık tektonik ortamında levha sınırlarına çok yakın yerlerde gelişmiştir. Maya uygarlığı MÖ 2000 civarında Mezoamerika'da* ortaya çıkıp, Cocos Levhası'nın Kuzey Amerika ve Karayip levhalarının altına dalmasıyla yükselen dağlar arasında inşa ettikleri büyük şehirlerle, Güneydoğu Meksika, Guatemala ve Beli-

* Meksika ve Orta Amerika. (Ç.N.)



Resim 2 İlk büyük uygarlıklar ve levha sınırlarına yakınlıkları.

ze'nin çok büyük kısmına yayıldı. Daha sonraki Aztek kültürü, depremleri ve Azteklerce kutsal sayılan Popocatepetl, Tüten Dağ gibi yanardağlarıyla aynı yakınsak levha sınırına yakın geliştirdi.*

* Tektonik sınırlar üzerinde yükselen bu erken uygarlık modelinin iki temel istisnası Mısır ve Çin'dekilerdir. Mısır uygarlığı; Etiyopya ve Ruanda'daki tektonik Rift Vadisi'ni çevreleyen dağların tepelerinden aşınarak gelen verimli tortuları taşıyan Nil'in düzenli taşkınlarıyla beslenmişti. Çin uygarlığı ise kuzeydeki Sarı Nehir Ovası'nda başladı ve Yangtze Nehri Vadisi'ne yayılmadan önce her ikisi de Hindistan ve Avrasya'nın kıtasal çarpışması sonucu yukarı doğru itilen Tibet Platosu'ndan aşağı doğru aktı. Dolayısıyla, levha kenarı boyunca konumlanmış olmasa da hem Mısır hem de Çin uygarlıkları tarım ve refahlarını son on bin yıl içinde ortaya çıkan tektonik özelliklere borçludur.

Zengin ve ekilebilir topraklara sahip olan yerler yalnızca kıtasal çarpışmalarla yükselen dağ sıralarının eteklerinde yer alan Mezopotamya gibi çöküntü havzaları değildir. Yanardağlar da bereketli tarım toprakları üretir. Bu topraklar, yutulan levha dünyanın sıcak iç kısmına doğru daha derine batarak, yukarıdaki yüzeyde gerçekleşen patlamaları besleyecek olan magmanın yükselen kabarcıklarını serbest bırakmak için eridiğinde, dalma hattından 100 kilometre veya çok daha uzakta geniş bir hat içinde yükselir. Akdeniz'deki Yunan, Etrüsk ve Roma gibi uygarlıklar Afrika Levhası'nın Akdeniz bölgesini oluşturan daha küçük levhaların altına daldığı şeritteki zengin volkanik toprak sahalarında ortaya çıkmıştır.⁴²

Tektonik gerilmeler kayaların içindeki kırıkları açık tutar veya ters fay olarak bilinen ve genellikle doğal kaynak sularını oluşturan büyük yerkabuğu parçalarını yukarı doğru iter. Afrika, Arabistan ve Hindistan levhalarının çarpışmasıyla yıkılan Güney Avrasya boyunca dizilmiş dağlardan oluşan uzun hat, Dünya yüzeyi genelinde kurak şeritle çıkarılır. Bu hat Arabistan ve Büyük Hindistan Çölü'nü içerir ve atmosferdeki dolaşımın kuru, alçalan kısmı tarafından oluşturulur (8. bölümde bu konuya geri döneceğiz). İşte bu bindirme fayları sık sık düşük rakımlı çorak çöller ve yükselen yaşama elverişsiz dağlar veya yaylalar arasında yer alan kavşaklarda yer alır bu nedenle ticaret yolları genellikle bu jeolojik sınırlardan geçer. Yol boyunca serpiştirilmiş, dağların eteklerindeki su kaynaklarıyla beslenen kasabalar, gezgin tüccarları ağırlar.⁴³ Yine de tektonik hareketler kurak çevrelerde su kaynakları sağlıyor olsa da bu yerleşkeler yerkabuğundaki her yeni kaymayla ortaya çıkan yıkıcı depremlere karşı savunmasızdır.⁴⁴

1994 yılında İran'ın güneydoğusunda yer alan küçük çöl köyü Sefidab bir depremle tamamen yıkıldı. İşin ilginç yanı Sefidab'ın son derece uzakta olmasıydı. Hint Okyanusu'na giden uzun bir ticaret rotası üzerindeki birkaç duraktan biri olan Sefidab, her yönden 100 kilometre içindeki tek yerleşimdi. Yine de deprem, köyü inanılmaz bir hassasiyetle hedef aldı. Daha sonra Sefidab'ın yerin çok altında uzanan bir bindirme fayının tam üzerine inşa edildiği ortaya çıktı. Fay o kadar derindeydi ki yüzeyde, bir uyarı yamacı gibi, varlığına

dair belirgin bir işaret oluşturmamıştı ve bu yüzden jeologlar tarafından daha önce tespit edilememişti. Geriye dönüp bakacak olursak tek işaret, kasabanın yanında yüz binlerce yıllık deprem hareketlerinin üzerinde yavaşça yükselen, sıradan, hafifçe kıvrılmış bir sırttı. Yerleşimin buraya kurulma nedeni bu sürekli tektonik yukarı itmenin sırtın tabanında yer alan ve kilometreler boyunca çevredeki tek su kaynağı olan, kaynakları korumuş olmasıydı. Fay, çölde yaşamaya izin veren koşulları yaratmıştı ama aynı zamanda öldürme gücüne de sahipti.⁴⁵

Bu bindirme faylarının ortaya çıkardığı su kaynakları binlerce yıldır kullanılmakta ve birçok antik yerleşim yerinin neden tektonik sınırlar üzerinde yer aldığını açıklamaktadır. Bununla birlikte bu faylar günümüz dünyasında giderek artan bir kaygının nedeni haline gelmektedir. İran'ın başkenti Tahran, Elbruz Dağları'nın eteğindeki önemli bir ticaret güzergâhı üzerinde bir araya gelen küçük kasabalar kümesinden doğdu. Şehir 1950'lerden bu yana hızla büyüdü ve bugün çalışma saatleri içinde on milyonun üzerine çıkan, sekiz milyonundaki yerleşik ahalisiyle yoğun nüfuslu bir kent halini aldı.⁴⁶ Başlangıçta bu bölgeyi işgal eden küçük ticaret kasabaları yüzyıllar boyunca defalarca hasar görmüş ya da bu bindirme fayın, artan tektonik gerilimi azaltmak için yerinden oynamasıyla oluşan deprem sarsıntıları yüzünden yerle bir olmuştu. Tahran'ın kuzeydoğusundaki dağ zincirinin uzak kenarında yer alan Tebriz kenti, 1721 ve 1780'de meydana gelen depremlerle harap olmuş, herhangi bir şehrin nüfusu günümüzdekilerin çok küçük bir kısmıyken, depremlerin her biri tek seferde 40 binden fazla insanın ölümüne yol açmıştı. Eğer bu bindirme fayı üzerinde başka büyük deprem sarsıntıları meydana gelirse, daha doğrusu geldiğinde, Tahran üzerindeki etkileri yıkıcı olabilir. İnsanlar bin yıldır, yarattıkları su şebekesi ve arazi sınırı boyunca ilerleyen ticaret güzergâhı tarafından çizilen bu tür bindirme faylarında yerleşik durumdadır ve burada gelişen büyük modern şehirler günümüzde bu jeolojik mirasa karşı özellikle savunmasızdır.⁴⁷

Biz levha tektoniğinin çocuklarıyız. Bugün dünyadaki en büyük şehirler tektonik fayların üzerinde oturur ve dahası tarihteki en

eski uygarlıkların çoğunluğu yerkabuğunu oluşturan levhaların sınırları boyunca ortaya çıkmıştır. Daha öncelikli olarak, Doğu Afrika'daki tektonik süreçler insansıların evrimi ve özellikle zeki ve uyum sağlayabilen türümüzün ilerlemesi için son derece önemliydi. Şimdi gezegenimizin tarihinin, insanlığın Büyük Rift Vadisi'ndeki doğum yerimizden göç etmesine ve tüm dünyaya hükmetmesine yol açan olağandışı dönemine dönelim.

KITASAL GEZGİNLER

Şu anda olağandışı bir jeolojik çağda yaşıyoruz. Bu tek bir bas-kın özelliğiyle ayırt edilen bir zaman: Buz. Küresel ısınma üzerine var olan endişeler göz önüne alındığında bu şaşırtıcı gelebilir. Orta-lama sıcaklıkların Sanayi Devrimi'nden beri yükseldiği ve özellikle son 60 yıl içinde hızla arttığı inkâr edilemez bir gerçek. İnsan aktivi-tesinin neden olduğu bu son sıçrama, Kuaterner Dönem'in* uzun süreli buzullaşmasının genel zaman dilimi içinde meydana geliyor. Yaklaşık 2,6 milyon yıl önce, son jeolojik dönemin başlangıcında, yeryüzü tekrarlanan buz devirlerinin darbeleriyle betimlenen yeni bir iklim düzenine doğru kaydı. Bu koşullar bugünün dünyası ve onun içinde nasıl yer aldığımızla ilgili çok derin etkilere sahiptir.

Şu anda nispeten sıcak koşullar, daralan buz tabakaları ve dola-yısıyla daha yüksek deniz seviyeleriyle bir buzullar arası çağı yaşıyo-ruz. Ortalama koşullar, son 2,6 milyon yıl boyunca bugünkünden çok daha soğuk olmuştur. Belki de müze sergilerinden ve TV belge-sellerinden dünyanın son buz devrinde nasıl görüldüğüne aşinayız-

* Dördüncü dönem. (Ç.N.)

dır – büyük buz tabakalarının Kuzey Yarımküre’nin büyük bir kısmında genişlediği bir zaman, kılıç dişli kaplanlara yem olan ve kürk giymiş Paleolitik insanlar tarafından taş uçlu mızraklarla avlanan, tundra benzeri bir arazi boyunca uzun adımlarla yürüyen tüylü mamutlar.

Bu yakın gezegen tarihimizdeki buzullaşmanın son aşamasıydı. Son 2,6 milyon yıl içinde 40 ila 50 buz devri gerçekleşmiş¹ ve giderek artan bir şekilde daha uzun ve daha soğuk hale gelmiştir. Aslında Kuaterner Dönem, gezegenin ikliminin dondurucu buz devirleri ve daha sıcak buzullar arası çağlar açısından değişken olduğu, büyük buz tabakalarının düzenli genişleyip daralmasına yol açan son derece istikrarsız bir zamandır.² Buzlanma ortalama 80 bin yıl sürer, buz devirleri arasındaki soluklanma süresi ise sadece 15 bin yıl civarındadır.³ 117 bin yıl önce girdiğimiz Holosen* evre gibi her buzullar arası çağ, iklim bir başka dondurucu zaman dilimine dalmadan önce verilen kısa bir sıcak moladan başka bir şey değildir. Gezegenimizin neden bu düzensiz iklim safhasına girdiğini daha sonra göreceğiz ama önce son buz devrinin koşullarına bir bakalım.

Dondurucu Zamanlar

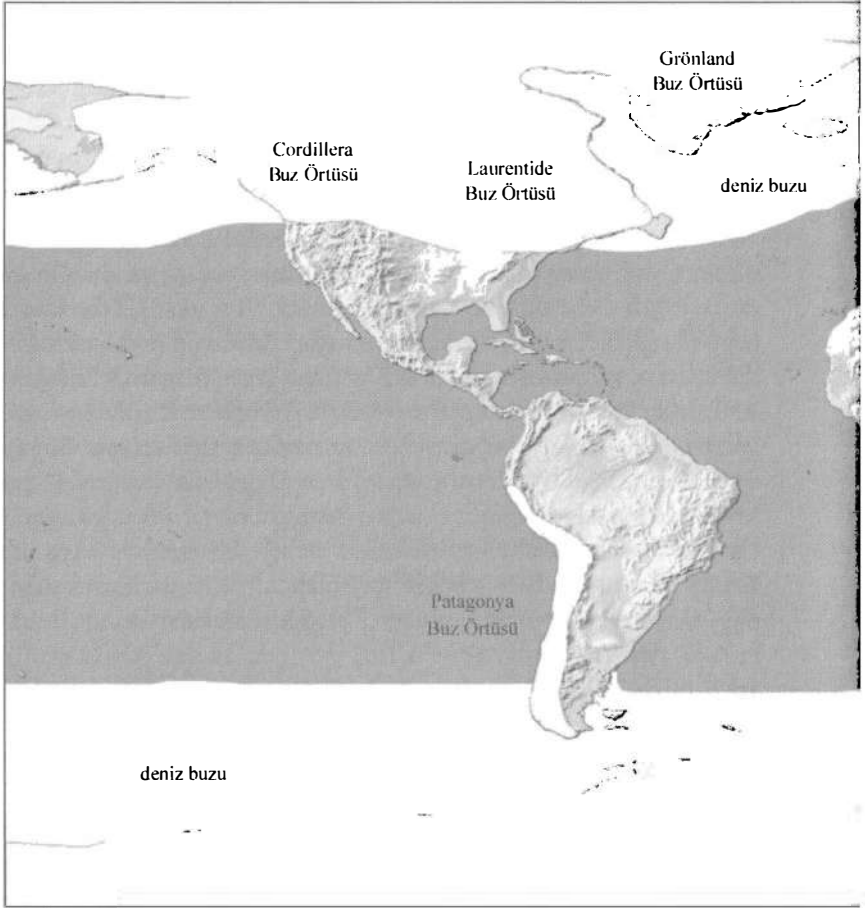
Son buz devri 117 bin yıl önce başladı ve halen sürmekte olan Holosen buzullar arası çağın başlangıcına kadar yaklaşık 100 bin yıl sürdü.⁴ 25 bin ila 22 bin yıl kadar önceki zirvesinde, kuzeyden başlayan 4 kilometre kalınlığındaki muazzam büyüklükte buz tabakaları⁵ Kuzey Avrupa ve Amerika’yı boğmak üzere genişledi. Daha küçük başka bir buz tabakası Sibirya boyunca genişleyerek, büyük buzullar Alpler, And Dağları ve Himalayalar gibi sıradağların yanı sıra Yeni Zelanda’nın engebeli omurgasından aşağı doğru yayıldı.

* Günümüzden yaklaşık 12 bin yıl önce Kuaterner Dönem içinde yer alan Pleistosen’in (buz devri) bitmesiyle başlayan ve günümüze kadar gelen jeolojik zaman. İnsan türünün yerleşik hayata geçmesi, hızla çoğalması, uygarlıklar kurması, etkileri ile tüm yazılı ve teknolojik devrimleri içerir. (Y.N.)

Genişleyen bu buz tabakaları ve buzullar devasa miktarda suyu içine hapsetti ve deniz seviyesi, büyük kara kütlelerinin kenarlarında yer alan kıta sahanlıklarını ortaya çıkararak, dünya çapında 120 metreye kadar düştü. Kuzey Amerika, Grönland ve İskandinav buz örtüleri bu kıta sahanlıklarının ucuna kadar yayıldı ve onları çevreleyen denizler yüzen buz tabakalarıyla kaplandı.⁶

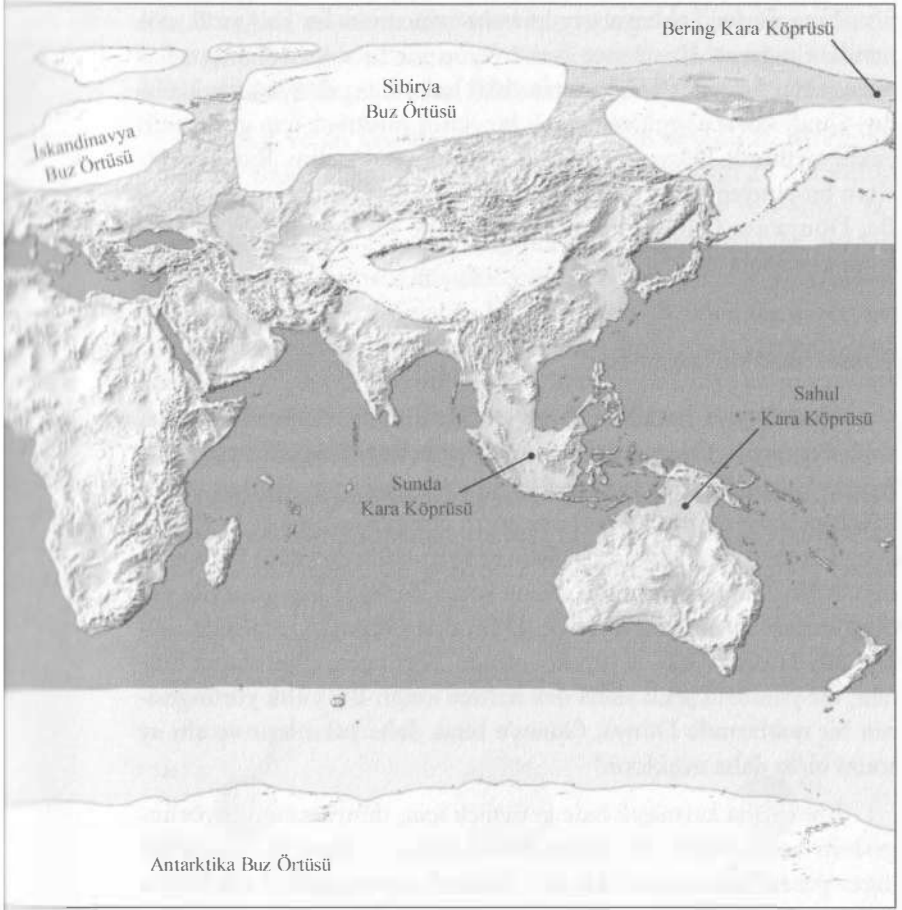
Buz tabakalarının çevresinin ısıtırak verici derecede soğuk olmasının yanı sıra, soğuk denizlerden gelen buharlaşmanın azalması dünyayı çok daha kuru bir hale getirecekti. Uluyan rüzgârlar kurak ovalarda şiddetli toz fırtınalarına yol açtı.⁷ Bütün yıl boyunca altındaki donmuş toprak (permafrost) ve daha güneyde göz alabildiğince uzanan kuru, otlarla kaplı stepleriyle Avrupa ve Kuzey Amerika arazisinin çoğunluğu tundraya benzer bir görüntüye sahipti. Bugün Avrupa’da yetişen ağaçların çoğu, sadece Akdeniz’in etrafındaki yaşılmış sığınaklarda hayatta kalmıştır. 20 bin yıl önce günümüz Orta Avrupa’sının yoğun ormanları ve ağaçlık alanları bugünün Kuzey Sibiryası’na benziyordu.⁸ Her buzul devrinin sona ermesiyle okyanuslar tekrar yükseldi ve kıta sahanlıklarını sular altında bıraktı. Geri dönen buzullar arası iklimi, geri çekilen buz tabakalarının arkasındaki iyileşen koşulları izleyerek dünyanın dört bir yanındaki ekosistemlerin kutuplara doğru yavaşça yayıldığını gördü. Göçler, hayvan dünyasında yaygındır –kış için güneye uçan kuşlar ya da Serengeti’de bir gel-git dalgası gibi yükselen antilop sürüleri– ama ormanlar da göç eder. Elbette ağaçlar tek tek köklerini topraktan çıkarıp hareket edemez ama iklim ısındıkça tohumlar ve fidanlar her yıl biraz daha kuzeyde yaşamayı sürdürür ve zamanla orman, *Macbeth*’teki kehanet gibi, gerçekten yürür. Son buzul devrinden sonra Avrupa ve Asya’daki ağaç türlerinin, her yıl ortalama 100 metreden fazla kuzeye göç ettiği tahmin edilmektedir.⁹ Hayvanlar onları takip etti – doğrudan bitkilerle beslenen otoburlar ve onları izleyen yırtıcılar da. Tekrarlanan buzul çağları bitki ve hayvan yaşamının hareketini canlı bir gelgit dalgası gibi kuzeye ve güneye yayılmaya zorladı.

Buz devirleri şiddetine göre değişir ve buzullar arası çağlar da birbirine benzemez.¹⁰ Yaklaşık 130 bin-115 bin yıl önce gerçekleşen



Resim 3 Büyük kıtasal buz tabakaları ve bugünden 120 metre daha düşük deniz seviyelerini gösteren buz devri dünyası.

son buzullar arası çağ şu anda içinde bulunduğumuzdan genel olarak daha sıcaktı. Sıcaklık bugüne göre en az iki santigrat artmıştı, deniz seviyeleri yaklaşık beş metre daha yüksekti ve normalde Afrika'yla ilişkilendireceğiniz hayvanlar Avrupa'da geziniyordu. İnşaat işçileri 1950'lerin sonlarında Londra'nın merkezindeki Trafalgar Meydanı'nı kazarken hepsi bu bir önceki buzullar arası çağa ait olan –aslan-



ların yanı sıra gergedan, hipopotam ve fil gibi- bir dizi büyük hayvan kalıntısı buldu.¹¹ Bugün Nelson Sütunu'nun gölgesinde oturan turistler köşelerinde nöbet tutan bronz aslan heykelleriyle *selfie* çekmek için sabırsızlanıyorlar. Bunlardan kaç son buzullar arası çağda asıl olayı gözden kaçırmamaları gerektiğini farkında?

Yine de hayvanların yayılmasına izin veren bu kısa sıcak dönemlere rağmen Kuaterner esasen uzun bir buz devridir; buzullar arası çağlar boyunca bile kutuplar hâlâ kalın buz tabakalarıyla kaplıdır. Şimdi böyle soğuk ve dalgalı bir iklim yaratmak için gezegenin yakın tarihinde Dünya’da neler olup bittiğine dönelim. Buz devirlerinin bu yinelenen düzeninin kozmik nedenleri olduğu ortaya çıktı: Bu, Dünya’nın Güneş’e göre eğimindeki ve yörüngesindeki kaymalarla açıklanabilir.

Göksel Saat Mekanizması

Eğer Dünya mükemmel bir şekilde dik olarak dönseydi mevsimler olmazdı. Gezegenin ekseninin eğimli olması, yılın yarısında Kuzey Yarımküre’nin yaz mevsimini yaratmak için –ışınları yüzey üzerinde daha doğrudan parlaması için gökyüzünde yüksekte görünen– Güneş’e doğru eğilirken Güney Yarımküre’den daha fazla ısındığı anlamına gelir. Durum altı ay sonra kuzeyde kış, güneyde yaz oluşturmak için tersine çevrilir. Dünya da Güneş’in etrafında mükemmel bir daire içinde hareket etmez: Yörüngesi elips olarak bilinen, bir yumurta şekli alana dek hafifçe esner. Bir yıllık yörüngesinin bir noktasında Dünya, Güneş’e biraz daha yakınlaşır ve altı ay sonra biraz daha uzaklaşır.*

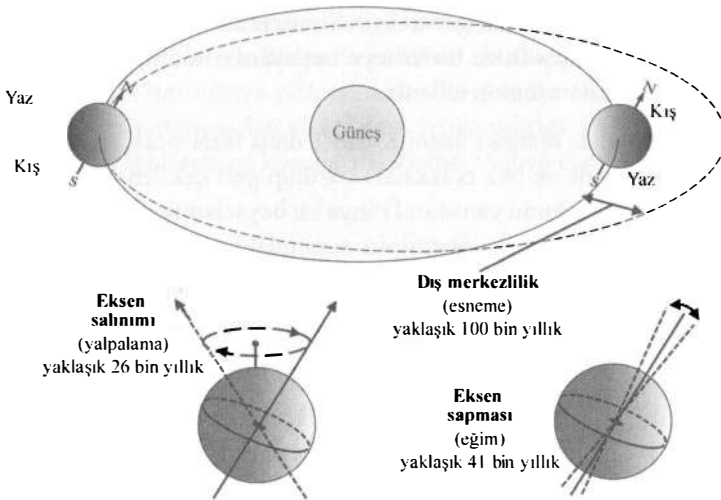
İşleri daha karmaşık hale getirmek için, dünyamızın ve yörüngesinin bu özellikleri de zaman içinde değişti, Güneş Sistemi’ndeki diğer gezegenlerin (özellikle dev Jüpiter’in) yerçekimsel etkileriyle hafifçe sürüklendi. Dünya’nın evrensel koşullarını değiştiren, son bölümde kısaca değindiğim birtakım göksel döngülerden doğan üç belirli yol vardır. İlk olarak, yörüngemiz yaklaşık 100 bin yıllık bir “merkezkaç” döngüsü üzerinde daha dairesel ve daha uzamış bir şekil arasında değişir. İkinci olarak, yaklaşık 41 bin yıl boyunca Dünya’nın Güneş’e göre eğimi $22,2^{\circ}$ ile $24,54^{\circ}$ arasında ileri geri hareket ederek kutupları Güneş’e doğru ya da Güneş’ten uzağa doğru salın-

* Halen Kuzey Yarımküre’de yaz, fiili olarak Dünya’nın eliptik yörüngesinde Güneş’ten en uzakta olduğu zamana denk geliyor.

dırır. Bu eğim, mevsimlerin şiddeti üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir ve bu açıdaki ufacık bir değişiklik bile Kuzey Kutbu'nun yaz aylarında biraz daha fazla ya da biraz daha az sıcaklık alması anlamına gelir.

Üçüncü ve en kısa döngü ise, gezegenin ekseninin titreyerek dönen bir topaç gibi, bir yörünge içinde yuvarlandığı 26 bin yıllık, yalpalama olarak bilinen süreçtir. Yalpalama, Kuzey ve Güney Yarımküreler Güneş'e doğru eğildiğinde yılın zamanlarını; bu yüzden de mevsimlerin zamanlamasını değiştirir (bu ekinoks yalpalaması olarak da adlandırılır). Şu anda Kuzey Kutbu -8. bölümde göreceğimiz gibi denizciler için çok kullanışlı olan- Polaris adı verilen yıldızı işaret ediyor ama 12 bin yıl içinde Dünya'nın dönüş eksenini yeni bir kuzey yıldızına, Vega'ya, doğru dönecek ve Kuzey Yarımküre'de yaz şu anda aralık dediğimiz aya denk gelecek.

Dolayısıyla Dünya'nın esnemesi, eğimi, sallanması ve yörüngesi gezegenin iklimi üzerinde etkilere sahiptir ve zaman içinde dögüsel olarak değişir. Bu periyodik değişimler son bölümde kısaca



Resim 4 Milankoviç döngüleri: Dünya'nın yörünge ve ekseninde iklimimizi etkileyen değişimler.

bahsettiğim Milankoviç döngüleridir; adını bu evrensel dönemsel-liklerin yeryüzündeki iklimi nasıl değiştirdiğini ilk kez ortaya koyan Sırp biliminsanından almıştır. Milankoviç döngüleri, yıllık yörünge-geci boyunca Dünya'nın yüzeyini ısıtan toplam Güneş ışığı miktarını tamamen azaltmaz: Güneş'in Kuzey ve Güney Yarımküreler arasındaki ısı dağılımını, dolayısıyla mevsimlerin şiddetini değiştirirler.

Sezgisel olarak düşünebileceğinizin aksine, buz devirlerini tetikleyen en önemli etmen Kuzey Kutbu'nun kışın ne kadar dondurucu olduğu değil, yazın ne kadar serin olduğudur. Kuzey'deki daha soğuk yaz dönemiyle birlikte, her kış yağan yeni kar tamamen erime-diği için yıllarca üst üste birikerek yükselir.¹² Daha serin kutup yazı da genellikle daha sıcak kış anlamına gelir ve bu da buz tabakalarının birikmesine yardımcı olur. Daha sıcak denizlerin daha çok buharlaşması daha fazla kar yağışına yol açacaktır. Dünya yörüngesinin dış merkezliliği, bir döngü çevresinde yalpalayarak Dünya ekseninin yönünün etkileri üzerinde özellikle bir amplifikatör gibi davranır. Örneğin ne zaman bu iki döngü birbirine ayak uydursa, yani Kuzey Kutbu Güneş'e doğru eğildiğinde yörüngemizin ucu eliptik dairesi içindeki Dünya'nın en uç noktasıyla çakışsa, o zaman kutup alışılmadık derecede serin yazlar görecektir. Sonuç olarak kışın büyüyen buz tamamen erimeyecek ve birikmeye başlayacaktır. Böylece gezegen başka bir buz devrine sürüklenir.

Milankoviç döngü düzeni Kuzey'e daha fazla sıcaklık sağlamak için geri dönene ve buz tabakaları çözülüp geri çekilene kadar Güneş'in ısısının çoğunu yansıtan Dünya bu beyazlamış durumda mahsur kalır.¹³ Her buzul döneminin sonundaki erime, başlangıçtaki donmadan her zaman çok daha hızlıdır. Milankoviç döngüleri Kuzey Yarımküre'yi tekrar ısıtmak için hareket ettikçe okyanus daha fazla karbondioksit ve su buharı salar, her ikisi de sera gazlarıdır ve ısınmayı artırır. Yükselen deniz seviyeleri de buz tabakalarının kenarlarını zayıflatır ve bunlar eriyip gittikçe kara ve denizin daha büyük bir yüzey alanı açığa çıkar ve deniz parlak beyaz buzdan daha fazla Güneş ışığını emer.¹⁴ Bunun sonucu olarak buz devirlerinin ritmi, hızlı bir erimenin takip ettiği, donmuş koşulların yavaşça azalmasıyla belirlenir.

Yaklaşık 2,6 milyon yıl önce bu buzthane döneminin başlangıcından itibaren buz devrinin genel eğilimi, Dünya'nın eğiminin Milankoviç döngüsünün 41 bin yıllık düzenini takip etti ama yaklaşık bir milyon yıl önce henüz net olmayan nedenlerden dolayı bu Dünya'nın esneyen yörüngesinin 100 bin yıllık dışmerkezlilik döngüsünün ardından daha yavaş fakat daha aşırı sapmalara dönüştü.¹⁵ Buz devirleri, farklı bir davulun¹⁶ vuruşlarıyla senkronize oldu – daha yavaş ama daha yüksek sesle çalan bir davulun. Her buz devri daha şiddetli hale geldi ve daha uzun sürdü: Kuzey Kutbu'ndan gelen buz tabakaları Avrasya ve Kuzey Amerika kara kütlelerinin aşağılarına doğru ilerleyebildi ve buzullar arası sıcak çağlarda tamamen erime-di.¹⁷ (Antarktika Buz Örtüsü de çok daha az boyutta olmakla birlikte genişler ve daralır.¹⁸)

Bu anlamda, aslında astrologlar haklıdır – ama kesinlikle düşündükleri şekilde değil. Diğer gezegenlerin gök kubbedeki hareketleri ruh halinizi ya da şansınızı belirlemez ama onların Dünya üzerindeki yerçekimsel etkileri çok daha derin bir şeyi etkiler: Yeryüzü ikliminin kendisini. Geçtiğimiz birkaç milyon yıl boyunca bu buz devirlerinin tik taklarını düzenleyen göksel saat mekanizmasını anlamak oldukça kolaydır. Yine de Milankoviç döngülerinin hemen göze çarpmayan etkileri; dünya iklimi halihazırda istikrarsız bir biçimde buzullaşmanın kıyısında tutunmaya çalışırken buz devri ile buzullar arası çağlar arasında tekrarlanan dalgalanmaları tetikleyebilir. Dolayısıyla asıl soru şudur: Bu buzthane koşullarına ilk başta sebep olan neydi?

Seradan Buzhaneye

Şu anda Dünya, ömrünün tuhaf bir döneminde. Varlığının yüzde 80-90'ında¹⁹ gezegenimiz bugünkünden çok daha sıcak olmuştur, kutuplardaki buz örtüsü ile geçen dönemler aslında nadir şeylerdir. Üç milyar yıl boyunca, gezegen üzerinde dikkate değer buzla geçen belki de sadece altı devir olmuştur.²⁰ Yine de son 55 milyon yılda Dünya sürekli bir soğuma yaşadı ve küresel iklim seradan buzhaneye dönüştü. Bu dönem, ortaya çıktığı jeolojik dönem nedeniyle Senozoik soğuma olarak bilinir. Ayaklarımızın altındaki değişik kayaların kat

kat tabakaları, jeologların gezegenimizin uzun tarihini, genellikle zamanın kitabındaki bölüm ve paragraflar gibi, içlerinde bulunan fosillerin türlerine atıfta bulunarak farklı dönemlere, devirlere ve çağlara bölmelerine olanak sağlar. İçinde bulunduğumuz, memelilerin ve anjiyosperm* bitkilerin hüküm sürdüğü çağ –3. bölümde gezegenimizin hayvan ve bitki örtüsüne geri döneceğiz– Senozoik (“yeni yaşam” anlamına gelir) olarak adlandırılır ve 66 milyon yıl önce dinozorlarla nitelenen Mezozoik** (“orta yaşam”) zamanı sona erdiren kitlesel yok oluşla başlamıştır. Senozoik içindeki en son dönem olan Kuaterner, bizim de karşılaştığımız buzul ve buzullar arası çağlarının iklim dalgalanmalarıyla betimlenir. Zamanı daha da ince bir şekilde dilimleyen Kuaterner’in en son dönemi Holosen’dir: İnsan uygarlığının tüm tarihini barındıran şu anda içinde bulunduğumuz buzullar arası çağ.

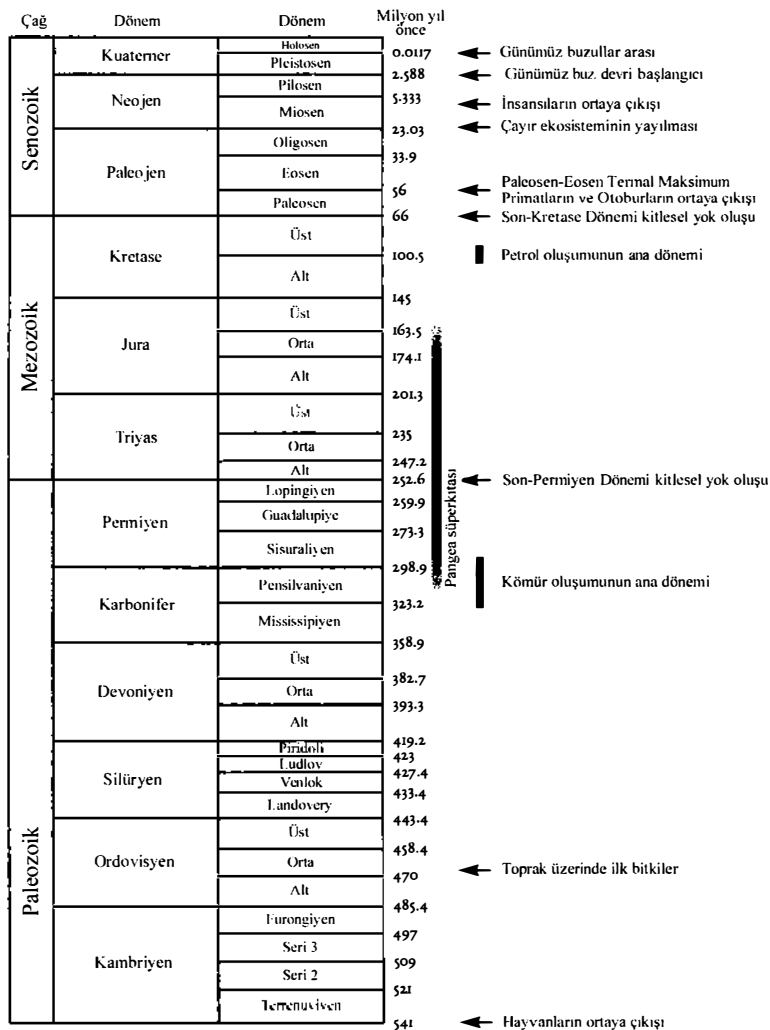
Kretase Dönemi*** sonunda, 66 milyon yıl önce dinozorların kitlesel yok oluşundan hemen önce Dünya, kutup bölgelerinde bile yetişen yemyeşil ormanlarla sıcak ve nemli bir ortama sahipti. Deniz seviyeleri bugünkünden belki 300 metre daha yüksekti ve gezegendeki kıtasal alanın yarısı sular altındaydı – o zamanlar kara kütlesi yeryüzünün sadece yüzde 18’ini oluştuyordu.²¹ Bu sıcak evre, sonraki on milyon yıl boyunca devam etti, Paleosen-Eosen Termal Maksimumu’yla (3. bölümde önemini açıklayacağız), 55,5 milyon yıl önce küresel iklim sürekli soğumaya başlamadan önce zirveye ulaştı. Antarktika’daki ilk kalıcı buz tabakaları yaklaşık 35 milyon yıl önce ortaya çıktı.²² Grönland üzerindeki buz tabakaları 20-15 milyon yıl önce oluşmaya başladı ve Kuaterner’in başlangıcında soğuma Kuzey Kutbu’nun buz örtüsünün genişlemeye başlaması için gereken eşiği geçmişti. Darbeler vuran buz devirlerinin şu andaki evresine girdik.²³

Görünen o ki Dünya soğumaya doğru giden düzenli bir çaba

* Kapalı tohumlu bitki. (Ç.N)

** Günümüzden 251 milyon yıl önce başlayıp 65 milyon yıl önce sona erdiği düşünülen zaman. Trias, Jura ve Kretase olmak üzere üç bölüme ayrılır. (Y.N.)

*** Günümüzden yaklaşık 145 milyon yıl önce başlayıp 66 milyon yıl önce sona erdiği kabul edilen Mezozoik Zaman’ın üçüncü ve son devri. Bu döneme tarihlenen kayalarda bol miktarda tebeşir bulunması nedeniyle Tebeşir Dönemi olarak da bilinir. (Ç.N.)



Resim 5 Dünya jeolojik tarihinin bölümleri

çinde. Peki hangi büyük ölçekli gezegen süreçleri bu küresel donmayı sağlamak için komplo kuruyor?

Karbondioksit ve metan gibi gazlar, su buharının yanı sıra, atmosferde bir seradaki cam levhalar gibi hareket ederler: Kısa dalga boyunda görünür Güneş ışığının doğrudan parlamasına ve Dünya'yı ısıtmasına izin verirler, ancak sıcak gezegen yüzeyi tarafından yayılan daha uzun dalga boyundaki kızıl ötesi ışığı engellerler. Bu sera gazlarının etkisi, ısı enerjisinin uzaya geri kaçmasını engellemek ve böylece gezegeni izole ederek daha yüksek sıcaklıklara yol açmaktır. Dolayısıyla havadaki bu sera gazlarının etkisini azaltan herhangi bir düzenek, bir küresel soğuma sağlayacaktır.

55 milyon yıl önce, geçen bölümde gördüğümüz gibi, kıtaların dansı Hindistan'ı Avrasya'ya çarpmaya ve devasa Himalayalar'ı yukarı doğru itmeye zorladı. O zamandan beri bu yüksek dağ sırası yüksek irtifadaki buzullar ve yağmur tarafından güçlü bir biçimde aşındırılıyor. Yağmur suyunda çözünmüş karbondioksitle reaksiyona giren kayalardaki mineraller, nehirlere akar ve deniz yaşamı tarafından kalsiyum karbonattan meydana gelen kabuklarını oluşturmak için kullanılır. Bu yaratıklar ölünce kabukları deniz tabanına sürüklenir ve gömülür. Böylece Himalayalar yavaşça tane tane parçalara ayrılır ve bu süreçte karbondioksit atmosferden uzakta kilit altına alınır. Bu, havadan karbondioksiti etkili bir şekilde emmek için güçlü bir mekanizma olsa da, Kretase Dönemi'nden Dünya'nın kutuplarda buz oluşmaya başlayacak kadar soğuduğu eşğin altına kadar; yüksek seviyelerdeki bu sera gazını azaltması yaklaşık 20 milyon yıl aldı.²⁴

Genç Himalayalar erozyona uğrarken kıtasal sürüklenme Antarktika'yı Güney Kutbu üzerindeki şu anki konumuna taşıdı ve Avustralya ve Güney Amerika'yı kuzeye doğru sürükledi. Bu durum Antarktika'yı tecrit etti ve kutup etrafında güney kıtasının etrafını saran büyük bir okyanus hendeği, açık bir deniz yolu ortaya çıkardı. Antarktika'yı çevreleyen güçlü bir okyanus akıntısı sabit hale geldi ve ekvatordan Antarktika kıyılarına ulaşan sıcak okyanus akıntılarını engelleyerek kıtanın donmuş olarak kalmasını sağladı. İlk kalıcı buz örtüsü Antarktika'yı yaklaşık 35 milyon yıl önce şekillendirmeye başladı.²⁵

Levha tektoniği de diğer kıtaları yeniden düzenleyip kara külesinin çoğunu Kuzey Yarımküre'ye iterken Dünya'nın güney yarısı çoğunlukla açık okyanusa dönüştü (8. bölümdeki "Kükreyen Kırklar" rüzgârlarına bakacağımız zaman geri döneceğimiz bir özellik). Yaklaşık son 30 milyon yıldır, Dünya topraklarının sadece üçte birini oluşturan ekvatorun güneyine karşılık, Kuzey Yarımküre'nin yüzde 68'i kıtalardan meydana gelmektedir.²⁶

Dünyanın *yin yang* şeklinde ikiye bölünmesi –karanın baskın olduğu bir Kuzey Yarımküre ve okyanuslarla kaplı bir Güney Yarımküre – Güneş'ten gelen sıcaklığın mevsimsel farklılıklarının etkilerini güçlendirir. Kara, kışın çalkantılı okyanus suyundan çok daha hızlı soğur ve büyüyen kalın buz tabakalarını güçlendirmek için çok daha uygundur. Her ne kadar genel olarak Kuzey Yarımküre'de daha fazla kara parçası olduğu doğru olsa da Güney Yarımküre'deki kutup şu anda tam üzerine oturan bir kıtaya sahiptir –Antarktika–, oysa Kuzey Kutbu denizdir. Bu bize Güney Yarımküre'nin neden kuzeydeki karşılığı olan Kuzey Kutbu'ndan çok daha erken bir zamanda buz örtüsüyle kaplandığını açıklar. Buzun okyanusta çok daha kolay eridiği Kuzey Kutbu'nda iklim 2,6 milyon yıl öncesine kadar, buzun her yaz erimemesi ve yıldan yıla birikmesi için yeterince soğumamıştı.

Günümüzün buzhane koşullarını yaratan son jeolojik etken Panama Kıstağı'nın oluşumudur. Kuzey ve Güney Amerika'yı birbirine bağlayan bu dar kara kordonu da levha-dalma-batma olayının önce bir volkanik adalar zinciri meydana getirip sonra deniz tabanını dalgaların üzerine kaldırmasıyla ortaya çıkan, kıtasal çarpışmanın bir sonucuydu. Pasifik ve Atlantik okyanusları arasındaki bağlantının kapanması 2,8 milyon yıl önce²⁷ gerçekleşti ve ekvatorial akıntıyı kuzeye çevirerek Kuzey Atlantik çevresindeki kara külelerine sıcak su sağlayan Gulf Stream'i* güçlendirdi. Bu sıcak su akıntısı kuzeyde buzullaşmayı biraz geciktirmiş olsa da buharlaşmadan kaynaklanan havadaki fazladan nem, kışın daha fazla kar yağışına neden oldu ve Kuzey Yarımküre'de buz tabakalarının büyümesine yol açtı.²⁸

* Körfez Akıntısı. (Ç.N.)

Buz tabakaları şekillendikçe önce Güney’de sonra Kuzey Kutbu’nda, parlak beyaz yüzeyleri uzaya daha fazla Güneş ışığı yansıttığı için– biliminsanlarının geri besleme döngüsü olarak adlandırdığı bir kartopu etkisiyle– daha fazla soğumaya katkıda bulundular. Denizler soğudukça havadan daha fazla çözünmüş karbondioksit tutabildiler, buna ek olarak atmosferik seviyeleri daha da aşağı çekerek, sera etkisinin neden olduğu ısınmayı azaltabildiler.²⁹

Bizi buzhane koşullarına iten, tüm şu etkilerin bir araya gelmesi oldu: Dağların oluşumu ve ardından gelen erozyonun atmosferik karbondioksiti ortadan kaldırması, Güney Kutbu’ndan Antarktika’yı yalıtarak okyanus döngüsü düzenini değiştiren ve Panama Kıstağı’nı oluşturan levha tektoniği, geri kalan çoğu kara kütesinin tek bir yarımküreye doğru yer değiştirmesine yol açan kıtasal sürüklenme. Gezegenimizin 2,6 milyon yıl önce büyük buz tabakalarının bulunduğu evreye kadar soğuması kritik bir eşikti ve tüm iklim istikrarsız bir hale büründü. Bugüne dek ne zaman Milankoviç döngüleri Kuzey Kutbu’nu biraz soğutmak için harekete geçtiyse, buz örtüsü Avrupa, Asya ve Kuzey Amerika’ya yayıldı ve bu geniş kuzey kıtaları kalın buz kütesinin ağırlığını taşıyabildi. Beyaz buzun yayılmasındaki en küçük artış bile Güneş ışığını daha fazla yansıtacak, bu da ileride soğumaya neden olacaktı. Böylece buz tabakalarının daha da yayıldığı ve okyanusların deniz seviyelerinde bir düşüşe yol açacak şekilde daha fazla suyu içine hapsettiği kontrolsüz bir sürecin harekete geçtiği görüldü.

Senozoik Zaman’ın son 55 milyon yılı boyunca Dünya’nın sürekli soğuma eğilimi gezegen ve kendi evrimimiz üzerinde derin bir etkiye sahip olmuştur. Bir önceki bölümde gördüğümüz gibi daha serin ve kurak koşullara geçiş Doğu Afrika ormanlarını küçülttü ve onların yerine otlaklar gelerek insansıların gelişimine yön verdi. Rift Vadisi’nin amplifikatör göllerinin hızlı dalgalanmaları –ki bizi becerikli ve akıllı bir tür haline getirmiştir– Milankoviç döngülerinin devinim ritminden kaynaklanıyordu.

Yaklaşık 100 bin yıl önce başlayan bir gezegensel hizalanma yerine geliyordu. Dünya’nın ekseninin Kuzey Yarımküre’de yaza neden olan eğimi, zamanla gezegenin eliptik yörüngesinde Güneş’ten

en uzak olduğu döneme denk gelmeye başladı; yani kuzey yazları daha önce olmadığı kadar soğudu. Her kış oluşan buzlar yeniden erimedi ve birikti. Yeryüzünün başka bir buzul devrine sürüklenmesiyle kuzeydeki buz tabakaları büyümeye ve güneye doğru genişlemeye başladı. Şimdi bu en son buzul devrinin ve bunu izleyen deniz seviyelerindeki küresel düşüşün, Dünya'ya yayılmamız için nasıl can alıcı bir fırsat doğurduğuna bakalım. Hepimiz Afrika'nın çocuklarıyız ama beşğimizde kalmadık.

Çıkış

Yaklaşık 60 bin yıl önce atalarımız Afrika'ya dağılmaya başladı. Gezeğenin çevresinde tam olarak hangi güzergâhı izlediğimiz ya da yeni alanlara ilk ne zaman ulaştığımızı kesin olarak bilmek zor çünkü fosil kayıtları çok düzensiz ve genellikle arkeolojik bulguları tam olarak insansıların hangi sınıfının bıraktığını söylemek kolay değil. İnsanlığın yayılmasına dair bilginin en büyük kısmı bugün dünyada yaşayan yerli toplulukların genetik yapısını incelemekten geliyor. DNA'yı analiz ederek ve hangi mutasyonların genetik kodda biriktiğinin oranını hesaplayarak farklı toplulukların birbirlerinden ne kadar zaman önce ayrıldığını bulabiliriz. Küresel çaptaki bu genetik çeşitliliği haritalandırmak insanların farklı bölgelere ilk olarak ne zaman geldiklerini araştırmamızı sağlıyor ve böylece antik göç yollarını izlememizi mümkün kılıyor.

Bu hafiyelik işinde iki ana DNA türü faydalı olmuştur. Hücrelerimizin her birinin içinde mitokondri adı verilen ve enerji sağlamak için biyokimyasal reaksiyonları çalıştıran küçük yapılar vardır. Bu mitokondriler hücrenin güç merkezleridir ve kendi küçük DNA döngülerini içerirler. Size gebe kaldığında, annenizin yumurta hücresinden mitokondri aldınız ama babanızın sperminden hiç almadınız: Mitokondriyal DNA sürekli olarak anne tarafından, anneden kıza geçer. Mitokondriyal DNA'nın genetiğini analiz etmek ve farklı toplulukların birbirinden ayrılması için gereken süreyi hesaplamak, onların adımlarının birbirleriyle birleştikleri yere geri dönmemizi sağlar – geçmişin derinliklerindeki o özel kadın, bugün yaşayan tüm

insanların atalarının annesi oldu. “Mitokondriyal Havva” unvanı verilen bu anaerkil ortak ata yaklaşık 150 bin yıl önce Afrika’da yaşadı. Bunun yerine sadece babadan oğla geçen Y kromozomu üzerinde tutulan DNA’ya bakarsak, “Y Kromozomu Âdem” lakaplı en yakın erkek ataya geri dönebiliriz. Bu genetik ağacın kökünü tarihlendirmek daha belirsizdir ama erkek ortak atanın 150 bin ila 200 bin yıl kadar önce yaşadığına inanılmaktadır.

Bu, o sırada sadece bir kadın ve bir erkeğin hayatta olduğu anlamına gelmez ya da aslında kadın ve erkek en son ortak atalar olan birbirleriyle hiç karşılaşmadılar – farklı zamanlarda farklı yerlerde yaşadılar. Gerçekten de dişi mitokondriyal tarafı erkek Y kromozomu tarafıyla aynı zamana denk düşseydi bu sarsıcı bir tesadüf olurdu (İncil’deki lakaplar bu anlamda yanıltıcıdır). Mitokondriyal Havva’nın (ve benzer şekilde Y Kromozomu Âdem’in) tek önemi, kız çocukları olan kız çocukları doğurmasıydı; böylece bugün yaşayan tüm insanlara kadar bu geçiş sürdü. Şans eseri aile ağacındaki diğer soylar yok oldu ya da hiç kız çocukları olmamıştı.

Bu küresel genetik çalışmalardan çıkan en şaşırtıcı sonuç insan türünün son derece tek tip olmasıdır. Saç ve ten rengi ya da kafatası şeklindeki bölgesel farklılıklara rağmen bugün dünyada yaşayan 7,6 milyar insan arasındaki genetik farklılık şaşırtıcı derecede azdır.³⁰ Gerçekten de Orta Afrika’da bir nehrin iki yakasında yaşayan iki farklı şempanze grubu arasında, dünyanın iki farklı yakasında yaşayan insanlardan daha fazla genetik farklılık vardır.³¹ Afrika insan genetik çeşitliliğinin en yüksek olduğu yerdir; bu yüzden fosilleşmiş kemikler ya da erken dönem arkeolojik bulgular bulmasaydık ve elimizde sadece modern insanın DNA’sı olsaydı bile, hepimizin kökenlerinin Afrika’da olduğu ve Dünya’ya bu doğum yerinden yayıldığıımız yine de açık olacaktı. Dahası genetik çalışmalar, bugün dünyaya dağılan insanlığın, birden fazla göç dalgasından ziyade muhtemelen birkaç bini geçmeyen ana göçmenden oluşan, Afrika’dan yapılan tek bir çıkış hareketine katılanların soyundan geldiğini ortaya koyuyor.³²

Modern insan, yani *Homo sapiens*, bölgesel bir iklim değişikliği sırasında,³³ ya kuzeye Sina Yarımadası’na doğru yürüyerek ya da Bab-

el-Mandeb Boğazı üzerinden salla daha güneye doğru bir güzergâh izleyerek, daha yağışlı koşullara ve yeşermekte olan bir araziye sahip olan Arabistan Yarımadası'na³³ giriş yaptı.³⁴ Atalarımız Avrasya'ya doğru yayılmaya başladıkça Afrika'yı çok daha erken terk eden başka insansı türleriyle karşılaştık. Modern insanlar Ortadoğu'da Neandertallerle ırksal olarak düşük derecede karıştı. Böylece DNA'larının izini topladık ve dünyanın geri kalanını doldururken onu da yanı-mızda taşıdık³⁵ – bugün Afrikalı olmayanların genetik kodunun yaklaşık yüzde ikisini bu iz meydana getiriyor.³⁶ Modern Doğu Asyalıların Avrupalılardan daha fazla Neandertal DNA'sına sahip görünmesi gerçeği, Avrasya üzerinden doğruya göç ederken insanların bir vesileyle en az bir kez daha Neandertallerle karıştığı düşüncesini akla getiriyor.

Doğu Asya'ya taşındığımızda, Denisovanlar olarak bilinen bir başka gizemli, soyu tükenmiş insansı türüyle daha fazla ırk karışımı meydana gelmiş gibi görünüyor. Denisovanları sadece birkaç diş ile Sibirya-Moğolistan sınırındaki Altay Dağları'nda bulunan bir mağarada ortaya çıkarılan parmak ve parmak kemiği parçalarından tanıyoruz; DNA analizleri Neandertallerin kardeş türü olma ihtimalini ortaya koyuyor.³⁷ Malinezya ve Okyanusya'daki modern insanların DNA'larının yüzde dört ila altısı Denisovanlardan gelmektedir ve ayrıca Amerikan yerli topluluklarının genetik kodlarına da küçük bir katkıda bulunmuşlardır.³⁸ Sadece birkaç on yıl önce bizimle birlikte yaşayan bütün bir insan türünün bizim için sadece bir kemik parçası ve genomumuza kazınmış DNA izlerinden ibaret olduğunu düşünmek inanılmaz. Daha önceki bir insansı türü olan *Homo erectus*, yaklaşık iki milyon yıl önce Afrika'dan ayrılarak³⁹ Çin ve Endonezya'ya kadar ulaşmış ama insanlığın Asya'ya yayılmasına kadar geçen zaman içinde nesli tükenmişti. Afrika'da kalan hiçbir yerli halk Neandertaller ya da Denisovanların DNA'sını taşımaz.

İlk göçmen insanlar her yeni bölgeye ulaştıklarında nüfusları arttı ve torunları yayılmaya devam etti. Bugün Irak ve İran'ın kapladığı bölge, göçmen akınları Avrupa istikametinde, Asya'nın geri kalanı boyunca, Avustralya ve Amerika'ya doğru ilerlerken büyük bir

dağılım merkezi rolünü oynadı.⁴⁰ İnsanlar, Hindistan ve Güneydoğu Asya'ya kadar Avrasya'nın güney kenarını takip etmiş gibi görünüyordular,⁴¹ bu yolun eski bir kanadı 45 bin yıl önce insanları Avrupa'ya götürmüştü.⁴² Doğu istikametindeki göç Himalayalar'ın her iki tarafından geçen iki güzergâha bölünüp, bir kayanın etrafından akan bir nehir gibi, bir yol Sibiry'a'nın kuzeyine ve sonunda Amerika'ya doğru ilerlerken, ikincisi güneyden Güneydoğu Asya üzerinden Avustralya'ya yöneldi. 50-45 bin yıl önce Güneydoğu Asya ve Çin'e ulaştık ve muhtemelen Sahra Altı Afrika'daki ata evimizin ve iklim benzerliğinin sonucu olarak bu yayılma Asya'nın güneyine daha hızlı gerçekleşmiş gibi görünüyor.⁴³

40 bin yıl önce, Çinhindi Yarımadası'ndan Yeni Gine ve Avustralya'ya geçtik.⁴⁴ Buz devri koşulları yüzünden bugünden 100 metre daha düşük olan küresel okyanus seviyeleri Endonezya çevresindeki sıkı denizlerin kuru kara parçaları olarak ortaya çıkmasına neden oldu. Endonezya Takımadaları Güneydoğu Asya'nın Sundaland olarak bilinen bir uzantısı haline geldi, Avustralya, Yeni Gine ve Tazmania da Sahul olarak adlandırılan tek bir kara kütlesi halinde tamamen birleşti. Bu iki kara parçası, dünyanın bu güneydoğu köşesine göç etmemize yardım eden, adalar zincirleriyle süslenmiş dar bir deniz boyunca karşı karşıya geldi.⁴⁵

Yavaş dağılıma dalgası sonunda Avrasya'nın kuzeydoğu ucuna ulaştı ve burada buz devri koşulları insan göçü için çok önemli olduğunu kanıtladı: Bize Amerika kıtasına giriş güzergâhımızı verdiler.

Bugün Rusya ve ABD kıyıları, 80 kilometre genişliğindeki Bering Boğazı'yla ayrılır, bu su kanalının ortasında da iki Diomedede Adası yer alır.*

Son buz devri sırasında deniz seviyesinin düşmesiyle, Sibiry'a ve Alaska toprakları; Michelangelo'nun Sistine Şapeli'nin tavanına res-

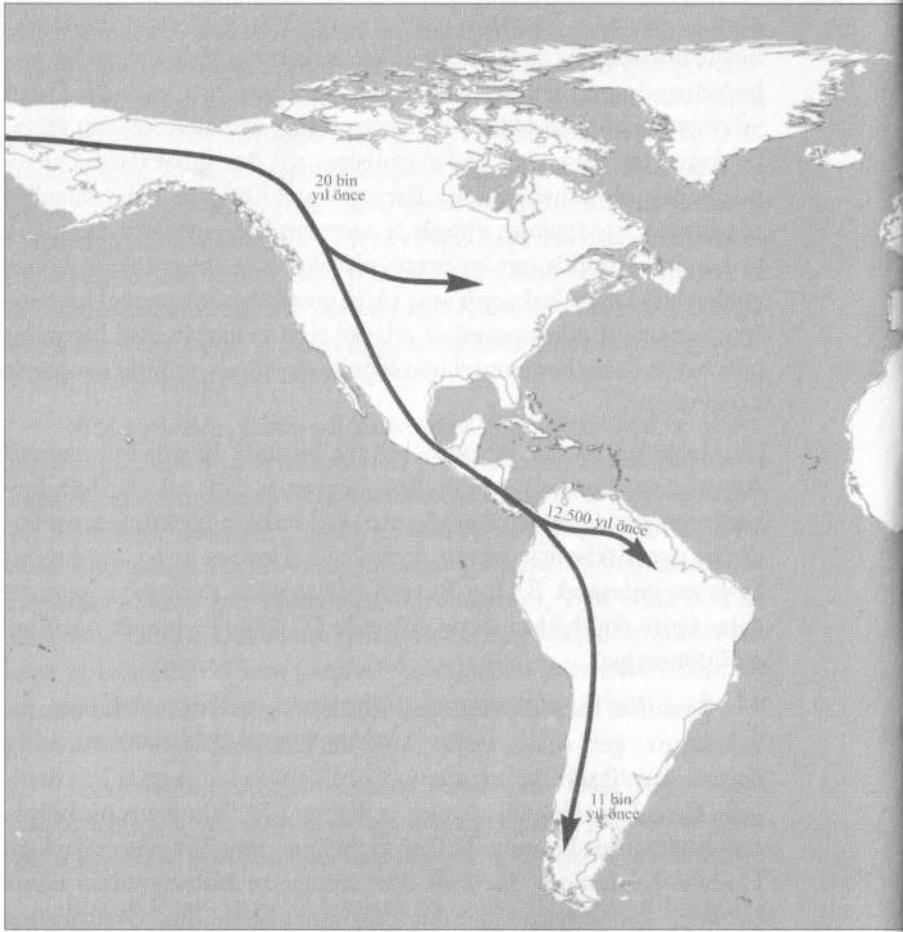
* Sarah Palin'in 2008'de söylediği ünlü sözündeki gibi Alaska'dan Rusya'yı görebilirsiniz. Bu arada, Rusya batıdaki Büyük Diomedede'nin, ABD ise Küçük Diomedede'nin sahibidir. Uluslararası tarih değiştirme çizgisi aralarından geçtiği için birbirinden sadece birkaç kilometre uzaklıktaki bu iki ada, saat dilimi olarak bir tam gün uzaklıktadır.

mettiği Âdem ile Tanrı'nın uzanan parmakları gibi, en sonunda birbirine dokunup Avrasya ve Amerika anakaraları birleşene kadar birbirlerine ulaşmak için uzanacaktı. Bu kara koridoru, yaklaşık 25 bin yıl önce buzullar en yüksek seviyeye ulaştığı zaman kuzeyden güneye doğru bin kilometre kadar genişlemişti. Buz tabakalarından temizlenmiş olmasına rağmen Bering Kara Köprüsü hâlâ, buzullar tarafından aşındırılmış, rüzgârda savrulan kum tabakasıyla, soğuk ve kurak, kesinlikle sert bir ortam olacaktı. Kara köprüsü bir Arktik çölden biraz daha fazlasıydı ama tüylü mamutlar, yer tembel hayvanları, bozkır bizonları ve onları avlayan sivri ve keskin dişli kaplanlar gibi hayvanların beslenmesi için soğuğa dayanıklı bir bitki örtüsüyle kaplanmıştı.

İnsanlar 20 bin yıl önce bir ara bu kara köprüsünü geçerek Amerika'ya ulaştılar.⁴⁶ Ancak diğer hayvanlar daha eski bir buz devrinde ters yönde Avrasya'ya geçmişti ve bunların bir kısmı tarih boyunca uygarlıklar için hayati önemdeydi. Deve ve at Kuzey Amerika'da evrimleşerek Bering Kara Köprüsünden Avrasya'ya geçti ve daha sonra doğdukları yerde yok oldu (7. bölümde bunun önemine geri döneceğiz).

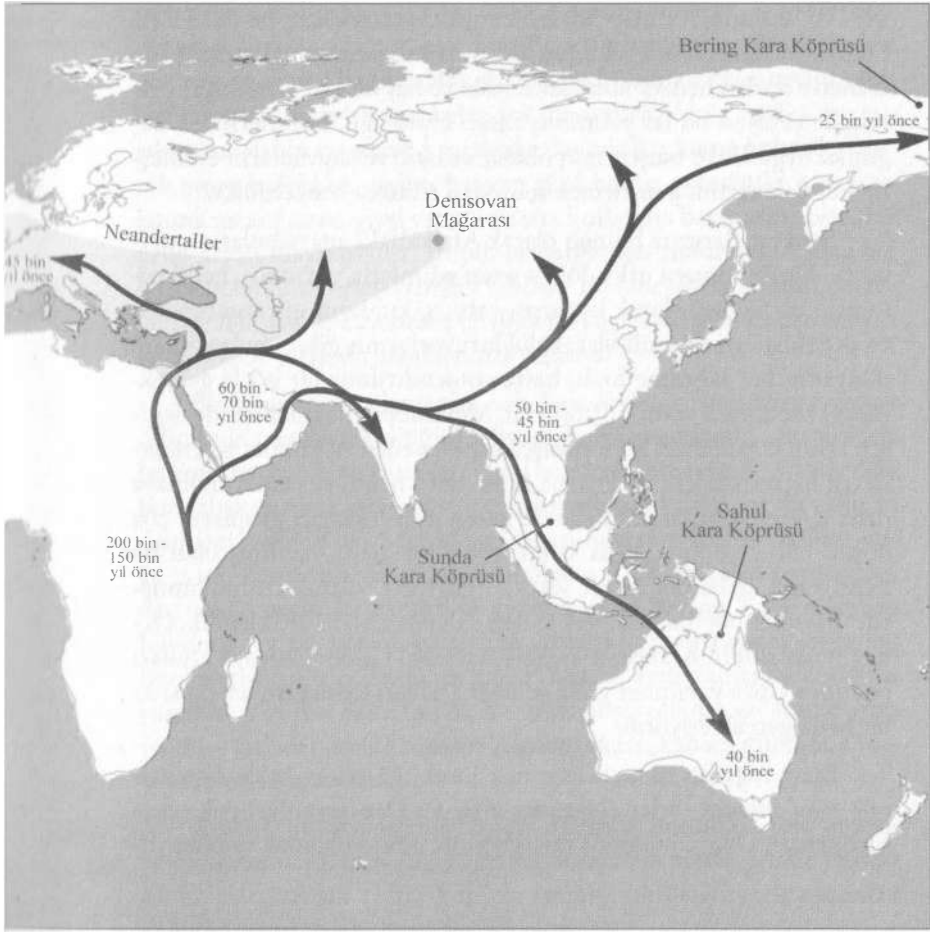
İnsanlık, kara köprüsünden Alaska'ya geçtikten sonra, buz tabakalarının geri çekilmesiyle, Amerika kıtasına ulaştı. O zamanlar devasa genişlikteki iki buz alanı –Cordillera ve Laurentide buz örtüleri– Kanada'nın büyük kısmını ve Kuzey ABD'nin geniş bir bölgesini kaplıyordu. Laurentide Buz Örtüsü en büyük boyutundayken, Hudson Körfezi'nin üzerinde dört kilometre kalınlığındaki uçsuz bucaksız kubbesiyle, bugünkü tüm Antarktika Buz Örtüsü'nden daha geniştir.⁴⁷ Göçmenler güneye doğru yönelen bu buz tabakalarının çevresinden dolanmak için batı sahilinden aşağıya veya buzsuz bir koridor boyunca ikisinin arasından geçmiş olabilirler.⁴⁸ Böylece Kuzey Amerika'daki buz tabakalarını bir kez güvenli bir şekilde geçtikten sonra, buz devri hafifledikçe insanlık hızla kıtaya yayıldı. Yaklaşık 12.500 yıl önce Panama Kışağı'nı geçerek Güney Amerika'ya girdiler ve başka bir bin yıl içinde kıtanın en güney ucuna ulaştılar. İnsanlık dünyayı kuşatmıştı.

Böylece buz devri ve azalan küresel deniz seviyeleri insanların



Resim 6 *H. sapiens*'in göç yolları ve Neandertaller ile Denisovanların yaklaşık menzilleriyle buz devri dünyası.

Amerika kıtasında çoğalmasını sağladı. Atalarımız, Avrupa ve Asya'ya doğru ilerlerken Neandertaller ve Denisovanlarla temas kurdular ama Amerika'da daha önce yerleşmiş insanlarla karşılaşmadılar. Bering Kara Köprüsü'nü geçtikten sonra insanlık, daha önce hiçbir insansı türünün ayak basmadığı yeni dünyada yürüyordu.⁴⁹



Ardından, yaklaşık 11 bin yıl önce, son buzul seviyelerinin en yüksek döneminden ve deniz seviyeleri yükseldikten sonra Dünya'nın tekrar ısınmasıyla Bering Kara Köprüsü bir kez daha dalgaların altında kayboldu. Alaska ile Sibiryaya arasındaki bağlantı koptu, Doğu ile Batı Yarımkürelerinin birbiriyle irtibatı kesildi. 16 bin yıl sonra

1492’de Kolomb, Karayip Adaları’na ayak basana kadar, bir daha Eski Dünya ve Yeni Dünya sakinleri arasında kalıcı bir temas kurulmadı. Genetik açıdan benzer ama farklı bitki ve hayvanları olan doğal çevrelerde yaşayan bu iki yalıtılmış insan topluluğu, birbirlerinden bağımsız uygarlıklar oluşturmuş olsalar da bitki ve hayvanların evcilleştirilmesiyle tarımı geliştirmek açısından oldukça benzerdirler.*

Sanki atalarımız bilinçli olarak Afrika’daki anavatanlarına sırtlarını dönüp cesurca ufka doğru uzun adımlarla yürümüş, belki cesaretin bir ifadesi olarak kaşlarını çatmış, kıtaların güzergâhındaki en ücra köşeleri düzenli olarak dolduruyorlarmış gibi, yayılmamızın dünyanın her köşesine hızlı, hatta yönlendirilmiş bir göçle gerçekleştiği izlenimini vermiş olabilirim. Mevsimlere ve yıllar içinde değişen iklim koşullarına göre yavaşça hareket eden, soğuktan ve kuraklıktan kaçınmak için ya da daha sıcak, daha nemli ve yemek bulmaya daha uygun koşullar aramak için gezen avcı-toplayıcı grupların çok düşük nüfus yoğunluğuna sahip, geniş bir alana yayılmış olan bu hareketleri, daha doğru bir şekilde “dağılma” olarak tanımlanmıştır.⁵³ Nesiller boyunca giderek evden daha da uzağa sürüklendik. Örneğin insanlığın Arabistan Yarımadası’ndan Güney Avrasya kıyıları boyunca Çin’e yayılması yılda ortalama yarım kilometreden daha az bir hızla gerçekleşiyordu.

Buna rağmen sonuçta yeryüzü insanlığa miras kaldı. Kuzenimiz olan insansı türler (Neandertaller ve Denisovanlar) yok oluşa sürüklendi. Geçen bölümde tartıştığımız gibi, avlanmak ve öldürül-

* İnsanlığın dünya etrafında yayılmasını takip etmeye çalışan hafiyelik çalışmaları genetik, fosil ve arkeolojik kanıtlar arasındaki sık sık tekrarlanan anlaşmazlıklarla birlikte, zamanlama ve kat edilen güzergâhlarda birçok belirsizlik taşımaktadır. Ben burada ortak görüşü sundum ama Çin, Avustralya ve Kuzey Amerika’da insanlığın çok daha erken ortaya çıktığına dair iddialar var. Örneğin yakın tarihli tartışmalı bir çalışma, tanımlanmayan bir insansı türünün 130 bin yıl önce bir önceki buz devrinde California’ya ulaştığını savunuyor.⁵⁰ Diğer taraftan görünen o ki, modern insanların 60 bin yıl önce Afrika’dan çıkışları ilk değildi ve bugün tüm dünyada var olan insanları meydana getirdi. İsrail’deki mağaralarda bulunan fosilleşmiş kalıntılar ve Arabistan Yarımadası’nda bulunan taş aletler⁵¹ 100 bin yıl önceki göçleri akla getiriyor ancak görünüşe göre bunlar bir çıkmaza girdi ve dünyanın geri kalanını insanlarla doldurmaya devam etmedi.⁵² Sanki insanlığın erken dönem kıvılcımları Afrika’dan püskürmüş ama ateş almadı gibi.

mek yerine basitçe insanlar tarafından saf dışı edilerek, buz devrinin doruk noktasına ulaştığı sert koşullara direnememiş olmaları olası görünüyor. Son Neandertaller 40 bin ile 24 bin yıl önce ortaya çıktı ve biz yeryüzünde hayatta kalan tek insan türü olduk. Afrika'dan ayrıldıktan 50 bin yıl sonra Antarktika dışında her kıtayı kolonileştirerek gezegendeki en yaygın hayvan türü haline gelmiştik. Ateş kullanma ustalığımız, giysi yapma ve alet kullanma becerimiz, bize, bir grup savan maymununa, tropik ormanlardan tundralara kadar her iklim bölgesine yerleşebilmeyi sağladı. Bizi meydana getiren çevreden uzaklaştık ve kulübeler, çiftlikleri, köyler ve şehirlerden oluşan kendi yapay yerleşim alanlarımızı yarattık.*

Bu küresel genişlemenin, son buz devrinin son derece soğuk ikliminde meydana geldiğini görmek belki şaşırtıcıdır, ama aslında bu korkunç buzhaneye koşulları bunu başarmamızı sağladı. Kuzey'deki buz tabakalarının büyümesi okyanuslardan o kadar çok su çekti ki deniz seviyesinin düşmesiyle kıta sahanlıklarının büyük alanları açığa çıktı. Kuru toprak üzerinden kolayca Endonezya'ya geçmemizi, dar denizi geçip Avustralya'ya gitmemizi ve Bering Kara Köprüsü boyunca zor bir yolculuk yaparak Amerika'ya varmamızı sağlayan; buz devridir. Daha düşük deniz seviyeleri, aynı zamanda üzerinde yaşamak için çok daha büyük bir arazi alanı olduğu anlamına geliyordu – fazladan bir 25 milyon kilometrekare, kabaca günümüz Kuzey Amerika'sına eşdeğer.⁵⁵

Bunun yanında geçmiş buz devirlerinin, insanlığın tüm dünya-ya yayılmasını sağlayan koşulları sağlamanın yanı sıra, içinde yaşadığımız yeryüzünün ve tarihimizin seyrini şekillendirmek açısından geniş kapsamlı başka sonuçları da oldu.

* Neandertaller çevrelerinde ortaya çıkan modern insanlardan büyük ölçüde etkilenen tek tür değildi. İnsanların yeni coğrafi bölgelere dağılmasının, dünya çapında yerel ekosistemler ve özellikle megafauna olarak bilinen dev hayvanlar üzerinde şiddetli bir etkisi oldu. Yaklaşık 12 bin yıl önce, Avrasya'daki büyük gövdeli memelilerin yaklaşık üçte biri ve Kuzey Amerika'dakilerin yaklaşık üçte ikisinin nesli tükenmişti. Bunun en olası nedeni, bu büyük otoburların daha önce karşılaşmadığı çok becerikli avcı insanların ortaya çıkmasıdır. Büyük hayvanların tümünü koruyan tek kıta, milyonlarca yıl boyunca megafaunanın avlanma yeteneklerini yavaş yavaş geliştiren insansılara uyum sağladığı Afrika'ydı.⁵⁴

Sonuçlar

Norveç'in U şeklindeki sayısız fiyortlardan oluşan “kıvrımlı kenarlar”ının, İskoçya'nın göllerinde olduğu gibi buz devri boyunca ilerleyen buzullar tarafından oyulduğunu biliyor olabilirsiniz. Buzullaşma Güney Yarımküre’de çok daha az belirgin olsa bile, Şili haritasına bakarsanız Güney Amerika’nın ucundaki Pasifik kıyı şeridi boyunca aynı fiyort özelliklerini göreceksiniz. Buz devirleri sırasında, Patagonya Buz Örtüsü And Dağları’ndan aşağı yayıldı, en büyük boyutundayken Şili’nin üçte birini kapladı ve buzullar bu vadileri oydu. Bu vadiler daha sonra yükselen deniz seviyeleri nedeniyle suya gömüldü engebeli küçük adalar, dağlık burunlar ve birbirine bağlı suyolları anlaşılması son derece güç biçimde karmaşık hale geldi – neredeyse kıyı şeridinin tamamı, buzlanma yüzünden paramparça olmuştu sanki. Portekizli kâşif Ferdinand Macellan 1520’de ilk kez gemiyle dünyanın çevresini dolaşıp Güney Amerika’nın ucunda bir yol bulduğunda; bunu sular altında kalmış, buzullarla oyulmuş vadilerin oluşturduğu bir geçit boyunca yaptı. Macellan Boğazı’nın Atlantik girişiindeki en dar noktalar “ön buzullaşlar” tarafından oluşturulmuştur – buldozerler gibi davranan buzullar tarafından ileriye doğru itilen birikintiler. Daha sonra buz devrinin sona ermesiyle birlikte tekrar geri çekilmeye başlayıp tabana dağıldılar.⁵⁶ 600 kilometre uzunluğundaki Macellan Boğazı 1914’te Panama Kanalı’nın inşasına kadar neredeyse dört yüzyıl boyunca Dünya’nın en büyük iki okyanusu arasında çok önemli bir deniz yolu bağlantısıydı. Öngörülme- yen akıntıları ile dar ve denizcilik için zor olmasına rağmen, hâlâ kısa ve (bir iç kanal olarak) fırtınalara karşı, 1578’de Sir Francis Drake tarafından bulunan en güneydeki burunla Antarktika arasındaki çalkantılı geçitten çok daha fazla korunaklıdır. Buzullaşmanın Kuzey Amerika coğrafyasının yeniden şekillendirilmesi ve Amerika Birleşik Devletleri’nin sonraki tarihinde derin etkileri vardı. Burada geniş buz tabakası muazzam büyüklükteki Missouri ve Ohio nehirlerinin izlediği yolu saptırdı ve buzullar çözüldüğünde bu nehirler buz tabakasının kenarı boyunca akmaya devam etti. Bugün Mississippi’yle devasa bir Ψ şeklinde buluşuyor ve kıtanın iç kesimlerine doğru doğu-batı yönünde kolay ulaşım sağlıyorlar. Özellikle Missouri Rocky Dağla-

rı'nın iki bin kilometre batısına kadar ulaşır. 1804'te kâşifler Lewis ve Clark'ı* Pasifik kıyılarına taşıyan, Louisiana ve Kuzeybatı bölgelerinin büyük topraklarında bir Amerikan varlığının kurulmasına olanak sağlayan, daha önce buz devri tarafından yönü değiştirilen bu nehirdi. Teays ve St. Lawrence gibi başka nehirlerin yönleri de buzlaşmayla değişti; Apalaş Dağları'nın etrafındaki bu nehir ulaşım yolları olmasaydı, başlangıçtaki 13 koloni, Atlantik kıyı şeridine hapsedilmiş olarak kalabilirdi. Kuzey Amerika'nın Büyük Göller'i de buz devrinden geriye kalan yerlerdendir; derin havzaları, genişleyen Laurentide Buz Örtüsü tarafından oyulan bu göller yaklaşık 12 bin yıl önce buzlar tekrar geri çekilirken eriyen suyla dolmuştur.⁵⁷ Bir kez kanallarla bağlandıklarında bu geniş suyolları, şehirlerarası demiryollarından önce, yurtiçi ulaşım için çok önemli hale geldi ve Buffalo, Cleveland, Detroit ve Chicago belli başlı ticaret merkezleri olarak gelişti.⁵⁸ ABD'nin kuzeyinde uzanan 40-50 metre yüksekliğinde buzlaştardan oluşan moloz yükselteleri görülebilir. New York'taki Long Island, tıpkı Cape Cod gibi, Massachusetts sahilinin yukarısındaki Laurentide Buz Örtüsü'nün çevresine dağılmış iki uzun buzlaştırtırtından oluşur.⁵⁹ Dahası Boston, Chicago ve New York bu buz tabakasının eriyerek geride bıraktığı kalın tortular üzerine inşa edilmiştir.⁶⁰ Beton ve yol kaplaması yapımında bir araya getirmek ve altyapı veya demiryolu raylarının ana malzemesi olarak kullanmak amacıyla kum ve çakıl elde etmek için, bütün dünyada bu buzlaştırtırtı ve buzul akıntısı tortularını kazarak çıkardık. Bunun yanında, Kuzey Amerika buz tabakalarının donmuş sınırı sert rüzgârlara yol açtı. Bu rüzgârlar ana kayanın dışında yer alan ince alüvyon, kum ve kil parçacıklarını topladı ve onları daha güneyde biriktirerek Ortabatı'nın muhteşem bereketli lös** tarım topraklarını oluşturdu.⁶¹

Bununla birlikte, okyanusun diğer yakasında buz devirlerinin tarih üzerindeki etkisinin belki de en açık örneğini buluyoruz.

* 1804'te Başkan Thomas Jefferson, yeni alınan arazileri keşfetmek ve haritalandırmak için bir keşif seferi düzenler; bunun için Meriwether Lewis ve William Clark'ı görevlendirir. Sefer, Amerikan keşif tarihinde önemli bir yer tutar. (Y.N.)

** Esas olarak şist ve kilden oluşan, genelde koyaklarda ya da yamaçlarda (muhtemelen rüzgârla) biriken homojen, ince taneli tortu. (Y.N.)

Ada Halkı

Yarım milyon yıl önce Britanya bir ada değildi. Dover ve Calais arasında yer alan bir kıstakla –yapışık ikizler gibi– Fransa’ya fiziksel olarak bağlıydı ve hâlâ Kıta Avrupası’nın bir parçasıydı. Bu kara köprüsü, Afrika Avrupa’ya çarptığında Alpler’i oluşturan aynı tektonik kabarmada yukarı doğru bükülen kaya katmanlarından meydana gelen ve güneydoğu İngiltere’den kuzeydoğu Fransa’ya kadar uzanan, Weald-Artois Yukacı olarak bilinen, kambur şekilli jeolojik yapının devamıdır.

İngiltere ve Fransa arasındaki kara köprüsü bu bağlantıyı koparmak üzere aşınmıştı ve bu ani ve yıkıcı bir olayla gerçekleşmiş görünüyor. İngiliz Kanalı’nın sonar haritaları, deniz tabanında aerodinamik adalar ve uzun, bin metre genişliğinde aşınmış oluklar içeren alışılmadık derecede düz, geniş bir vadiyi açıkça ortaya koymaktadır.⁶² Bunlar toprak üzerinde akan büyük bir su selinin açık işaretleridir.

Gördüğümüz gibi, sarsıntılı buz devirlerinin içinde bulunduğu dönemlerde buzullar küresel deniz seviyesinin 100 metreden fazla alçalmasına neden oldu. Bu, Kuzey Denizi ve İngiliz Kanal Havzası çevresindeki sığ kıta sahanlığının kuru arazi olarak ortaya çıkmasına olanak sağladı. Yaklaşık 425 bin yıl önceki buz devri sırasında (en son buzullaşmadan önceki beş buz devri), İskoç ve İskandinav buz tabakalarıyla halen İngiltere ile Fransa’yı birbirine bağlayan, 30 kilometre genişliğindeki kaya sırtı arasında sıkışıp kalmış uçsuz bucaksız bir tatlı su gölü kapana kısıldı. Bu göl Thames ve Ren gibi nehirlerden boşalan suyun yanında buz tabakalarından gelen erime suyuyla doldu ve kaçacak bir çıkış noktası olmadan, kaçınılmaz olarak kara köprüsünün üzerinden taşana kadar yükseldikçe yükseldi. Bu devasa şelaleler kanal tabanındaki geniş düşü havuzlarını kazdı ve bu doğal baraj çökene kadar setin başlangıç noktasına doğru oydu. Kapana kısılmış gölün tamamı kendini felaket gibi bir mega selle boşalttı, sette gedik açarak genişletti ve bugün sonarla görebildiğimiz kanal zeminini oyarak yer şekillerini oluşturdu. 425 bin yıl önceki bu mega seli yaklaşık 200 bin yıl önce ikinci bir olayın takip ettiği düşünülüyor. İki dönem arasında, arkalarında eski kıstağın kalıntısı olan beyaz kayalıklar bırakarak, bugün Dover Boğazı olan

yeri zamanla aşındırdılar. Her buz devrinden sonra erime ve buzul çağlarında deniz seviyelerinin yükselmesiyle bu geçit İngiliz Kana-
lı'nı şekillendirdi (ya da Fransızlara göre La Manche'ı).⁶³

Britanya, Avrupa'dan kalıcı şekilde ayrılmış oldu. İngiliz Kana-
lı'nın şekillenmesi, tarih boyunca İngiltere'nin yanı sıra bir bütün
olarak Avrupa için de derin sonuçlar doğurmuştur. Kanal, Avrupa
tarihi boyunca Britanya'yı koruyan doğal bir savunma hendeği ola-
rak hizmet vermiştir. Son tam ölçekli istila –Norman İşgali, 1066–
neredeyse bin yıl önce gerçekleşti, Britanya ticaret yapmak için yete-
rince yakındı ve kıtanın siyasetine yakından dahil olmaya devam etti
ama aynı zamanda korundu.

Kıta Avrupası'nın sürekli çekişmeleri, çatışmaları ve değişen sı-
nırları boyunca, Britanya büyük ölçüde kendi topraklarında savaşın
yıkımından kurtulmuş, uzak ve yalıtılmış bir şekilde kalmış, sadece
kendi çıkarları doğrultusunda müdahale etmeyi seçmiştir.⁶⁴ Örneğin
17. yüzyılda, Katolik ve Protestan Avrupa devletleri arasında bir çatış-
ma olarak başlayan ve Orta Avrupa'nın büyük bir kısmını harap eden,
kıtlık ve hastalık sonucunda bazı bölgelerde yüzde 50'nin üzerinde
çok büyük nüfus kayıplarına yol açan, Otuz Yıl Savaşı'nın yıkımından
kurtulmuştur. Doğal hendeğin arkasında güvende olan Britanya'nın
durumu pek çok açıdan kuzeyde denizle ve güneyde Alpler'le sınırlı;
ama her iki tarafı Avrupa Ovası'na açık olan Almanya'yla tezat oluşturu-
r. Doğal savunma eksikliğinden gelen bu saldırıya açık olma hali,
bölgedeki Kutsal Roma İmparatorluğu, Prusya ve sonrasında birleşik
bir ulus olarak Almanya gibi devletlerin güvensizliklerinin ve askerî
hırslarının çoğunu açıklar. İngiltere, net biçimde tanımlanmış doğal
sınırları ve nispeten küçük bir ölçüde ulusal bir kimlik içinde birleş-
mesiyle birlikte feodal derebeylerinin birliğini erken oluşturdu.⁶⁵ Ay-
rıca iktidarın zorba hükümdardan, 1215 yılında Magna Carta'yla baş-
layıp bugünkü konumuna gelen parlamenter sisteme yol açan, daha
dengeli bir demokratik sisteme doğru aşamalı bir şekilde dağıtılması-
nı sağlayan şeyin, dış tehditlerden kaynaklanan bu zayıflamış işgal
tehdidi ve güvenlik duygusu olduğu da tartışılmaktadır.⁶⁶

Dahası, savunacak kara sınırının olmaması nedeniyle, Britan-
ya'nın askerî harcamaları kıtadaki hasımlarının sadece çok küçük bir

miktarı kadar olması gerekiyordu.⁶⁷ Buna karşılık İngiltere; İspanyol, Fransız ve Hollandalıların ayağını kaydıran bir deniz imparatorluğu meydana getirerek, sadece anavatanını savunmak için değil aynı zamanda denizaşırı kolonilerini, ticari çıkarlarını ve ticaret yollarını korumak için Royal Navy İngiliz Kraliyet Donanması'nı inşa etmeye ve kalıcılaştırmaya odaklanabildi –1805 Trafalgar Savaşı'nda, müsterek Fransız ve İspanyol donanmalarının yenilgisiyle, Napoléon'un Britanya'yı işgal etme umutlarının sulara gömülmesi bunun en çarpıcı örneğidir–.

Elbette, Britanya bir ada olmasaydı Avrupa tarihinin nasıl olabileceğini kesin olarak söylemek mümkün değil. İskoç ve İskandinav buz tabakaları, kanala doğru boşalan buzul gölünü tuzağa düşürmek için hiç birleşmeseydi, kıstağı aşındırıp Dover Boğazı'nı açsaydı ne olabilirdi? Ya buz devirleri daha az buzlu olsaydı? Karşı olgusal tarihler üzerinde tahminler yapmanın yeri burası değil ama meselenin özünü kavrayan olası sonuçlar hakkında düşünmek, bugünün dünyasına nasıl baktığımıza dair jeolojinin önemini vurgular. Eğer İngiltere hâlâ kıtaya bir kara köprüsüyle bağlı olsaydı, Wehrmacht'ın Avrupa'daki yıldırım harekâtı akını Nazi Almanya'sına karşı direnişin bu son kalesini de yenmiş olur muydu? Donanmaya ihtiyacı olmayan bir İngiltere, 1805'te Napoléon'un Büyük Ordu'suna yenik mi düşecekti ya da 1588'de İspanyol kuvvetleri tarafından işgal edilmiş mi olacaktı?

Güçlü ada ulusunun işgale direnerek ve herhangi bir gücün bir Avrupa imparatorluğunu birleştirmesini engelleyerek kıta tarihinde bir güç dengesinin korunmasına yardımcı olduğu iddia edilebilir. Öte yandan coğrafi yalıtım Britanya'da, ortak çıkarlara ve ortak kadere rağmen genellikle kıta komşularıyla daha yakın ilişkiler kurmakta isteksiz ve soğuk davranan bir ada zihniyeti yaratmıştır.

Böylece gezegenimizin tarihinin en son dönemi, türümüzün tüm dünyaya yayılmasına izin vermiş ve buz devirlerinin arazide bıraktığı kalıcı izler insanlık tarihinin gidişatı üzerinde derin sonuçlar doğurmuştur. Uygarlığın tüm öyküsü şu anki buzullar arası çağda ortaya çıktı ve şimdi dikkatimizi insan öyküsündeki bu temel geçişin arkasında yatan gezegensel güçlere yönelteceğiz: Yabani bitki ve hayvan türlerinin evcilleştirilmesi ve tarımın ortaya çıkışı.

BİYOLOJİK HEDİYEMİZ

20 bin ila 15 bin yıl öncesinde, Milankoviç döngülerinin üst üste gelen ritimleri Kuzey Yarımküre'yi bir kez daha ısıtmaya başladı. Büyük buz tabakaları eriyip çözülmeye başladı ve son buz devrinin derin dondurucusu bir kapanış noktasına geldi.¹ Kuzey Amerika'da, eriyen buz tabakalarından gelen atık suyun çoğu geri çekilen buzulların dibinde biriken birikinti sırtının arkasında sıkışıp kaldı. Bu büyük erime suyu, gölleri oluşturdu. Bunların en büyüğü, Kuzey Yarımküre'yi boğan geçmiş bir buz devri fikrini (o zaman) ilk öne süren İsviçreli-Amerikalı jeologdan sonra Agassiz Gölü* olarak adlandırıldı. MÖ 11000 itibarıyla Agassiz Gölü, Kanada ve Kuzey Amerika Birleşik Devletleri'nin yaklaşık yarım milyon kilometre karesini –Karadeniz büyüklüğünde bir alanı– kapsayacak şekilde genişledi. Sonra kaçınılmaz olan gerçekleşti; patlayan doğal baraj ve çok büyük hacimde buzul suyu kabaran bir sel oluşturarak boşaldı. Mackenzie Nehri'nin şu anki güzergâhını izleyerek, Kuzeybatı top-

* Louis Agassiz (1807-1873): İsviçre asıllı ABD'li doğabilimci, jeolog. Buzul etkinlikleri ve soyu tükenmiş balıklar konusundaki çalışmalarıyla çığır açmıştır. (Y.N.)

raklarını kat edip Kuzey Buz Denizi'ne aktı.² Bu sıkışan suyun bir anda serbest kalması, küresel deniz seviyelerinde ani bir sıçramaya neden oldu. Ancak bu olayın, Levant'ın Doğu Akdeniz bölgesinden yaklaşık on bin kilometre uzakta gelişmekte olan bir kültür üzerindeki etkileri çok daha derindi.*

Bulunan ve Kaybedilen Cennet

Buz tabakaları geri çekilirken, ormanlar geniş kurak bozkır ve çalılık şeritlerinin yerini almak için tekrar genişledi, nehirler büyüdü, çöller küçüldü. Daha sıcak, yağışlı koşullarla, yemyeşil bitki örtüsü tomurcuk verdi ve otlayan memelilerin popülasyonları arttı.⁴ İlkbahar gezegene geri dönüyordu ve böylece avcı toplayıcı atalarımız çok daha kolay bir hayat kurdular. Levant'ta, toprak yabani buğday, çavdar, arpa ve yenilenmiş ormanlarla dolup taşıyordu. Burada Natufianlar olarak bilinen bir halk ortaya çıktı, bu topluluk tarımın gelişmesinden bile önce, dünyanın ilk yerleşik toplumunu kurmuş gibi görünüyor. Ormandan meyve ve sert kabuklu yemişle birlikte yabani tahıllar toplayarak ve ceylan avlayarak taş ve odundan inşa ettikleri köylere yerleştiler.⁵ Eğer bir avcı toplayıcı için Cennet Bahçesi olsaydı, burası olurdu.

Bu altın çağ yine de uzun sürmedi. Yaklaşık 13 bin yıl önce, bin yılı aşkın süren keskin bir iklim sarsıntısı, Yakındoğu ve bir bütün olarak Kuzey Yarımküre'nin bu bölgesini vurdu. İklimin sadece birkaç on yıl içinde çok daha soğuk ve kurak bir duruma doğru hızla gerilemesinin görüldüğü bu olay Genç Dryas dönemi olarak bilinir. Buz devri koşullarına geri dönülmesine yol açan bu tutarsız ve hızlı çekilmenin Agassiz Gölü'nün boşalması nedeniyle gerçekleştiği düşünülmektedir.

Bu uçsuz bucaksız gölün aniden boşalması Kuzey Atlantik'e bir tatlı su engeli yerleştirdi ve bu da okyanus akıntısının düzenini geçici olarak durdurdu. Bugün dünya okyanusları ekvatorдан kutuplara

* Aslında, MÖ 11 bin civarındaki bu olay, Agassiz Gölü'nün kuruduğu birkaç seferden sadece biridir çünkü eriyen sular doğal barajı bir kez daha kırmadan önce tekrar birikti ve her seferinde küresel deniz seviyelerinde ani bir sıçramaya yol açtı.³

doğru ısı aktaran su döngüsünün güçlü taşıyıcı kuşakları olma işlevini görmektedir. Deniz suyunun sıcaklık ve tuzluluk oranı farklılıklarıyla yönlendirilen bu durum, termohalin akıntıları olarak bilinir. Rüzgârlar, gezegenin ortasından gelen sıcak yüzey sularını Gulf Stream'i besleyen daha yüksek enlemlere doğru estirir –8. bölümde bu konuya döneceğiz– örneğin, Karayipler'in sıcaklık ve nemini Kuzey Avrupa'ya taşır. Buharlaşma, yol boyunca deniz suyunu daha tuzlu hale getirir ve kuzeye doğru olan yolculuğunda da soğutur. Her iki etki de suyu daha yoğun hale getirir, böylece kutupların yakınında okyanus tabanına batır ve derinlerden ekvatora doğru geri döner. Batan kutup suyu da akıntıyı sürdürmek için daha fazla suyu arkasından kendine çeker. Agassiz Gölü'nden ani bir biçimde muazzam miktarda tatlı suyun Kuzey Atlantik'e boşalması bu taşıyıcı bandın tuz yoğunluğunu ayarlayan pompasını birdenbire durdurdu. Ekvatordan ısı dağıtan okyanus dolaşım sisteminin kapatılması, Kuzey Yarımküre'nin büyük bir kısmını buz devrinin doruk noktasında yaşanan koşullara geri döndürdü.⁶

Natufianlar düşen sıcaklıkların ve azalan yağışla ortaya çıkan çevre krizinin anavatanlarını çorak, dikenli çalılardan oluşan ağaçsız bozkırlara dönüştürdüğünü gördü ve bol yabani gıda kaynakları gözlerinin önünde git gide azaldı. Öyle görünüyor ki en azından bazı Natufianlar bu duruma, yeni yeni başlayan yerleşik yaşam tarzlarını terk ederek, göçebe bir şekilde yiyecek aramaya geri dönerek tepki verdi. Bununla beraber, bazı arkeologlar, bu Genç Dryas olayının diğerlerini avcı toplayıcı yollarından dönmeye ve bunun yerine tarımı geliştirmeye teşvik ettiğine inanıyorlar. Hayatta kalmak için yeterli miktarda yiyecek toplamak üzere sürekli daha uzağa gitmek yerine tohumları eve getirdiler ve onları toprağa ektiler: Uygarlaşmanın ilk adımı. Natufian köylerinin arkeolojik kalıntılarında bulunan dolgun çavdar tohumları bu gelişmenin bir işareti olarak yorumlanmıştır. Bu iddia tartışmalıdır ama eğer doğruysa bu Natufianları dünyanın ilk çiftçileri yapar. Ani iklim değişikliğinin ortaya çıkardığı zorluklardan, yaşam tarzımızı sonsuza dek değiştirecek bir icat doğdu.⁷ Belirli gezegensel olaylar zincirinin –Agassiz Gölü'nün boşalması, Atlantik akıntı sisteminin durması ve Genç Dryas olayının sarsıntısı– yönlendirdiği Natufianlar ilk tohum yetiştiriciler ola-

bilirler ama aynı zamanda yerleşik bir kültürdüler ve belki de bu yüzden benzersiz bir şekilde bu en eski tarım denemelerine başladılar. Ancak birkaç bin yıl içinde, gezegen son buz devrinden sonra ısındığında, dünyanın dört bir yanındaki insanlar onları takip etmeye başladı. Yaklaşık 11 bin ila 5 bin yıl önce tarım dünya çapında en az yedi farklı yerde gelişmeye başladı.

Neolitik Devrim

Anatomik açıdan modern insanlar 200 bin yıl önce Afrika'da ortaya çıkmış olsalar da, atalarımız sadece 100 bin ile 50 bin yıl önce davranışsal olarak modern hale geldi. Bizim bugün sahip olduğumuzla aynı dilsel ve bilişsel yetilere sahiplerdi, toplumsal gruplar halinde yaşadılar, elişlerinde ustalaştılar, aletleri ve ateşi becerikli bir şekilde kullandılar. Ölülerini dikkatlice gömdüler, giysi yaptılar ve mağara resimlerinde, kemik ve taş heykellerde kendilerini ve çevrelerindeki doğal dünyayı canlandırdıkları etkileyici sanat eserleri ürettiler. Usta avcılardı, balık avladılar ve çok çeşitli yenilebilir bitkiler topladılar. Hatta basit değirmen taşlarında yabancı tahıllardan un öğütmeye bile başlamışlardı.⁸

Geçen bölümde gördüğümüz gibi, insanlık yaklaşık 60 bin yıl önce Afrika'dan göç etti ve tüm dünyaya dağıldı. Ancak Neolitik Devrim olarak bilinen bir dönüşüme, yani yaklaşık 11 bin yıl öncesine kadar, tarım ve yerleşime doğru ilk kalıcı adımlar atılmamıştı. Doğu Akdeniz'deki Bereketli Hilal'de ve peşinden kısa süre sonra Kuzey Çin'deki Sarı Nehir Vadisi'nde ilk tohumlar evcilleştirilirken, Kuzey Amerika Buz Tabakası hızla küçülse de hâlâ Kanada'nın yarısından fazlasını kaplıyordu.⁹ Sadece birkaç bin yıl içinde dünyanın diğer bölgelerindeki atalarımız da aynı şeyi yapıyordu. Tarım ayrıca Kuzey Afrika'nın Sahel Kuşağı'nda, Meksika ve Orta Amerika'nın ovalarında, Güney Amerika'nın And-Amazon bölgesinde, Kuzey Amerika'nın doğusundaki ormanlık alanlarda ve Yeni Gine'de ortaya çıktı.¹⁰ Son buz devri boyunca 100 bin yıl avcı toplayıcı olarak yaşadıktan sonra, dünyanın ısınmasıyla birlikte dünyanın dört bir yanındaki farklı halklar türümüzü sonsuza dek değiştiren tarım ve uygarlık yolunda yürümeye başladı.

Sanki başlama işaretini veren silah ateşlenmiş gibi. İnsan varlığının bu belirleyici adımının arkasındaki gezegensel güçler neydi?

Dünyanın farklı yerlerindeki insanların neden ilk kez bilinçli olarak tohum ekmeye, bitkileri dikkatlice incelemeye, evcilleştirmeye ve mahsulün seçici bir şekilde ıslah edilmesi sürecine başladıklarından emin olamayız. Tarımın gelişimi, daha az riskli ve cazip tarım denemeleri yapmaya olanak veren uygun iklim dönemi tarafından ya da tam tersine, –Genç Dryas olayında olduğu gibi– yerleşik bir topluluğu kendisini beslemek için farklı yollar bulmaya yönlendiren, kötüleşen koşulların yarattığı ani bir bölgesel şok tarafından teşvik edilmiş olabilir.¹¹ Her halükârda son buz devrinin bitmesi açıkça etkili oldu. İnsanlığın, buz devri sırasında toprağı ekip biçmek için yerleşik hayata geçmemiş olması gerçeğı şaşırtıcı değildir belki; ancak bunun nedeni pek de soğuk koşullar değildir. Kuzey buz tabakaları Kuzey Kutbu'ndan çok daha aşağıya doğru, Amerika, Avrupa ve Asya'nın yüksek enlemlerini kontrol altına almak için genişlerken, koşullar başka yerlerde inanılmaz derecede soğuk değildi. Tropikal kuşağın etrafındaki sıcaklık bugünkünden sadece bir ya da iki derece soğuktu. Her ne kadar buz devri dünyası gördüğümüz gibi genel olarak daha kurak olsa da her yerde tarımın gelişmesini önleyecek kadar çok da çorak değildi.¹² Kısıtlayıcı unsur, muhtemelen iklimin düşmanca bir biçimde soğuk ve kuru olması değil, son derece değişken olmasıydı. Bölgesel iklim ve yağış aniden ve çarpıcı bir biçimde değişebiliyordu.¹³ Toprağı işlemeye ilgili erken denemeler yapma girişiminde bulunan herhangi bir buz devri kabilesinin çabaları bu kadar hızlı bir dalgalanmayla baş edemezdi. Tarihimizin daha geç dönemlerinde bile, Hindistan'daki Harappa, Mısır'daki Eski Krallık ve klasik Maya gibi köklü uygarlıklar, bölgesel iklimleri kuraklaşıp tarımsal desteklerini sekteye uğrattığında çöktüler.^{14*}

* Gerçekten de herhangi bir arkeolojik iz bırakmadan güçten düşen daha erken dönem yerleşim ve çiftçilik örnekleri yaşanmış olabilir – uygarlığın ortaya çıkışında yanlış başlangıçlar. Özellikle, buz devri kıyı düzlüklerinde bulunan tüm yerleşimler, günümüzde okyanuslar tekrar yükseldikten sonra dalgaların altında kaybolmuş olacaktır.¹⁵

Diğer taraftan, şu anda içinde yaşadığımız gibi buzullar arası çağda nispeten istikrarlı iklim koşullarıyla göze çarpar. Gerçekten de içinde bulunduğumuz Holosen buzullar arası çağın son 11 bin yılı, geçmiş 500 milyon yılın en uzun ve istikrarlı sıcak dönemi olmuştur.¹⁶ Son buz devrinden sonra, bitki büyümesini canlandıracak atmosferik karbondioksitin artmasının küresel bir etkisi oldu. Bu etki dünya çapındaki kültürlerin tarımı neden, neredeyse eşzamanlı olarak geliştirdiklerini açıklayabilir.¹⁷ Sağlıklı iri taneli otların yetiştiği bölgelerdeki bu kararlı, sıcak ve yağışlı koşullar, insanları daha geniş bir alanda aylak aylak dolaşmak yerine birkaç seçkin türle ilgilenip yerleşmeye sevk etmişti. Buzullar arası çağları çiftçiler için bir önkoşul gibi görünüyor.

Şimdi ayrıntılı olarak, yabancı bitkileri ve hayvanları nasıl evcilleştirdiğimizi, hangi türlerin insanlık tarafından uyumlu hale getirileceğini neyin belirlediğini görelim.

Değişimin Tohumları

Holosen, modern insanların yaşadığı ilk buzullar arası çağdır ve meydana geldikten sonra dünya çapında var olan topluluklar hiç vakit kaybetmeden tarımı geliştirmeye başlamıştır. Buğday ve arpa ilk olarak 11 bin yıl önce Türkiye'nin güneyindeki yağmurla sulanmış, engebeli arazide evcilleştirilmiş¹⁸ ve daha sonra Mezopotamya –iki nehir arasındaki bölge– olarak adlandırılan Dicle ve Fırat arasındaki ovalara yayılmıştır.¹⁹ Sulama ilk olarak birkaç bin yıl sonra Türkiye yaylalarında geliştirilmiş, daha sonra 7.300 ila 5.700 yıl önce Mezopotamya'da iki nehrin sel sularını kontrol etmek ve dağıtmak için kullanılmıştır.²⁰ Mezopotamya, Levant ve Nil Nehri arasında kıvrılan bölge Bereketli Hilal olarak bilinir: Kuzey Afrika ve Ortadoğu'nun kurak ortamında ekilebilir bir arazi yayıdır.

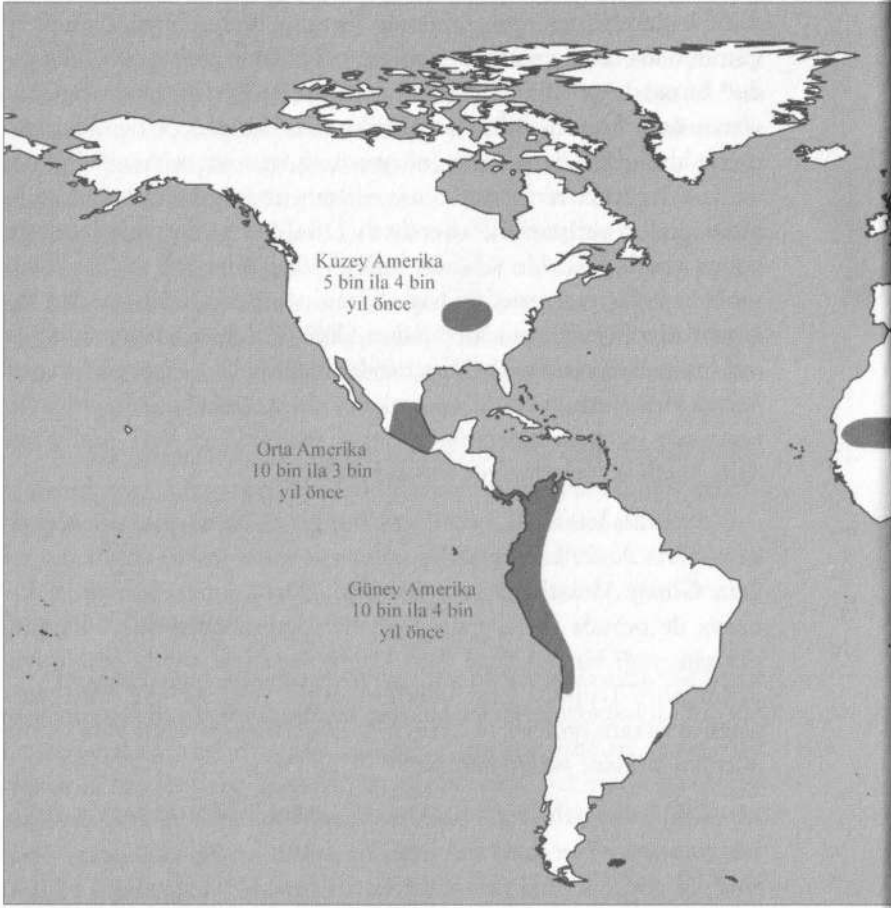
Çin'de darı, yaklaşık 9.500 yıl önce kuzeybatıdaki Sarı Nehir'in daha soğuk ve mevsimsel olarak daha kurak vadilerinde ekildi. Bu darı ve –yaklaşık sekiz bin yıl önce evcilleştirilmiş– soya fasulyesi bölgenin yumuşak, verimli lös topraklarında evcilleştiril-

di.²¹ Hemen hemen aynı zamanda Yangtze Nehri boyunca Güney Çin'in daha sıcak ve nemli tropikal bölgesinde pirinç ekimi başladı.²² Buradaki çeltik tarlalarında ve yamaçlar üzerinde yer alan, hasattan önce boşaltılabilen her çeltik tarlasında sadece birkaç santimetre derinliğinde göletler oluşturmak için su mühendisliğinde uzmanlık gerektiren, özenle inşa edilmiş teraslarda muazzam miktarda pirinç yetiştirildi.²³ Bereketli Hilal'de evcilleştirilen ekinler dokuz bin ila sekiz bin yıl önce İndus Vadisi'ne yayıldı ve Ganj Deltası'nda pirinç yetiştiriciliği başladı, muhtemelen Çin'de bundan bağımsız olarak evcilleştirildi.²⁴ Sahra Çölü ile daha güneydeki büyük ova arasındaki yarı kurak iklim bandı olan Sahel'de, süpürge darısı ve Afrika pirinçlerinin ekimi yaklaşık beş bin yıl önce başladı, bölgenin tamamen kurumasından önce tarım toplulukları Batı Afrika'nın daha nemli bölgelerine göç etmeye zorlandı.²⁵

Amerika kıtasında, kabak bitkisi yaklaşık on bin yıl önce Meksika ve Orta Amerika'da evcilleştirilmiş ve mısır (tahıl) dokuz bin yıl önce Güney Meksika'da yetiştirilmiştir. Daha sonra, fasulye ve domates de burada temel gıda maddeleri haline gelmiştir.²⁶ Patates, yaklaşık yedi bin yıl önce And Dağları'nda çok sayıda çeşitleriyle ekilmiştir.²⁷ Tropikal Yeni Gine'nin dağlık bölgelerinde, yam (tatlı patates) ve taro (gölevez) bitkilerinin nişastalı yumruları yedi bin ila dört bin yıl önce yetiştirilmiştir.^{28*}

MÖ 5000 yılına gelindiğinde,³⁰ insanlık Mezopotamya nehir

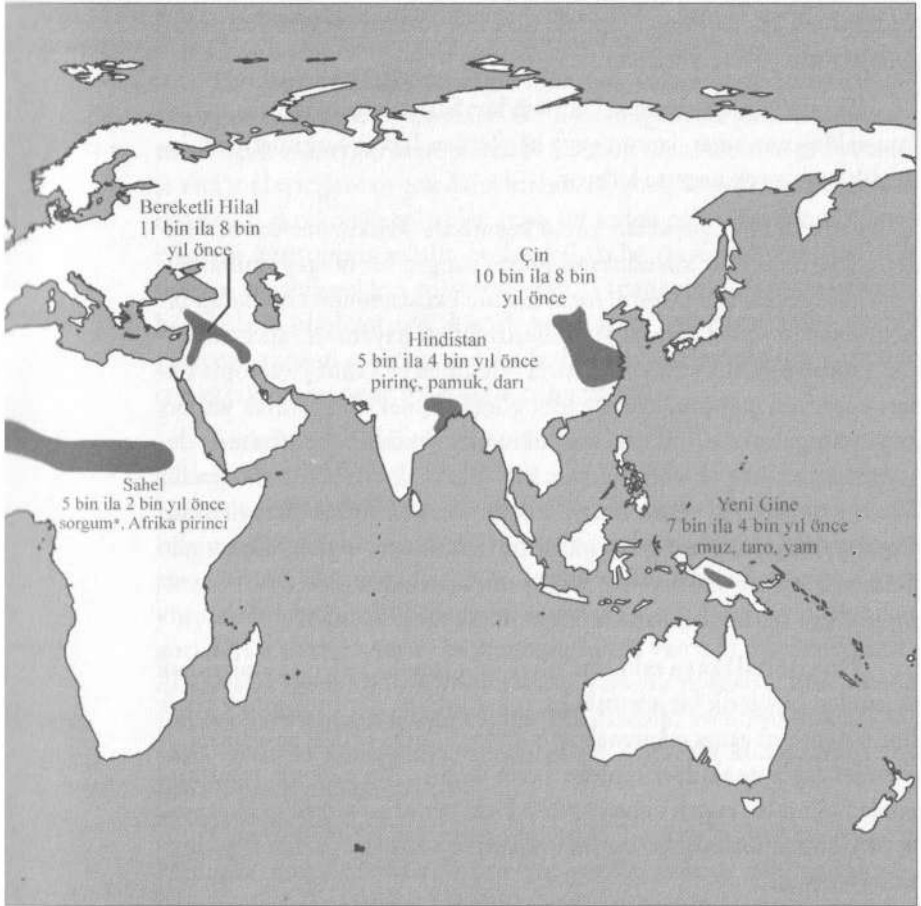
* Farkında olmadan insanlar tarafından kurtarılmaları evcilleştirdiğimiz bitkilerin birçoğunun neslinin tükeneneceğini fark etmek ilginçtir. Örneğin kabak, su kabağı, bal kabağı ve sakız kabağının vahşi atalarının meyvesi iğrenç bir biçimde acıdır ve sert bir kabukla kaplıdır. Doğal olarak onları kırıp açmak ve içindeki tohumları yaymak için mamut ve mastodon gibi büyük hayvanlara bel bağladılar. Dahası bu dev canavarlar yok olduğunda bu bitkilerin sayılı günleri kalmıştı. Ama yaklaşık on bin yıl önce, bu türler yeni bir hayvan türü olan insanlarla simbiyotik bir ortaklık kurdukları zaman uçurumun kıyısından döndüler. Bu bitkileri evcilleştirdik, çiftliklerimizle tarlalarımızda yeni, yapay olarak beslenen yaşam alanları sağladık ve daha büyük, daha yumuşak kabuklu, daha lezzetli hale getirmek için seçilime dayalı ıslahla nesiller boyunca değiştirdik. Avokado ve kakaonun tohumlarının, yakın zamanda soyu tükenen büyük memeliler tarafından yayıldığına ve bu hayalet türleri sahiplenip yedik tohum dağıtıcıları haline gelen insanlar tarafından kurtarıldıklarına inanılmaktadır.²⁹



Resim 7 Ekin evcilleştirmenin kökenleri.

longozlarından* Peru'daki And Dağları'nın yüksek arazisine, Afrika ve Yeni Gine'nin tropik bölgelerine kadar çeşitli iklim bölgelerinde ve arazilerinde geniş bir çeşitlilikteki yenilebilir bitki türlerini evcilleştirmeyi öğrenmişti. Diğerlerinden çok daha fazla yetiştirdiğimiz

* Denize akan nehirlerin taşıdığı kumların birikip kıyıda set oluşturması ve nehir ağzını tıkamasıyla oluşan özel bölge. (Y.N.)



en önemli bitkiler tahıl ürünleriydi. Buğday, pirinç ve mısır gibi tahıllar; darı, arpa, süpürge darısı, yulaf ve çavdarla birlikte, insan uygarlığını bin yıl desteklemiştir. Dünyanın birçok bölgesine yayılmış en önemli üç tarım ürünü, anavatanı Bereketli Hilal olan buğday, Çin'deki pirinç, Meksika ve Orta Amerika'daki mısırdır.³¹ Bugün, bu

* Sıcağa ve kuraklığa dayanıklı, buğdaygiller ailesine ait bir bitki. (Y.N.)

üç tahıl tek başına dünya çapında tüm insanların yiyeceklerden aldığı enerjinin yaklaşık yarısını sağlar.

Tahıl ürünlerinin tümü ot türüdür. Şaşırtıcı gerçek şu ki, otlaklara saldıığımız sığır, koyun veya keçilerden hiçbir farkımız yok; insanlık ot yiyerek hayatta kalıyor.

Otların birçoğu; artan kurak koşullarla birlikte mevcut ormanlar köklerine kadar kuruduktan sonra, yangın bir bölgeyi kullanılmaz hale getirdikten sonra, hatta kurulu ekosistemdeki herhangi bir bozulmadan sonra araziye kolonileştirebilen dayanıklı bitki türleridir. Hayatta kalma stratejileri hızla büyümek ve Güneş'ten topladıkları enerjinin çoğunu, ağaçlar gibi güçlü yapılar oluşturmak yerine, büyüyüp gelişmelerine katkıda bulunacak şekilde tohumlarında depolamaktır. Bu pek çoğumuzun kahvaltıda bir dilim tost veya bir kâse mısır gevreği yememizin ekolojik olarak en önemli nedenidir: Buğday ekmeği, mısır gevreği, pirinç patlakları ve yulaf lapası gibi ürünlerin tümü otların hızlı büyüyen türlerinden elde edilir (ve elbette diğer öğünlerin başlıca ögesi olarak tahıl ürünleri).

Yine de hâlâ otsu tahıl ürünlerinin nimetlerinden faydalanmak açısından biyolojik bir sorunla karşı karşıyayız. Bir inek gibi yüksek besin değerini açığa çıkarmak için dirençli bitki özünü parçalayabilmemizi sağlayacak dört mideye sahip değiliz. Bu nedenle tohumlarında yoğun bir enerji yığını üreten bitki türlerini seçtik –ki botanik açısından konuşursak bu bir meyvedir– ve midemiz yerine beynimize başvurduk.

Tahılı un olarak öğütmek için kullandığımız değirmen taşı (ve tarih boyunca, su çarkı ya da yel değirmeni gibi dönüşünü sağlamak için icat ettiğimiz mekanizmalar) azıdışlerimizin teknolojik bir uzantısıdır. Bu undan ekmek yapmak için kullandığımız fırın veya pirinç ile sebze kaynatmak için kullandığımız tencere sindirim öncesi haricî sistemler gibidir. Besinleri yutabilmek için karmaşık bitki bileşimlerini parçalamak amacıyla ısı ve ateşin kimyasal olarak dönüştürücü gücünü kullandık.

Dönüşü Olmayan Nokta

Tarımın gelişmesi; toprağın işlenmesi ve ekinlerin yetiştirilmesi için sürekli emek verilmesine rağmen, onu hayata geçiren toplumlara büyük avantajlar sunmaktadır. Yerleşik toplulukların nüfus artışı avcı toplayıcılardan çok daha hızlıdır. Çocukların uzun mesafelere taşınması gerekmez, bebekler anne sütünden çok daha erken kesilebilir (ve öğütülmüş tahılla beslenebilir); bu da kadınların daha sık doğum yapabilecekleri anlamına gelir. Tarım toplumlarında, ekin ve hayvanlarla ilgilenmeye, küçük kardeşlere bakmaya, evde yemek yapmaya yardım etmek için daha fazla çocuk bir avantajdır. Çiftçiler çok etkili bir biçimde daha fazla çiftçi yaratır.³²

Verimli topraklar ekildiğinde, en ilkel tekniklerle bile, toplayıcılık ve avcılık için kullanıldığından on kat daha fazla yiyecek üretebilir.³³ Ancak tarım aynı zamanda bir tuzaktır. Bir toplum tarımı benimsedikten ve sayısı arttıktan sonra, daha basit bir yaşam tarzına geri dönmek imkânsızdır: Daha büyük nüfus, herkese yetecek kadar yiyecek üretmek için tarıma tamamen bağımlı hale gelir. Bundan geri dönüş yoktur. Ayrıca başka sonuçları da vardır. Çiftçilik tarafından desteklenen yüksek yoğunluklu, yerleşik nüfuslar, kısa sürede son derece katmanlı sosyal yapılar geliştirerek, avcı toplayıcılara kıyasla eşitliğin azalmasına, zenginlik ve özgürlük konusunda daha fazla ihtilafa yol açmıştır.³⁴

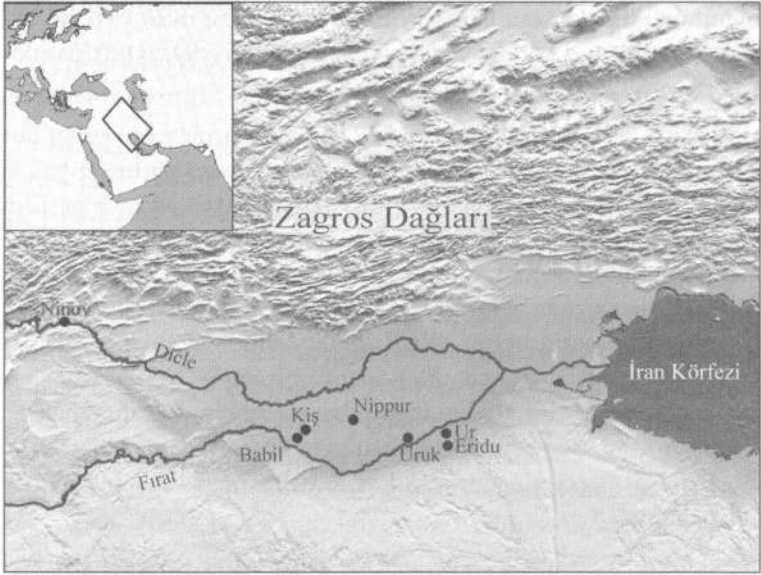
Çiftçiler MÖ 6. bin yılda günümüz Türkiye'sinin tepelerinden Mezopotamya ovalarına ilk kez inip evcilleştirilmiş tahıl ürünlerini de getirdiğinde Dünya, Milankoviç döngülerinin en sıcak ve en yağışlı evresine giriyordu. Aşağı Mezopotamya'nın bataklık zemini son derece verimliydi, kuzeydeki yaylalardan aşınarak gelen yoğun alüvyon toprağı ve Basra Körfezi'ne akan nehirlerin bıraktığı tortularla doluyordu (1. bölümde gördüğümüz gibi Mezopotamya tektonik bir çukur boyunca uzanır). Üretken tarım, bir nüfus patlamasını körükledi ama MÖ 3800'lerde iklim yeniden soğumaya, yağmurlar daha az güvenilir olmaya ve nehirler arasında kalan bereketli topraklar kurumaya başladı. Buna tepki olarak köy çiftçileri kaynaklarını ve insan gücünü birleştirerek daha geniş sulama sistemlerini kurabile-

cekleri çok daha büyük yerleşim yerlerine toplandılar.³⁵ Hem tarım hem de ulaşım için bu kanalların inşa edilmesi ve bakımının yapılması gerekiyordu; bu yüzden merkezî bir yönetim ve giderek daha karmaşık bir sosyal örgütlenme düzeni geliştirildi.³⁶ Mezopotamya'da tarım, dünyanın ilk şehirleşmiş toplumunu doğurdu. MÖ 3000'de bir düzineden fazla büyük şehir kurulmuştu³⁷, isimleri hâlâ kültürel hafızamızda yer almaktadır: Eridu, Uruk, Ur, Nippur, Kiş, Ninova ve daha sonra Babil. Nehirler arasındaki topraklar, sakinlerinin Sümer olarak adlandırdığı bir şehirler ülkesi haline gelmişti.³⁸ MÖ 2000 yılına gelindiğinde Sümer nüfusunun yüzde 90'ı şehirlerde yaşıyordu.*

Antik Mısır'da uygarlığın ortaya çıkışının da iklim değişikliğinin bir ürünü olduğuna inanılmaktadır. Önceki buzullar arası çağ sırasında Kuzey Afrika önemli ölçüde yağışlıydı, büyük göllerle çevrelenmişti ve Sahra'yı otlaklar ve ağaçlarla yeşerten büyük nehir sistemleriyle besleniyordu.³⁹ Gezgin kabileler bu otlak ve ağaçlık araziler etrafında avlanıp göl ve nehirlerde balık tuttular. Bölgede gelişen bu yaban hayatının günümüze kalan tek işaretleri avcılarının timsahları, filleri, ceylanları ve devekuşlarını tasvir ettiği kaya resimleridir.⁴⁰

Bu iklim ideal olsa da sonsuza kadar sürmedi. Mezopotamya kurumaya başladığında muson yağmurları da Kuzey Afrika'dan çekildi. Sahra'da kalan yüzey suyu cepleri kısa sürede yok oldu ve bölge MÖ 4. bin yılın sonunda hızla kurudu.⁴¹ Burada yaşayan insanlar yaşadıkları çevrenin aşırı kurak duruma geçerken küçüldüğünü gördüler. İlk başta, kalan vahaların etrafında hayatta kalmış olabilirler ama bölge kurumaya devam ettikçe ölmekte olan toprakları terk ettiler ve Nil Vadisi'ne doğru geri çekildiler. Mısır, ilk önce deltada sonra da MÖ 4000 dolaylarında Yukarı Nil'de ortaya çıkan tarıma dayalı köylerle birlikte, Yakındoğu'da evcilleştirilmiş ürün ve hayvanları miras olarak almıştı. MÖ 3150 civarında Sahra nihayet tamamen kururken bölge firavunlar hanedanının yönetimi altında birleşti.⁴² Böylece,

* 5. bölümde göreceğimiz gibi, verimli alüvyon toprağıyla beslenen Sümer şehirleri de büyük ölçüde ayaklarının altındaki nehir çamurundan inşa edilmişti.



Resim 8 Mezopotamya, Zagros Dağları'nın yanında oluşan tektonik çukurda yer alır.

Mısır uygarlığının başlangıcını işaret eden nüfus yoğunluğu, sosyal tabakalaşma ve devlet kontrolü süreci, çölleşen Sahra'dan dar Nil Vadisi'ne gelen iklim mültecileri tarafından yönlendirilmiştir.⁴³

Antik Mısır belki de, bir uygarlığın gelişiminin coğrafi ortamı ile iklimi tarafından sunulan kısıtlamaların ve fırsatların birleşiminden nasıl etkilendiğinin belki de en açık örneğini ortaya koymaktadır. Çölde uzanan şerit benzeri bir vaha olan Nil'in istikrarlı yaz selleri, Etiyopya'nın dağlık bölgelerindeki topraklardan aşındırdığı mineral açısından zengin tortularla, her iki yanındaki ovaları canlandırır. Kudretli Nil basit bir ulaşım aracı da sağladı. Hâkim kuzeydoğu ticaret rüzgârları Kuzey Afrika enlemlerinde güvenli biçimde eser –8. bölümde bu konuya geri döneceğiz. Bu da teknelerin güneşe, yani Yukarı Nil'e doğru yelken açabilmeleri ve daha sonra Nil'in nazik akışının nehrin debisiyle birlikte akıntı yönünde kolay bir geri dönüş sağlaması anlamına gelir. Bu doğal iki yönlü transit sistem⁴⁴ sadece tahıl, ahşap, taş ve askerî kuvvetlerin her gün taşınmasını

mümkün kılmakla kalmamış; aynı zamanda Mısır'ın en uzak noktasına dek sağladığı iletişim kolaylığıyla devletin birliğini pekiştirmesine de yardımcı olmuştur.

Mısır, Nil'in her iki tarafındaki konuksever olmayan çölün doğal engelleriyle çok iyi korunuyordu ve bu yüzden tarihinin çoğunda işgale direnmeyi başarabildi.⁴⁵ Ancak bu sınırlama Mısır ülkesinin genişleyen bir imparatorluk olarak yayılmasını da engelledi ve MÖ 2. bin yılın sonlarında Levant kıyıları boyunca genişlemek bir yana, Mısır Nil kenarında bölgesel bir güç olarak kaldı. Nehir vadisi tahıl için inanılmaz verimliyen –Antik Yunan şehir devletlerini beslemeye yardımcı oldu ve daha sonra Roma İmparatorluğu'nun ekmek sepeti haline geldi– bir ağaç bolluğundan yoksundu. Levant'tan sedir ağacı kerestesi ithal edildi ama Mısır'ın gücünü Akdeniz boyunca ya da Kızıldeniz'in ötesine taşımak için büyük bir donanma inşa etmek çok pahalıydı.⁴⁶

İstikrarlı ve uzun ömürlü Mısır uygarlığını yaratan; çevresel avantajlar, basit iç ulaşım, Nil tarafından sunulan tarımın ekolojik olarak sürdürülebilirliği ve çölü kaplayan doğal savunma engelinin birleşimi idi.⁴⁷ Her şeyden önce bölgeye refah bahşeden şey nehir oldu. Yunan tarihçi Herodotos'un MÖ 5. yüzyılda yazdığı gibi, Mısır “Nil'in hediyesi”dir.

Böylece ilk Sümer kent merkezleri kurulduktan sonraki ilk birkaç yüzyıl içinde, şehirler ve daha büyük sosyal örgütlenme düzenleri Nil'in yanı sıra İndus ve Sarı Nehir vadilerinde de ortaya çıkıyordu.⁴⁸ Bereketli tarım faaliyetleri bu çok daha kalabalıklaşan yerleşimleri beslemek için ihtiyaç fazlası tahıl üretti. Yöneticiler gıda üretimini ve dağıtımını daha da artırmak amacıyla geniş sulama sistemleri, yollar ve kanallar gibi etkileyici kentsel mühendislik projeleri inşa etmek için büyüyen işgücünün emeğini eşgüdümlü hale getirdiler. Artık şehirlerde yiyecek üretme zorunluluğundan kurtulan nüfus; marangozluk, metal işleme hatta doğal yaşamı araştırmak gibi diğer becerilerde uzmanlaşabiliirdi. Depolanan ihtiyaç fazlası tahıl, pek yakında dünyanın ilk imparatorluklarını kuracak olan generalleri ve büyük orduları da besledi.

Yabancı Evcilleştirmek

Uygarlığın doğuşu sadece bitki türlerinin yetiştirilmesine değil, yaban hayvanlarının çiftlik hayvanına dönüştürülmesine de bağlıydı.

İlk hayvanın evcilleştirilmesi, insanlığın yerleşik hayata geçmesinden önce gelir. Köpekler; 18 bin yıldan daha uzun bir süre önce son buz devrinde, avlanmaya yardım etmek ya da insanları yaklaşan yırtıcılara karşı uyarmak için, Avrupalı avcı toplayıcılar tarafından kurtlardan evcilleştirildi.⁴⁹ Bugün çiftliklerimizdeki hayvanların büyük çoğunluğu, ekinlerin ekildiği en eski zamanla birlikte, yani çok daha yakın bir zamanda insanların sorumluluğu altına girdi. Koyun ve keçiler on bin yıl önce Levant'ta az buçuk evcilleştirilmişti – Toros Dağları'nın eteklerindeki koyunlar ve Zagros Dağları'ndaki keçiler.⁵⁰ Aynı dönemde Yakındoğu ve Hindistan'daki sığırlar yaban öküzlerinden evcilleştirilmişti. Domuz on bin ila dokuz bin yıl önce Asya ve Avrupa'da, tavuk sekiz bin yıl önce Güney Asya'da, lama yaklaşık beş bin yıl önce And Dağları'nda, hindi ise üç bin yıl önce Meksika'da evcilleştirilmişti.⁵¹ Sahel'de evcilleştirilen kümes hayvanlarıysa beçtavuğuydu.⁵²

Her durumda evcilleştirme, vahşi hayatta birlikte yaşanan uzun bir sürecin sonunda gerçekleşmiştir. İnsanlar huylarını ve faydalarını yakından tanımamış olsalardı hayvanları çoğaltmak, beslemek, yetiştirmek ve korumak için zaman ve enerji harcamazlardı. Böylece, insanlık olarak çevremizdeki hayvanlarla etkileşimde bulunarak geçirdiğimiz uzun sürede, bulduğumuz hayvan ölümlerini temizlemekten avlanmaya oradan da hayvancılığa geçiş yaptık.

Gördüğümüz gibi, daha yüksek bir zaman ve çalışma yatırımına mal olsa bile, yabancı bitki türlerinin ekili ürünlere dönüştürülmesi çok daha fazla gıda üretimine olanak sağladı. Aynı zamanda bu hayvan türlerinin evcilleştirilmesi uzun bir avın zahmetine katlanmadan güvenilir bir et kaynağı sundu. Hayvanların evcilleştirilmesi, göçebe avcı toplayıcılar için kullanışlı olmayan başka fırsatlar da sağladı. Öldürülen bir hayvandan et, kan ve kemik elde edip bunları saklayabilirsiniz. Bunların tümü yiyecek, aletler ve barınak için son derece yararlı ürünlerdir ama onları sadece bir kereye mahsus ola-

rak elde edebilirsiniz. Diğer taraftan, hayvanları önemsiyorsanız, onları yetiştiriyor ve koruyorsanız, sürünüzün içinden en iyilerini seçip ayırarak bu ürünlerin daha güvenilir bir şekilde tedarik edilmesini sağlayabilirsiniz. Çiftlik hayvanları bir kez evcilleştirildiğinde ve yaşam boyu bakımları yapıldığında, vahşi hayvanlardan kolayca elde edemeyeceğiniz şekilde, sürekli olarak diğer yararlı ürün ve hizmetleri de almak mümkündür. Hayvancılık size tamamen yeni kaynaklar sunar. Bu, “ikincil ürünler devrimi” olarak adlandırılmıştır.⁵³

Süt bu yeni kaynaklardan biridir. Önce keçiler ve koyunlar, sonra sığırlar, hatta bazı kültürlerde atlar ve develer insanların tüketimi için sağılmıştır – aslında insanın ağız hayvan yavrusunun yerini almıştır. Yağ ve proteinin yanı sıra kalsiyum açısından da zengin olan süt; güvenilir bir besin kaynağı sağlar, yoğurt, tereyağı ve peynir gibi ürünler besin değerini uzun süre korur. Sürekli süt veren bir kısırak, bütün hayatı boyunca, etinin kesilmesinden sağlanacak enerjinin yaklaşık dört katı daha fazla enerji arz eder.⁵⁴ Bununla birlikte taze sütü sadece Avrupa, Arabistan, Güney Asya ve Batı Afrika’daki yerli insan toplulukları sindirebilir.⁵⁵ Diğer memelilerin sadece bebeklerinde olan, bağırsaklarındaki süt sindirici enzim, insanların tüm yetişkin yaşamları boyunca üretmeye devam etmeleri üzerine evrimleşmiştir. Bu, kendi amaçlarımız için evcilleştirdiğimiz ve seçerek ürettiğimiz hayvan türleriyle birlikte evrimleşen insanlığın en açık örneklerinden biridir. Yün de evcil hayvandan sürekli olarak hasat edilebilir. Yabani koyunun sadece kabarık, kısa telli tüylerle kaplı ince bir postu vardır. Seçici üreme nesilleri boyunca insanlar bu postun üzerinde durmuş, giysi üretmek amacıyla dokumak için önce yolarak ve sonra, beş bin ila altı bin yıl önce meydana gelen bir gelişmeyle, kırparak yün elde etmiştir.⁵⁶ Güney Amerika’daki lamalar ve alpaka da aynı işlevi görmüşlerdir.

Büyük hayvanların evcilleştirilmesi avcı toplayıcı toplumların erişemeyeceği başka bir önemli kaynak sağladı: Yük hayvanları olarak ulaşım ve taşıma için kas gücü. Yük hayvanları olarak kullanılan ilk tür eşekti ama at, katır (at ve eşeğin kısır melezi) ve deve gibi daha uzağa daha fazla yük taşıyabilen hayvanlar onun yerini aldı. Sığırlar,

boynuzlarına bir boyunduruk bağlamak nispeten kolay olduğundan, çekiş gücü sağlamak amacıyla –saban veya yük arabası çekmek için– kullanılan ilk hayvanlardı; özellikle öküzler (hadım edilmiş boğalar) güçlü ama uysaldır.⁵⁷ Hayvan çekiş gücüne başvurulması, çapa veya bel gibi küçük el aletleri kullanan çiftçilerle birlikte, insan kas gücüne dayanan tarımdan saban kullanmaya geçişi sağladı. Sabanları çeken çiftlik hayvanları gıda üretiminin diğer itici gücü oldu. Bu aynı zamanda daha önce kalitesiz olduğu düşünülen önemsiz arazilerin de tarım için kullanılmasına olanak sağladı. Engebeli zeminde yük taşıyan çiftlik hayvanları ya da düz ovalarda arabaları ve yük arabalarını çeken hayvanlar, taşınabilecek malların hem hacmini hem de taşıma mesafesini büyük ölçüde artırdı. Bu nedenle uzun mesafe kara ticaret yolları kurmak çok önemliydi. Buna ek olarak atların çektiği savaş arabaları MÖ 2. bin yılda Avrasya’da savaş alanında devrim yarattı ve devamında, daha büyük ve daha güçlü atlar seçilerek yetiştirildikten ve ata binmek mümkün hale geldikten sonra, süvariler savaşın en etkili silahı haline geldi.

Evcilleştirilmiş hayvanlar özellikle birbirleriyle birlikte kullandıklarında faydalıdır. Bu en başta göçebe, çoban toplumlar için önemliydi: Az miktarda ekilebilir araziye sahip bölgelerde, insanlar neredeyse tamamen büyük hayvan sürüleri tarafından desteklenen ve meralar arasında dolaştıkları bir yaşam tarzını benimsemişlerdir. Koyun, keçi ve sığır gibi hayvanlar gıda işleme makineleri gibidir. İnsanların tüketmesi için elverişsiz düzlük çayırliklarda büyür ve yedikleri bu otları besleyici et, kemik iliği ve süte dönüştürürler. Ayrıca giyecek, yatak ve çadırlar için yün, keçe ve deri üretirler. Bu hayvanlar göçebe çoban topluluklar için hayatta kalmanın en temel kısmını oluşturur ve alınıp satılabildikleri için bir refah kaynağı sağlarlar.⁵⁸ Hızlı atlara binen atlı çobanlar, göçebelerin koruyabileceği hayvan kaynaklarını büyük ölçüde artırarak, devasa arazi alanları üzerinde otlayan dev sürüleri kontrol edebilme yeteneğine sahiptir. Öküzlerin çektiği yük arabalarıyla sağlanan ve mobil ev olarak hizmet veren toplu taşıma, aile gruplarının hayvan sürüleriyle birlikte çok uzaklara gidebilmelerini mümkün kıldı. Göçebe çobanlar için bir yaşam alanı olarak Avrasya’nın engin otlaklarını açan; sürü hayvancılığı,

binicilik ve hayvan çekiş gücünün bu birleşimiydi. Geniş bozkırlar boyunca yaşayan bu göçebe kabilelerle sınırlarındaki yerleşik tarım toplumları arasındaki etkileşim –ve çoğu zaman yaşanan şiddetli çatışmalar– 7. bölümde göreceğimiz gibi Avrasya tarihinin seyrinde önemli bir rol oynamıştır.

Hayvan kas gücünün kullanılması insan topluluklarının kapasitesini büyük ölçüde artırdı; at, katır ve deveyle farklı ortamlar boyunca, uzun mesafelerde ticaret ve yolculuk mümkün hale geldi, öküz veya manda gibi güçlü ama yavaş hayvanlar yük arabaları ve sabanlar için çekiş gücü sağladı. Ve Çin’de 5. yüzyılda yaka koşumunun icadıyla birlikte atlar da taşıma için kullanılabilir hale geldi. Bu gelişme, Kuzey Avrupa’nın ağır topraklarında Ortaçağ tarımının verimliliğini büyük ölçüde artırdı. İnsan kas gücünün yerini alan bu hayvanların evcilleştirilmesi, giderek daha fazla enerji kaynağını tanzim eden insanlığın gelişim öyküsünün ilk sahnesiydi.⁵⁹ Sanayi Devrimi sırasında fosil enerjinin piyasaya sürülmesinden, kömür yakıtlı buhar motorlarının trenleri ve gemileri itmeye başlamasından ve daha sonra ham petrolden ayrıştırılan sıvı yakıtlarla beslenen içten yanmalı motorun, şaşırtıcı bir hızla geniş mesafeleri kat etmemizi sağlamasından önce, hayvan gücü altı bin yıl boyunca uygarlığı yönlendirerek üstün bir biçimde hüküm sürdü.

Şimdi evcilleştirdiğimiz bu çok önemli hayvan ve bitki türlerini yaratan gezegensel güçlere geri dönelim.

Cinsel Devrim

Parıldayan gökdelenler ve kıtalararası uçuşların modern dünyası, kendini hâlâ on bin yıl önce atalarımız tarafından evcilleştirilmiş ot türleriyle besliyor. Bu tahıl lifleri günlük enerji ihtiyacımızın büyük kısmını sağlar ama elbette insan sadece ekmek yiyerek yaşamaz. Diyetimiz pek çok başka meyve ve sebze çeşitlerini de içerir. Ne var ki bu belirgin çeşitliliğe rağmen, tükettiğimiz bitkilerin hemen hemen hepsi kapalı tohumlular olarak bilinen belirli bir grubun üyesidir. Özelliklerini az sonra açıklayacağım ama önce kapalı tohumlu-

ların şaşırtıcı evrimsel yeniliklerini belli bir bakış açısına oturtmak adına bitki örtüsünün daha eski biçimlerine bakalım.

Sanayi Devrimi'nin yakıtını oluşturan muazzam kömür rezervlerini sağlayan ve hâlâ tükettiğimiz enerjinin üçte ikisini elde ettiğimiz Karbon Dönemi'nin ilkel ağaçları,⁶⁰ sporlu bitki türleriydi. Bugünün eğreltiotları gibi, rüzgârda sporlar salarak çoğaldılar; uygun toprağa düştüklerinde kendiliğinden ama tüm genetik materyallerinin sadece yarısıyla çimlenip ve küçük, yeşil, yapraklı bir bitkiye dönüştüler. Bu eşeyli üreme donanımı olan ayrı bir bitki evresiydi ve yakındaki bir bitki üzerinde yer alan yumurta hücresine doğru zemindeki su filmlerinin arasından yüzen spermiler üretti. Tam bir çift kromozom setini yeniden oluşturmak için yumurtayı bir kez döldedi, sonra yumurta doğal boyda yeni bir ağaç olarak büyüdü. Bu gerçekten tuhaf bir üreme şekli gibi görünüyor. Bu sanki insanların, spermelerini ve yumurtalarını önlerindeki toprağa püskürterek her birinin kendisinin minyatür bir örneği içinde gelişmesi ve daha sonra yetişkin bir insan yaratmak için birbirleriyle çiftleşerek çocuk yapmak zorunda kalmaları gibi bir şeydir. Dahası, bu üreme stratejisi Karbon Dönemi'nin bataklık havzalarındaki spor oluşturan bitkiler için iyi çalıştı ancak bu alternatif yaşam döngüsü tarafından çamurlu topraklarla biyolojik olarak sınırlandırıldı.

Açık tohumlular –“çılak tohumlu” bitkiler– Karbon Dönemi'nin sonunda ortaya çıktı ve köknar, çam, sedir, ladin, porsuk ve sekoya da dahil olmak üzere bugün bize tanıdık olan yaprak dökme-yen kozalaklı ağaçların içinde gelişmiştir. Bu tohumlar yaşam döngüsünün bu ara aşamasını etkili bir şekilde sindirmek için evrimleştiler. Tozlaştıktan sonra, açık tohumlular kozaların pullarında çıkan tohumlar üretir. Koruyucu kılıfları içinde güvende olan ve depolanmış enerjinin bir kısmını içeren tohumlar yere düşerek filizlenmek için doğru koşulları bekler. Bu evrimsel yenilik, bitkileri sulak alanlardan kurtarmıştır (bazı yönlerden hem suda hem karada yaşayan canlıların tersine, üremek için suya dönmeleri gerekmeyen sürüngenlerin evrimine benzer). Açık tohumlular dünyaya yayılırken diğer bitki türleri kelimenin tam anlamıyla gölgede kaldı –kartal eğreltiotu ve diğer eğreltiotları yaşamlarını çoğunlukla ormanların içindeki karanlık alt

bitki örtüsünde sürdürür– ya da Orta Çin'deki ginkgo gibi sadece yalıtılmış ceplerde yetismeye devam etti. Açık tohumlular bugün hâlâ çok yaygın olarak, Kuzey Kutbu tundraları ve çayırıklarıyla Kuzey Amerika ve Avrupa bozkırları arasında uzanan tayga ekosistemindeki* yoğun kozalaklı ladin, çam ve karaçam ormanları halinde büyümektedir. Kereste veya kâğıt hamuru için yumuşak odun olarak kullanılan ve beslenme biçimimizin küçük bir parçası –örneğin, kızartılıp salataya serpilene veya fesleğen sosunun içine rendelenen çam fıstığı şeklinde– olma özelliği bulunan bu ağaçlar; insanlık tarihi boyunca önemli olmuştur.

Açık tohumlular yeryüzünün bitki örtüsünde yaklaşık 160 milyon yıl hüküm sürdü ama bugünün bitki dünyasına hem türlerinin zengin çeşitliliği hem de efendisi oldukları gezegendeki farklı yaşam alanlarının dağılımı anlamında kapalı tohumlular egemendir: ılıman bölgelerde her yıl yaprak döken ormanlar, tropikal yağmur ormanları, daha kurak bölgelerde devasa çim düzlükleri, çöllerdeki kaktüsler. Kapalı tohumlular cinsel yaşamlarını daha da yüksek bir nezaket seviyesine taşıdılar. Yumurtaları çıplak bırakılmaz ancak özel bir organın içinde bulunur, başlangıçta kıvrılmış bir yapraktan uyarlanmıştır, içinde tohumlar gelişir – kapalı tohumlu “kaplı tohum” anlamına gelir.⁶¹

Kapalı tohumluların çok daha belirgin bir ayırt edici özelliği, çiçeklerinin gelişiminde gösterişli görünümleriyle cinsel organlarını süslemeleri ve reklamını yapmalarıdır. Bu evrimsel buluş, kapalı tohumluların bir bitkiden diğerine polen aktarmalarına yardımcı olmak için çok çeşitli böcekleri –aynı zamanda kuşları, bazı yarasaları ve diğer memelileri–⁶² kendilerine çekmelerini sağladı. İlk çiçekler muhtemelen sadece beyazdı ama –yeryüzündeki yaşamın tarihinde en büyük ortak evrim öykülerinden biri olarak– bu bitkiler ve tozlaştırıcıları birlikte gelişirken, dünyada çiçek renkleri ve baş döndürücü kokuların bolluğunda bir patlama gerçekleşti. Çiçeklenen kapalı tohumluların uzmanlaşmış cinsel organları sadece üremelerine yardımcı olan hayvanları seçmelerini sağlamakla kalmamış; aynı

* Sibirya'da çok geniş alana yayılan iğne yapraklı ağaçlarla kaplı bölge. (Ç.N.)

zamanda tohumları taşıyan yumurtalık da dağılmalarına yardımcı olacak şekilde etli araçlara dönüşmüştür: Meyve üretmiştir.

Geç Kretase Dönemi, yani dinozorların son döneminde gezenimizdeki bitki dünyası, zaten iyice yerleşmiş olan akçaağaç, çınar, meşe, huş ve gürgen aileleriyle, bugüne oldukça benzer bir görünüm başlamıştı. Ancak bariz bir istisna vardı. Kıtaların kurak bölgelerindeki açık, ormansız ovalar hâlâ anlaşılmasa da bir şekilde farklı görünüyordu. Süpürge otu ve ısırgan otlarının ilk biçimleri var olsa da ot türleri bu dönemin sonuna dek evrimleşmedi.⁶³ Dinozorlar tamamen çimden yoksun araziler üzerinde dolaştı.

Primatlar olarak evrimimiz ve avcı toplayıcı olarak gelişimimiz kapalı tohumlu bitkilerin meyve, yumru ve yapraklarına bağlıydı ve benimsediğimiz tarım faaliyetleri de neredeyse tamamen kapalı tohumlulara dayanıyor. Tahıllar kapalı tohumlu bitkilerdir, gerçekte hasat ettiğimiz tahıl, bitkibilim açısından, çim bitkisinin meyvesidir.⁶⁴ Çim izleri ilk olarak yaklaşık 55 milyon yıl öncesine ait fosil kayıtlarında ortaya çıkmıştır; ancak gezegenin Senozoik Zaman'da sürekli soğuması ve kurumasıyla 20 ila 10 milyon yıl önce dünyanın birçok yerinde ot hâkimiyetindeki ekosistemler oluşmuştur.⁶⁵ Yani sadece Doğu Afrika'nın kuraklaşmasıyla sürüklenen kendi evrimimiz değil ama Dünya'nın bütün olarak soğuyup kuruması, tarih boyunca uygarlıklarımızı beslemek amacıyla temel gıda ürünü olarak evcilleştirebileceğimiz bitkilerin yayılması için gerekli koşulları yarattı. Bunun yanında yediğimiz hemen hemen her bitki aynı zamanda sekiz farklı kapalı tohumlu ailesinin bir üyesidir.

Otlardan sonra ikinci en önemli aile; bezelye, fasulye, soya fasulyesi ve nohut gibi baklagiller ile hayvanlarımıza yedirdiğimiz kaba yonca ve yoncadır. Kolza, turp ve bu ailenin münferit bir türü olan yabani hardal bitkisini kapsayan *brassica* ailesi, lahanası, karalahana, brüksellahanası, karnabahar, brokoli ve yerlahanası elde etmemiz için seçici ıslah yoluyla bitkinin farklı özellikleri ortaya çıkarılarak dönüştürülmüştür.⁶⁶ Diğer kapalı tohumlu topluluklarından itüzümü ailesi patates, biber ve domatesi; kabak ailesi balkabağı ve kavunu; maydanoz ailesi de yabani havuç, havuç ve kerevizi kapsar.

Tükettiğimiz meyvelerin çoğu gül ailesinden (elma, armut, şeftali, erik, kiraz ve çilek gibi) veya narenciye ailesinden (portakal, limon, greyluft, kumkat) gelir. Palmiye ağacı ailesi de bize hindistan cevizi ve daha etkili bir biçimde, Ortadoğu çöllerinden geçen ticaret kervanlarına hafif ve derişik bir gıda kaynağı olarak hizmet eden Arabistan hurmasını vererek tarihte önemli bir rol oynamıştır. Bu kapalı tohumlular aileleri içinde yer alan bitkilerin farklı bölümlerini yeriz. Kapalı tohumlular tarafından, dağılmalarına yardımcı olması amacıyla hayvanlar için çekici ve lezzetli olacak şekilde, evrimsel olarak tasarlanmış meyveleri sevgiyle anıyoruz. Bitkiler, bir sonraki baharda büyümelerini sağlayan enerji depoları da oluştururlar ki bunlar ekip biçtiğimiz sebzelerin kök ve gövdeleridir. Yumru kökler; manyok, şalgam, havuç, sarı şalgam, pancar ve turbu kapsar; ve patates veya tatlı patatesin kökü bitki sapının yumru kısmıdır. Lahana, ıspanak, pazı ve Çin lahanasının yanı sıra diğer salata bitkileriyle şifalı otların yapraklarını yeriz ve tükettiğimiz karnabaharla brokoli aslında olgunlaşmamış çiçek başlarıdır. Yani genel olarak kendimizi sadece otlarla değil; aynı zamanda gül çalısı ve güzelavratotunun akrabalarıyla da besliyoruz. Öte yandan kapalı tohumlular besin sağlamanın ötesinde bize pamuk, keten, sisal, kenevir gibi lifler ve bir çeşitli doğal ilaçlar sağlar.

ÇTM Uygarlığı

Biz kapalı tohumlu bitkilerin farklı türlerini oldukça geniş bir çeşitlilikte ekip katur kutur yeme yolunda yavaşça ilerlerken, evcilleştirdiğimiz büyük hayvan çeşitlerinde çok daha kısıtlı kaldık ve onları sadece iki memeli türünden seçtik.

İlk gerçek memeliler yaklaşık 150 milyon yıl önce ortaya çıktı ama dinozorları haritadan silen, memeli atalarımızın sürüngenler tarafından boş bırakılan ekolojik konumlara yayılmasına yol açan şey 66 milyon yıl önce gerçekleşen, türlerin kitlesel yok oluşuydu. Ancak bugün dünyaya hükmeden üç büyük memeli grubu ortaya çıkmamış ve on milyon yıl sonrasına kadar çeşitlenmeye başlamamıştı. Bunlar çift toynaklılar (*artiodaktıl*), tek toynaklılar (*perisso-*

daktil) ve maymungillerdir (*primat*), topluca ÇTM (APP) memeliler olarak bilinirler.^{67*}

1. bölümde gördüğümüz gibi biz de maymungillere aitiz ve başka bir açıklamaya gerek yoktur. Diğer taraftan, çift toynaklılar ve tek toynaklılar yabancı türler gibi gelebilir ama onlara yakından aşinasınız. Aslında insan uygarlığının temelini oluşturduklarını iddia edebilirsiniz. Onlar toynaklı ya da tırnaklı memelilerin iki dalıdır. Çift toynaklılar, çift parmağı olan ya da çatal tırnaklı toynaklı hayvanlardır; tek toynaklılar ise tek parmağı olan hayvanlardır.

Çift parmaklı çift toynaklılar, domuz ve devenin dahil olduğu tüm gevişgetirenleri kapsar: antilop, geyik, zürafa, keçi ve koyun. Gevişgetirenler sert otları parçalamak için besinleri kusar ve yeniden çiğner, sonra midelerinin ilk dört bölmesinin ilki olan işkembe de bitkiyi mayalandırıp kimyasal olarak parçalamak için, besinleri bağırsak emilimine hazırlamak amacıyla sindirim sisteminin kalanına geçmeden önce, bakterileri kullanır (daha önce gördüğümüz gibi, insanlık aynı biyolojik sorunlara teknolojik çözümler buldu). Çift toynaklılar bugün dünyada baskın olan büyük otobur hayvanlardır. Bu hayvanların çatal tırnakları elinizdeki üçüncü ve dördüncü parmaklara karşılık gelen iki parmaktan ibarettir.**

Tek toynaklılar at, eşek, zebranın yanı sıra tapir ve gergedanları kapsar. Tek toynaklılar gergedan gibi üç parmaklı ya da at gibi sadece tek parmaklı olabilir. Aslında atlar, birine el hareketi çekmek için kullanacağınız aynı parmak üzerinde dört nala koşarlar. Gevişgetirenlerin aksine, atlar basit bir mideyle kalın bağırsak fermentörüne [mayalandırıcısına] sahiptir. Bakterileri fermente etmek için

* Farklı organizmalarını sınıflandırmak için geliştirdiğimiz hiyerarşik sistemde çift toynaklılar, tek toynaklılar ve maymungiller farklı gruplar olarak bilinir. Hepsi memeli sınıfına (ve nihayetinde hayvanların krallığına) girer ve içlerinde tek tek türler barınırlar – örneğin, inek (*bos taurus*).

** Çift toynaklılar her zaman otobur değildir. Suaygırı ve balinayla bağlantılı *archaetherium* [Yaklaşık 9,1 milyon yıldır var olan, Eosen ve Oligosen dönemlerinde Kuzey Amerika ve Avrasya'ya endemik olan soyu tükenmiş bir *entelodont artiodactyl* cinsi (Y.N.)]. Kuzey Amerika'da dolaştı ve bu sivri dişli, inek büyüklüğündeki yırtıcı, gergedanlara bile saldırmış olabilir.

barındırırlar ve bağırsaklarında, körbağırsak (*cecum*)* adı verilen, büyük ölçüde genişlemiş bir kese içindeki bitkilerin besinlerinin salınmasına yardımcı olurlar.

Son on bin yıl içinde evcilleştirdiğimiz ve insan uygarlığının etlerine, ikincil ürünlerine ve kas gücüne bağlı hale geldiği büyük hayvanların çoğunluğunun sadece bir memeli grubunun üyeleri olması şaşırtıcıdır. Ama bu toynaklıların ortaya ilk olarak nasıl çıktığıyla ilgili aynı derecede büyüleyici ve derin bir şey var.

Dünyanın Harareti

Şaşırtıcı gerçek şu ki 55,5 milyon yıl önce meydana gelen evrimsel çeşitlendirme patlamasıyla, çift toynaklı ve tek toynaklı takımları, maymungillerle birlikte yaklaşık on bin yıllık bir süre içinde aniden ortaya çıkmıştır. Görünen o ki, Doğu Afrika'da sonunda *Homo sapiens*'e evrilecek olan atalarımız ve uygarlığın gelişimi ve evcilleştirme için yaşamsal önemi olan hayvan grupları gezegensel zamanın göz kırmasıyla aynı anda belirdiler. Bu çok önemli ÇTM memelilerinin hızla ortaya çıkmasını tetikleyen olay, dünyanın sıcaklığında ani ve aşırı bir yükselişe meydana gelen gezegensel bir spazmdı.^{70**}

Dünya ikliminin bu son derece hızlı ısınması, Paleosen ve Eosen jeolojik evreleri arasındaki sınırı belirtir ve Paleosen-Eosen Ter-

* Çift toynaklılar ve tek toynaklılar arasındaki ayrım sadece evrimsel biyolojinin esrarengiz bir ayrınısı değildir ve dinlere derinlemesine gömülmüş bir hal almıştır. Tevrat, Yahudilerin sadece çatal tırnaklı olan ve geviş getiren memelileri yemelerine izin verir. Bu nedenle evrimsel açıdan konuşacak olursak, çift toynaklıların gevişgetiren dalının üyeleri koşer (helal) veya tüketim için uygun olarak kabul edilir. Yahudi kutsal kitabı ("Yasa'nın Tekrarı" 14:6-8) anatomik olarak çift toynaklı olmasına ve aynı zamanda geviş getirmesine rağmen mundar olarak yasaklanan deveyle de ilgilenir (ayakları tırnağı gizleyen sertleşmiş deri tabanla dolmuştur).⁶⁸ Diğer taraftan İslam inancı ise farklı memeli türlerinin tüketimi konusunda daha az kısıtlayıcıdır. Kuran sadece özellikle domuz etini dışarıda bırakır ve Yahudiliğin tersine deve genellikle helal kabul edilir.⁶⁹

** Bu yeni memeli gruplarının ilk üyelerinin 55,5 milyon yıl önce ortaya çıktığını açıkça belirtmek gerekir ama bugün aşına olduğumuz bu gruplar içindeki türler çok daha yakın bir zamana kadar evrimleşmedi. Örneğin ineğin vahşi atası için bu süre yaklaşık iki milyon yıldır.

mal Maksimumu (PETM) olarak bilinir. On bin yıldan daha az zaman alan çok kısa bir jeolojik sürede atmosfere, güçlü bir sera etkisi yaratan, çok büyük miktarda karbon (karbondioksit- CO_2 ve metan- CH_4) salındı ve buna karşılık olarak küresel sıcaklık hızla beş-sekiz santigrat yukarı sıçradı.⁷¹ Bu sıcaklık artışı dünyayı, son birkaç yüz milyon yıldaki en sıcak haline getirdi.⁷²

Her ne kadar dünyanın ekosistemleri tamamen şekil değiştirmiş olsa da çevreye yönelik bu büyük sarsıntıya rağmen Kretase veya Permien Sonu (bkz. s. 50, 149-152) boyutunda bir kitlesel yok oluş tetiklenmemişti. Hepsi, Kuzey Kutbu'nda gelişen geniş yapraklı ağaçlar, timsahlar ve kurbağalarla birlikte, tropikal şartlar kutuplara kadar uzandı.⁷³ PETM, sıcak sularla ve derinliklerdeki düşük oksijen seviyesiyle başa çıkamayan *foraminiifera* adı verilen bazı derin deniz amiplerinin yok olmasına neden olurken,⁷⁴ okyanusların ılık güneşli yüzeyinde gelişen dinoflagellatlar* gibi planktonlar** ortaya çıktı. PETM'nin küresel çevreyi karışıklığa itmesi birçok hayvanın hızla evrim geçirmesine de yol açtı⁷⁵ ve özellikle bu sıcaklık artışı memelilerin yeni ÇTM gruplarının ortaya çıkışını başlatmış gibi görünüyor.⁷⁶

Dünya atmosferinin hızlı bir şekilde ısınmasının, gezegenimizin tarihinde sayısız kez olduğu gibi, volkanik aktivitenin bir sonucu olduğunu tahmin edebiliriz. Ancak ilginç olan şey, sıcaklık artışını tetikleyen bu büyük ve ani karbon salınımının en büyük nedeninin volkanik değil biyolojik olmasıdır.***

* Delikliler. Kökayaklılar sınıfından tek hücreli takım. (Y.N.)

** Plankton; suda yaşayan ve akıntıya bağlı olarak hareket edebilen mikroskobik canlılara verilen ortak addır. Balıklar ve balinalar gibi suda yaşayan çok sayıda organizma için çok önemli bir besin kaynağı sağlarlar. Bitkisel özellik taşıyan planktonlara fitoplankton, hayvansal özellik taşıyanlara zooplankton denir. (Y.N.)

*** Bunu deniz tabanındaki kayalarda bulunan karbonu ölçerek anlıyoruz. Karbon atomlarının izotoplar olarak bilinen farklı atom ağırlıklarıyla çeşitlilik gösteren değişik biçimleri vardır. Hafif karbon tercihen temel biyokimyasal tepkimeler tarafından yakalanır ve böylece canlı organizmalardaki moleküller ya da serbest bıraktıkları karbondioksit veya metan, daha fazla hafif karbon içerir. Biliminsanları PETM sırasında deniz tabanına serilmiş kireçtaşı kayalarının içindeki karbon izotoplarını analiz ettiklerinde, ki bu o zamanki atmosferi ölçmenin bir yoludur, hafif karbon oranında büyük bir sıçrama buldular. Bu durum, ani sıcaklık artışına neden olan, atmosferdeki karbondioksit veya metan gazının hızla yükselişinin canlı yaşamdan kaynaklandığı anlamına gelir.

İlk volkanik patlamanın, metan klatrat adı verilen bir buz türünün sualtı tortularını karıştırarak okyanusları ısıtmaya yetecek kadar karbondioksiti serbest bıraktığı düşünülmektedir. Klatrat buzu deniz tabanının soğuk ve yüksek basınç şartları altında şekillenir ve aslen bozunma bakterileri tarafından üretilen metan gazını kapana kısıtır. Eğer bu klatratlar ısınırsa parçalanır ve suda fokurdayarak yükselen kapana kısılmış metan atmosfere salınır. Metan en güçlü sera gazlarından biridir, ısı yakalama etkisi karbondioksitten 80 kat güçlüdür, bu yüzden açığa çıkan ilk metan şeytani bir geri besleme süreci içinde daha çok klatrat buzunu parçalayarak ısının daha da fazla artmasına neden oldu. Antarktika'nın donmuş toprakları erimeye başladığında ve ısınan iklimde orman yangınları daha da sıklaştığında, muhtemelen klatrat buzunun yanı sıra daha fazla sera gazı fıskırdı.⁷⁷ İlk volkanik patlama, PETM'nin bunaltıcı iklimine yol açan biyolojik karbon salınımının ana patlama yükünü ateşleyen fünye gibiydi.

Şiddetli olmasına rağmen sıcaklık artışı jeolojik açıdan çok kısaydı: Atmosfer ve küresel iklim 200 bin yıl kadar sonra tekrar önceki seviyelerine geri döndü.⁷⁸ Sonunda bu küresel ısınma –okyanusların büyük metan gazı kabarmasıyla tetiklenen dünyanın kısa, yoğun harareti– tüm insanlık tarihi için en temel üç memeli grubunun ortaya çıkmasına yol açtı. Çift toynaklılar, tek toynaklılar ve kendi takımımız olan maymungiller PETM'nin tam başlangıcında birdenbire ortaya çıktı ve daha sonra hızla bir uçtan diğer uca, Asya, Avrupa ve Kuzey Amerika'ya dağıldı.⁷⁹

Bu aşırı sıcaklık düzensizliği ÇTM takımlarının ortaya çıkmasına neden olduysa; çift toynaklılar ve tek toynaklıların hâkim olduğu ekosistemleri yaratan da, son birkaç on milyon yıldır süren küresel soğuma ve kurumadır. Otlaklar kuruyan kıtaların etrafına yayılırken otobur toynaklılar bunu takip etti ve ineklerimizin, koyunlarımızın ve atlarımızın ataları da dahil olmak üzere çok sayıda farklı türler halinde dağıldılar. Böylece yetiştirdiğimiz tahıl ürünlerini besleyen otlaklar aynı zamanda evcilleştirdiğimiz büyük toynaklı hayvan türlerinin ortaya çıkması için evrimsel bir hareket alanı sağladı. Ancak dünya son buz devrinden çıktığında ve dünyanın dört bir

yanındaki insan toplulukları yerleşip etraflarındaki vahşi yaşamı evcilleştirmeye başladığında hem tahıl türleri hem de toynaklı türler gezegenin etrafına tam olarak dağılmamıştı. Bunun uygarlıkların sonraki gidişatında derin etkileri oldu.

Avrasya Avantajı

Doğal dünyada yer alan kabaca 200 bin bitki türünün sadece birkaçı insan tüketimi için uygundur ve bunların sadece birkaç yüzü evcilleştirme ve tarım imkânı sunar. Daha önce de gördüğümüz gibi, tarih boyunca dünya çapında uygarlıkları besleyen lifler tahıl mahsulleridir, ancak bu tahıllardan evcilleştirilen yabani ot türleri tüm dünyaya homojen biçimde yayılmadı. En büyük, en besleyici tohumları sunan 56 ottan, 32'si Güneybatı Asya'da ve Akdeniz çevresinde yabani olarak yetişir, altısı Doğu Asya'da, dördü Sahra Altı Afrika'da, beşi Orta Amerika'da, dördü Kuzey Amerika'da ve sadece ikisi Güney Amerika ve Avustralya'da bulunur.⁸⁰

Dolayısıyla tarım ve uygarlığın başlangıcından itibaren Avrasya, insanlık tarafından evcilleştirilmeye yatkın ve büyüyen nüfusları beslemeye uygun yabani ot türlerine bol bol sahip olmuştur. Avrasya bu biyolojik ödülle tesadüfen kutsanmış değildi, kıtanın tam da doğuya doğru yönelimi mahsulün uzak bölgeler arasında yayılmasına büyük ölçüde ön ayak oldu. Süper kıta Pangea parçalara ayrıldığında, Avrasya'yı doğu-batı yönünde uzanan geniş bir kara kütlesi halinde bırakarak yarıklar boyunca birbirinden uzaklaştı –tüm kıta dünya çevresindeki yolların üçte birinden fazlası boyunca ama çoğunlukla nispeten dar bir enlem aralığında uzanır. İklim rejimini ve büyüme mevsiminin uzunluğunu belirleyen şey Dünya üzerindeki enlem olduğu için, Avrasya'nın bir bölümünde evcilleştirilen ekinler, sadece yeni çevreye uyum göstermeleri için asgari çabayla kıtanın dört bir yanına nakledilip orada da ekilebildiler. Böylece buğday ekimi Türkiye'nin yaylalarından Mezopotamya'ya, Avrupa'ya ve örneğin Hindistan'a kadar kolaylıkla yayıldı. Bunun aksine Amerika'nın ikiz kıtaları Panama Kıstağı köprüsüyle birleşmiş olsa da kuzey-güney doğrultusunda uzanır. Burada başlangıçta bir bölgede evcilleştirilen

bitkilerin başka bir bölgeye yayılması, bitki türlerinin farklı yetiştirme koşullarına yeniden uyumlu hale getirilmesi için, çok daha zor bir süreç gerektirdi. Yeni Dünya'ya karşı Eski Dünya'nın yerleşim düzeyindeki, bizzat plaka tektoniğinden ve kıtaların başıboş şekilde şu andaki şekline doğru uzaklaşmasından doğan bu temel ayrım; Avrasya uygarlıklarına tarih boyunca gelişme yönünden büyük bir avantaj sağladı.⁸¹ Büyük hayvanların dünya çapında dağılımı eşit derecede düzensizdi ve burada Avrasya'daki toplumlar başka bir avantaj elde etti. Vahşi bir hayvanı insanlar tarafından evcilleştirilmeye elverişli hale getiren nitelikler; besleyici gıda sunmaları, uysal bir doğa ve doğuştan gelen insan korkusu eksikliği, doğal bir sürü davranışı ve esaret altında yetiştirilmeye uygun olmalarıdır. Ancak sadece nispeten az sayıda vahşi hayvan bu niteliklerle tanımlanabilir.⁸² Dünya ölçeğindeki 40 kilogramdan ağır 148 memeli türünün 72'si Avrasya'da bulunur ve bunların 13'ü evcilleştirilmiştir. Amerika kıtasında bulunan 24 tür içinde sadece lama ve onun yakın akrabası olan alpaka, Güney Amerika'da evcilleştirilmişti. Kuzey Amerika, Sahra Altı Afrika ve Avustralya evcilleştirilebilir büyük hayvanlardan tamamen yoksundur. İnsanlık tarihi boyunca en önemli beş hayvan –koyun, keçi, domuz, inek ve at– ve eşek, belirli bölgelerde ulaşımı sağlayan deveyle birlikte sadece Avrasya'da mevcuttu ve evcilleştirilmelerinin ardından birkaç bin yıl içinde tüm kıtaya yayılmışlardı.⁸³ Tarih boyunca sadece etleri için değil, aynı zamanda ikincil ürünleri (süt, deri ve yün) ve kas gücü için de en güçlü oldukları kanıtlananlar büyük memeli türleridir.

At familyası (atlarla akraba türler) K ızey Amerika'nın çimlerle kaplı ovalarında evrimleşmiştir; ancak en son buz devrinin sonunda hayatta kalan sadece dört at familyası grubunun tümü Avrasya'da bulunmuştur: Yakındoğu'da yaban eşeği, Kuzey Afrika'da eşek, Sahra Altı Afrika'da zebralar ve Avrasya bozkır kuşağında atlar. Benzer şekilde, modern devenin atası –atın yanında uzun mesafeler boyunca eşya veya insan taşıyarak hizmet etmekte önemli işleve sahip diğer hayvan– Kanada'nın yüksek kutup kesimindeki soğuk iklimde yaşadı ve geçmiş bir buz devrinin düşük deniz seviyeleri sayesinde Bering Kara Köprüsü üzerinden Avrasya'ya geçti. Asya'daki çift hörgüçlü

Bactrian devesi doğrudan bu Amerikan göçmenlerinin soyundan gelmektedir, Afrika'yla Arabistan'ın daha sıcak çöllerindeki tek hörgüçlü Hecin devesi yüzey alanını ve su kaybını en aza indirmek üzere evrimleşmiştir. Bu develer Sahra Çölü, Arabistan Yarımadası ve Asya bozkır kuşağının güney sınırının kenarındaki çöller boyunca uzanan uzun ticaret yollarının belkemiği haline gelmiştir. Devegiller de Panama Kıstağı üzerinden Güney Amerika'ya göç etti ve lamaya ve alpakaya dönüştü; ama bir yük hayvanı olarak lama bir insandan fazlasını taşıyamaz ve alpakalar sadece postları için kullanılmıştır.⁸⁴

Amerikan uygarlıklarının karşı karşıya olduğu biyolojik engelin en büyük ironisi, Avrasya'da ulaşım ve ticaretin merkezi haline gelen bu iki hayvan grubunun aslında Amerika'da evrimleşip daha sonra Bering Kara Köprüsü'nü geçerek Avrasya'ya göç etmiş olmasıdır.⁸⁵ Muhtemelen en son buz devrinde aynı kara köprüsünü ters yönde geçen erken dönem insanların aşırı avlanmasının ardından hem at hem de deve kendi anavatanında öldü. İlk Amerikalılar, bilmeden kıtalarındaki uygarlıkların gelecekteki gelişimine köstek olmuşlardı.

Eşek, at ve deve, Avrasya, Arabistan ve Afrika'nın bozkırları, çölleri ve dağ geçitleri boyunca seyahat ve ticaret yolları için çok önemli hale geldi, ekonomileri büyük ölçüde güçlendirdi ve Eski Dünya çapında insan, kaynak, fikir ve teknolojilerin nakledilmesini sağladı. Diğer taraftan Amerika biyolojik açıdan fakirdi ve bu devrimlerden çıkar sağlayamadı. Deve, Amerika'ya bir daha asla kayda değer bir sayıda geri dönmedi ama at 16. yüzyılın başlarında İspanyol istilacılarla birlikte anavatanına geri getirildi. 1500'lü yıllarda iki dünya arasındaki temas yenilendiğinde, bu birikmiş Avrasya ödülünün mirasçıları Amerika kıtasının kültürlerine hâkim olmak için gelen Avrupa devletleriydi.⁸⁶

İnsanlık Senozoik "yeni yaşam" Zaman'da ortaya çıktığında, kapalı tohumlular ve memeliler –tohumlu bitkiler ve memesi olan hayvanlar– tarafından belirlenen bir dünyaya girdik. Bu geniş kategoriler içinde, genel olarak evcilleştirdiğimiz türlerde şaşırtıcı derecede seçici olduk. Tarih boyunca uygarlıklar iklimin geçmiş on milyonlarca yıl içinde soğuması ve kurumasıyla dünya çapında üreyen ot türlerinden türetilen tahıl ürünlerinin sağladığı temel gıda mad-

deleriyle beslenmiştir. Bu otlakların yayılması, evcilleştirdiğimiz toynaklı türlerin çeşitlenmesine de yol açarak bize güvenilir bir et, süt, yün, ulaşım ve çekiş gücü kaynağı sağladı. Ancak insanlık, çiftçi olarak yerleşik hayata geçip son buz devrinin sona ermesinden kısa bir süre sonra uygarlık yolunda ilerlemeye başladığında, evcilleştirilebilir bitki ve hayvan türlerinin dünya çapındaki düzensiz dağılımı ve kıtaların ana yönü, tarihin örüntüsü üzerinde derin bir etki yaratmaya çabaladı.

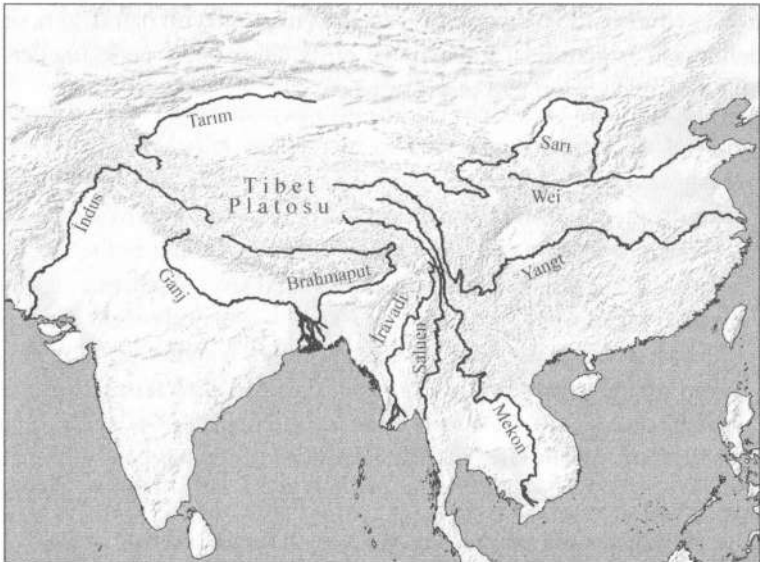
Ortaya çıkan ilk uygarlıkların çoğu bunu Dicle ve Fırat, İndus, Nil ve Sarı nehirler gibi büyük su yolları boyunca yapmıştır. Bu nehirler güvenilir tarım ve ilk şehirler için yaşam kaynağı sağladı, siyasi güç de genellikle sulama suyunun merkezi kontrolünden doğdu. Başarılı tarım tamamen dünya çevresinde –okyanuslardan buharlaşarak, yağmur olarak yere düşerek, yeraltına inerek sonra denize geri akarak– dolaşan tatlı suyun yolunu kesmeye bağlıdır. Nehirler genellikle bu su döngüsünün en güvenilir aşamasıdır ve bugün dünya çapında birçok insanı beslemek için yaşamsal önemini korumaya devam etmektedir. Sanayileşmiş tarım, şu anda 7,6 milyardan fazla insanı besleyecek noktaya gelmiştir. Bugün toplam küresel nüfusun yüzde 40’tan fazlası Hindistan, Çin ve Güneydoğu Asya’da yaşamaktadır ve bu da bizleri Tibet’in merkezî jeopolitik önemine getirir.

Su Kulesi

Çin; Tibet Platosu, 13. yüzyılda Moğol Yuan Hanedanı, 18. yüzyıl başlarında Çing hanedanı dönemlerinde olduğu gibi, tarihinin çeşitli dönemlerde hâkimiyeti altına almıştır. Yakın geçmişte, Mao Zedung yönetimindeki Çin Halk Cumhuriyeti 1951’de Tibet’i ilhak etti ve ülkenin dinî lideri Dalai Lama 1959’daki bir ayaklanmadan sonra, sürgün hükümetinin bağımsızlık hareketini uluslararası camianın gözünde canlı tutmasını sağlayan Hindistan’a kaçtı. Çin’in Tibet Platosu üzerinde hâkimiyet kurmak istemesinin iki ana stratejik nedeni vardır. İlki askerîdir: Hindistan’ın, kelimenin tam anlamıyla Çin’in en önemli kısmına bakan hâkim konumunu güvence altına almaya çalışmadığından emin olmak ve bununla bir-

likte bölgeyi aşağıdaki ovaları istila etmek için bir sahne alanı olarak kullanma olasılığı. Çin, Tibet'e siyasi özerklik verirse, Hindistan platoyu ele geçirmese bile, orada askerî üsler kurmasına izin verilebileceğinden endişe duyuyor.⁸⁷ Yine de tartışmaya açık ve belki daha da önemli şekilde; Tibet Platosu basit ama tamamen hayati bir kaynak sağlar: Su.

Dünyanın en yüksek ve en büyük platosu olan Tibet, üzerindeki on binlerce buzulla birlikte, Kuzey Kutbu ve Antarktika dışındaki en büyük buzul buz ve donmuş toprak deposuna sahiptir. Yüksek plato genellikle gezegenin Üçüncü Kutup'u olarak adlandırılır.⁸⁸ Buzullardan ve karlardan eriyerek gelen sular Sarı Nehir, Yangtze, Mekong, İndus, Brahmaputra ve Salven de dahil olmak üzere Güneydoğu Asya'nın tamamına yayılan en büyük on nehrin sularını oluşturur. Tüm bu büyük nehirler, taşkın ovalarını ve burada kurulan pirinç tarlalarını verimlileştirmek için dağlardan büyük miktarda aşınmış tortu taşır.⁸⁹



Resim 9 Dünya'nın üçüncü kutbu, Tibet Platosu'ndan yayılan büyük nehirler.

Böylece Tibet Platosu iki milyardan fazla insana içme suyu, sulama suyu ve hidroelektrik güç sağlamak için nehirler boyunca bu değerli kaynağı depolayıp dağıtarak, tüm kıta bölgesinin su kulesi olarak hizmet verir.⁹⁰ İşte Çin'in artan nüfusu ve büyüyen ekonomisi için hâkimiyeti altına almaya çabaladığı yer, bir yaylanın üzerinde devasa miktarda tatlı suyun yanı sıra zengin bakır ve demir cevherinin bulunduğu bu depodur.⁹¹ 2030 gibi, Çin su ihtiyacının yüzde 25 açık vermesini öngörüyor;⁹² bu yüzden Tibet konusu küçük bir mesele değil. Hindistan'ın Tibet'i fiilen ele geçirmeye ve nehirlerin akışını kısıtlayarak Çin'in musluklarını kapatmaya çalışıp çalışmaması önemli değil, ancak bu olasılık Çin'i savunmasız kılar. Aynı şekilde, Hindistan, Pakistan, Nepal, Burma, Kamboçya ve Vietnam gibi akıntı yönündeki diğer devletlerin endişesi, gelecekte Çin'in kendi iç kullanımı için bu Tibet nehirlerinin akış yönünü değiştirmeye başlayabilecek olmasıdır.⁹³

Çin'in Tibet'i işgali ve oradaki insan hakları sorunları hakkındaki uluslararası eleştirilere bakılmaksızın; bu yaylalar Pekin için baskın bir jeopolitik endişeyi temsil eder. İşte bu nedenle Çin, hâkimiyeti elinde tutmaya çalışıyor, yayla boyunca düzenli olarak kara ve demiryolu bağlantıları kuruyor ve etnik Han Çinli yerleşimcileri bölgeye yerleşmeleri için teşvik ediyor.⁹⁴

DENİZLERİN COĞRAFYASI

Okyanuslar ve denizler Dünya yüzeyinin yaklaşık dörtte üçünü kaplar. Yazar Arthur C. Clarke'ı da gezegenimize yeryüzü değil okyanus dememiz gerektiği esprisini yapmaya iten de bu gerçektir. Bu kitabın konuları açısından, okyanuslar yeryüzündeki yaşam ve derin uzay arasındaki yakın bağlar için en iyi sergi alanlarından biridir. Yeryüzündeki su, tüm yaşam için hayati önem taşır ama gezegenimiz Güneş'in etrafında dönen bir gaz ve toz bulutundan oluştuğunda oldukça kuruydu. Yeryüzü, gezegenimizi bir araya getiren kayalık malzemenin içinde fazla buz bulundurmak için Güneş'e çok yakındı, oluşumu sırasında ortaya çıkan ısı tüm gezegeni baştan başa eritti ve içindeki suyla beraber diğer uçucu bileşikler de yok etti. Böylece okyanuslarımızı dolduran su, Dünya doğduktan sonra, Güneş Sistemi'nin daha soğuk dış bölgelerinden –derin uzaydan gelen bir kar fırtınası gibi– buz içeren kuyruklu yıldız ve asteroitlerin bombardımanıyla getirildi.

Dünya dışı bu buzun doğurduğu okyanuslar elbette gezegenin hava durumu ve iklim sistemleri üzerinde son derece etkiliydi. Diğer taraftan yerkabuğu içindeki su levha tektoniği mekanizmasını yağla-

maya yardımcı oldu. Ancak dünyanın okyanusları genellikle sadece boş genişlikler olarak kabul edilir. Onlar haritalarımızdaki boş alanlar, sayfanın üzerinde yalnızca kara kütlelerinin ana hatlarını belirleyen boşluklardır. Nihayetinde biz tarihin gerçekleştiği ve üzerinde bin yıl boyunca insanlığın öyküsünün yaşandığı yerin kıtalar ve adalar olduğunu düşünmeye başladık. Ama denizin anlatacağı kendine ait zengin bir öyküsü var.

Suyu Zenginliğe Dönüştürmek

İlk günlerimizden beri, insanlık gezegenin suyla dolu yiyecek alanlarına bel bağladı. Nehirlerden, göllerden veya sığ kıyı sularından tutulan balıklar on binlerce yıldır kolayca ulaşılabilen besinler sağlamıştır.¹ Ancak karadan uzakta, açık denizde balıkçılık; gemi yapımı ve denizcilikte çok daha büyük beceriler gerektirir. İskandinav denizciler uzun yolculuklarda ustalaşmış ve yaklaşık MS 800 yılından itibaren ürettikleri kurutulmuş morina üzerine uluslararası bir ticaret kurmuşlardı. Bu açık deniz becerileri diğer Avrupalılar tarafından öğrenildi ve Kuzey Denizi önemli bir balıkçı alanı haline geldi.² Burada denizlerin coğrafyasının –özellikle de deniz tabanı arazisinin– tarihte ne kadar önemli olduğunu görebiliyoruz.

Kuzey Denizi'nin ortasında, İngiltere ve Danimarka arasında, son buzul evresinde İskandinavya Buz Örtüsü'nün tepesine yığılmış büyük bir moren* olduğuna inanılan devasa kum yığını Dogger Bank uzanır. Son buz devrinin düşük deniz seviyeleri sırasında, Doggerland olarak bilinen tüm bu bölge kurudu ve atalarımıza başlıca av alanlarını sağladı. Bugün sular altındadır ama Dogger Bank, dalgaların altında geniş bir sığ su alanı oluşturur ve böylece morina ve ringa balığı için verimli bir balıkçılık alanı sağlar (*Dogger* trol balıkçılığı teknesi için kullanılan eski Felemenkçe bir sözcüktür). Dolayısıyla atalarımızın buz devri avlanma alanları sular altında kaldı ve Ortaçağ denizcileri için bereketli bir balıkçılık bölgesine dönüştü.

* Buzulların yol açtığı kaya ve küçük taş kırıntılarının olduğu bölge, buzultaş. (Ç.N.)

Bu sıgılık, MS 1000 yıllarından itibaren Kuzey Avrupa'da açık deniz balıkçılığının başlamasına yardımcı oldu.³ Balıkçılar arasındaki rekabetin artması ve en yakındaki büyük balık sürülerinin aşırı avlanmasıyla; İskandinav, Bask ve diğer Avrupalı denizciler önce morina daha sonra balinalar açısından zengin balıkçılık alanları aramak üzere Kuzey Atlantik'e doğru daha çok açıldılar. Avrupalı denizciler, Kolomb'un Atlantik'e açılmasından 500 yıl önce, batıya gitmeyi göze alarak, İzlanda'dan daha öteye Grönland'a ve daha sonra da İskandinav balıkçıların koloniler kurdukları Kuzeydoğu Amerika kıyısındaki Newfoundland'e doğru yelken açtılar. Avrupalı denizcilerin 15. yüzyıl başlarında Keşifler Çağı'na girmesine ve büyük uluslararası ticaret imparatorlukları kurmasına olanak sağlayan; denizcilik ve dayanıklı gemi inşası sürecinde öğrenilen derslerdi (bunları 8. bölümde inceleyeceğiz).⁴

Ama aynı Kuzey Denizi çevresinin modern dünyanın yaratılmasında başka bir önemli etkisi olmuştur. Alçak ülkeler* Belçika ve Hollanda, Kuzey Avrupa Ovası'nın düz kıyı şeridinde yer alır ve 13. yüzyıldan beri Hollandalılar denizden ve bataklıklardan yeni tarım arazileri yaratmak amacıyla drenaj için yel değirmenleri kullanırlar.⁵ Aslında yükselen deniz seviyeleri yüzünden sular altında kalan buz devri Doggerland'inin parçalarını geri kazanırlar. Ancak setler ve yel değirmenleri inşa ederek bu arazi bölgelerini geri almak pahalıydı ve gereken para sadece topluluktan gelen kaynakların birleştirilmesiyle elde edilebilirdi. Gerekli para kaynağı yerel kilise veya belediyeler tarafından bölge sakinlerinden borç alındı ve geri kazanılan yeni topraklardan elde edilen tarımsal kâr, başlangıçta projeye kaynak sağlayanlara paylaştırıldı. Toplumdaki herkes kısa sürede bu büyük girişimlere para kaynağı sağlamak için satılan tahvillere yedek akçelerini yatırmaya geldi ve bu da gelişen kredi piyasalarını yarattı. Arazi talepleri ve denizi zapt etme gerekliliğiyle şekillenen Hollanda, kapitalistlerin ülkesi haline geldi.⁶

* Kuzeybatı Avrupa'da Ren-Meuse-Scheldt Deltası'nın alt havzasını oluşturan ve Belçika, Hollanda ve Lüksemburg'dan oluşan bir kıyı ova bölgesini ifade eder. Bu bölgeye Felemenkçede Nederlanden adı verilir. *Neder*, "aşağıda, altta" anlamına gelirken *Landen* ise "ülke, yer, toprak" kelimesinin çoğuludur. (Y.N.)

Doğal olarak bu sistem 17. yüzyılda uluslararası ticarete geçiş yaptı – bu, Baharat Adaları’na* bağlı bir ticaret gemisine kaynak sağlamak için yerel bir yel değirmeni yapımından hisse satın almaya kadar atılan küçük bir adımdır. Bir projenin toplam maliyetini küçük hisselerle bölme uygulaması, yatırımcıların risklerini dağıtmalarına da olanak sağladı – birkaç sefere küçük miktarlarda para koyabilirlerdi, böylece herhangi bir gemi kaybedilirse çok ağır bir darbe almazlardı. Bu da insanları paralarını sadece saklamak yerine, kredilerin faiz oranlarını düşük tutarak yatırım yapmaya teşvik etti ve böylece daha fazla girişim için sermaye maliyetini ucuzlattı. Hollandalılar da vadeli işlem piyasası kavramını büyük bir hevesle benimsediler ve büyük ölçüde geliştirdiler. Bu, gelecekteki bir noktada belli bir emtia için fiyat pazarlığı etme becerisidir – örneğin; gelecek hafta ya da bir yıllık süre içinde Dogger Bank’ten getirilip karaya çıkarılacak olan 45 kilogram morina için vereceğiniz fiyatı garantilemek. Bu vadeli işlemler, halihazırda bir ambarda depolanan malın değil bir soyutlaşmanın ticaretini yaratarak, daha sonra gerçek ürünler gibi tek başlarına alınıp satılabilirler.

İlk ulusal merkez bankası ve ilk resmî borsa Amsterdam’da 17. yüzyılın ilk yıllarında kuruldu⁷ ve bu tarihten itibaren Hollanda, Avrupa’nın finansal açıdan en gelişmiş ülkesi haline geldi.⁸ Resmiyet kazandırılan bu kapitalizm araçları çabucak diğer ülkelere yayıldı ve Sanayi Devrimi için gerekli olan finans kurumlarını oluşturdu. Ortaçağ Hollanda’sının yel değirmenleri gibi, Britanya’nın değirmenleri, fabrikaları ve buhar motorlarını inşa etmek, bir dizi farklı ve kararlı yatırımcıdan gelen sermayenin birleşmesi olmadan, yanına yaklaşamayacak kadar pahalıya patlardı.⁹ Hollanda’nın, düşük rakımlı arazisinin ve denizden toprak kazanma ihtiyacının bir sonucu olarak ortaya çıkan finansal yenilikler, modern dünyanın inşasına yardımcı oldu.

Gezegeenin tuzlu sularının insan öyküsünün şekillenmesine yardımcı olduğu çok başka taraflar da vardır. Deniz bir halkı dünyanın geri kalanından yalıtabilir, örneğin Tazmanya’da olan budur.

* Bugünkü Doğu Hint Adaları. Dünyanın en büyük takımadalarıdır. (Y.N.)

Burada yaşayanlar son buz devrinden sonra yükselen deniz seviyeleriyle anakaradan ayrıldı. Adadaki nüfus; nesiller boyunca balık ağları ve mızraklar gibi teknolojilerle araçların devamlılığını sağlamak için çok küçüktü ve orada unutuldu. ¹⁰ Ya da daha önce gördüğümüz gibi, deniz istiladan korunmaya ve Britanya gibi bir ada ülkesinin bağımsızlığını sürdürmesine yardımcı olabilir. Okyanuslar karadaki çöller gibidir, kendi başlarına yaşamaya elverişli değildirler* ama malların ve insanların hareket edebilmesi için bir uçtan bir uca kat edilebilirler. Fırtına dalgalarına rağmen deniz yüzeyinin kendisi, uzak mesafelerde ticaret anayolları sağlamak için elverişli bir şekilde düz ve dirençsiz bir ortama sahiptir. Limanlar; malların ülke içinde ihtiyaç duyulan yerlere doğru yolculuklarına devam etmeleri için, gemilerden nehir teknelerine veya at arabalarına (ya da son zamanlardaki gibi tren ve kamyonlara) aktarıldığı deniz ve kara arasındaki bağlantı noktalarına yerleştirilmiştir. Bu limanların çoğu zengin ve güçlü şehirler haline gelmiştir. Avrupa devletlerinin 16. yüzyılın başından itibaren büyük deniz imparatorlukları kurarak, sürme toplu yüzen kaleleri andıran kalyon filolarının yardımıyla güçlerini muazzam mesafelere ulaştırmalarını sağlayan şey; okyanus denizciliğinde ustalашmış olmalarıydı. Gemilerin dar boğazlardan geçişlerinin kısıtlandığı geçitler, bin yıl önce olduğu gibi bugünün devletleri arasındaki güç oyununda da jeopolitik açıdan stratejik merkezlerdir.

Dünya haritalarımızda soluk mavi devasa alanlar, insanlık tarihini bu farklı yollarla şekillendirmekte karadaki ovalar, ormanlar, çöller ve buzlu dağ sıralarını gösteren yeşil, kahverengi ve beyaz kadar önemlidir. Bu kuru arazi gibi denizlerin coğrafyası da maceramızı tarih aracılığıyla yönlendirdi. Akdeniz'e bakarak başlayalım.

* Aslında, insanların ilgilendiği kadarıyla yeryüzünün denizleri çorak su çölleridir. Samuel Taylor Coleridge'in "Yaşlı Gemici"de yazdığı gibi: "Su, su, her yerde, içecek bir damla yok." Tuz oranları, deniz suyu içmenin ölümcül olduğu anlamına gelir ve denizcilerin de çöllerden geçen kervanlar gibi tatlı su depolayarak taşımaları gerekir.

İçdeniz

Akdeniz bölgesi dünya üzerindeki en karmaşık tektonik ortamlardan biridir. Burada, aralarında sıkışmış daha küçük birkaç levhanın düzensiz sıralanışıyla birlikte Afrika Levhası kuzeye doğru yönelerek Avrasya'nın altına dalıp dağ oluşumu ve volkanik hareketliliğin hızlanmasına yol açar. Akdeniz aynı zamanda nispeten küçük ve sıkışık bir alanda farklı kültürlerin ortaya çıkması, gelişmesi, kaynak ve fikir alışverişi yapması, birbirleriyle rekabet edip, savaşa girmesiyle birlikte tarih boyunca uygarlıkların canlı bir şekilde karşılıklı etkileşimine de ev sahipliği yapmıştır. Bu iki olgu birbiriyle bağlantılı olabilir mi? Tektonik Akdeniz ortamının neden antik uygarlıkların beslenmesi için özellikle verimli bir çevre sunduğuna dair geçerli nedenler var mı?

Binlerce yıldır Akdeniz, denizcilik faaliyetleriyle çınlayıp durdu. Minos ve Fenikeli Tunç Çağı tüccarlarından, Yunan şehir devletleri ve Roma İmparatorluğu'na ve Geç Ortaçağ'daki Ceneviz ve Venedik ticaret imparatorluklarına kadar, bu oval şekilli deniz, kıyılarındaki halkları ve kültürleri birbirine bağlamıştır. Akdeniz; geçişlerin genellikle sadece kısa mesafelerde olduğu bir içdenizdir. Çatırdayan tektonik levhaların oluşturduğu kuzey kıyısı boyunca uzanan dağ sıraları, kıyıdan uzakta yön bulmak için gereken birer doğal sınır işareti sağlar. Cebelitarık Boğazı'nın Atlantik'e açıldığı kısırtıcı darlık, genellikle Akdeniz'deki gelgitlerin çok az olduğu anlamına gelir –sadece santimetrelerle ölçülebilecek derecede– ve sizi güzergâhınızdan saptıracak önemli bir yüzey akıntısı yoktur. Akdeniz aynı zamanda hiddetli fırtınalar yaşar ve kara kütlelerini saran hava akımı yüzünden anlaşılması güç bir rüzgâr yapısına sahiptir. Yine de her şeyi düşünürsek, bu içdeniz kültürler arasındaki iletişim ve ticaret için en iyi şekilde düzenlenmiştir. Ancak tarih boyunca gözle görülmür bir eğilim vardır ve uygarlıkların büyük çoğunluğu Akdeniz'in güneyinde değil kuzey kıyılarında gelişmiştir.

Akdeniz haritasına boş boş baksanız bile güneydeki Afrika kıyısı ile karşılaştırıldığında kuzey yarısının ana hatlarıyla ilgili ilginç bir şey fark edersiniz. Kuzey kıyı şeridi adalarla doludur. Bu boyut aralığı, Güney Ege'deki Kiklad Adaları'nın küçük beneklerinden –Sar-

dunya, Girit ve Kıbrıs- birkaç yüz kilometre çapındaki büyük kara kütlelerine kadar değişmektedir. Bu Akdeniz adalarının çoğu artık popüler tatil beldeleridir ancak etraflarına dağılmış çok sayıda antik harabe, antikçağlar boyunca uygarlığa zemin hazırlamakta ne kadar önemli bir rol oynadıklarını doğrulamaktadır. Kuzeyi güneyden ayıran sadece Akdeniz sularının üzerinde birbirine bakan bir sürü ada değildir. Akdeniz'in üst kenarının etrafındaki kıyı şeridi de olağanüstü ayrıntılıdır: Körfezler, koylar, girintiler ve burunlarla doludur. Ege kıyıları ve adaları, örneğin birçok Yunan şehir devletine ev sahipliği yapan bölge, tüm Akdeniz kıyı şeridinin uzunluğunun tam üçte birini, ancak yüzölçümünün sadece küçük bir kısmını oluşturmaktadır.¹¹ Katı bir karşılaştırma ile Afrika kıyı şeridi sadece biraz fazla düzdür. Modern Cezayir, Tunus, Libya ve Mısır kıyıları açıklarında hiçbir ada bulunmayan tekdüze ve pürüzsüz bir biçimde uzanır.

Birçok küçük arazi parçasına ayrılmış bir toprak alanının ilk toplumlar için bir engel olabileceğini düşünmüş olabilirsiniz ama modern yolların, demiryollarının ve motorların gelişiminden önce karayoluyla yapılan seyahat ve ticaret zorluklarla doluydu. Sakin nehirlerde veya denizlere yelken açarak sağlanan ulaşım, özellikle uzun mesafeli ticaret için dökme yük taşındığı zamanlarda, çok daha kolay ve hızlıydı. Bu yüzden kuzey kıyılarının Akdeniz'in nispeten sakın sularıyla ayrılmış çok sayıda küçük toprak cebine ayrılmasının, şehir devletleri ve krallıklar arasında insan ve mal dolaşımına büyük yardımı oldu. Kuzey kıyı şeritleri uygun limanların mükemmel bir seçkisini sundu. Kısacası, Kuzey Akdeniz ideal denizcilik faaliyetleri için en iyi şekilde kurulmuş ve sonuçta birçok antik kültür bu kuzey kıyıları boyunca gelişmişti.¹²

Diğer taraftan, Afrika'nın kuzey ucunu oluşturan Akdeniz kıyı şeridi ne yazık ki denizcilikle uğraşan toplumları bütünüyle desteksiz bırakmıştır. Bu kıyı şeridi, çok az koruması olan doğal limanlar ve çöl tarafından arka çıkılarak geciktirilmiş tarım ve yaşam alanı sunar. Kuzey Afrika kıyılarında hayatta kalan kültürler genellikle tarımın mümkün olduğu sahil hattı boyunca ince kara şeritleriyle sınırlandırılmıştı ama güçlü Nil tarafından desteklenen Mısır uygarlığı dışında, hiçbir ülkenin iç kesimlerinde çok uzağa kadar genişleye-

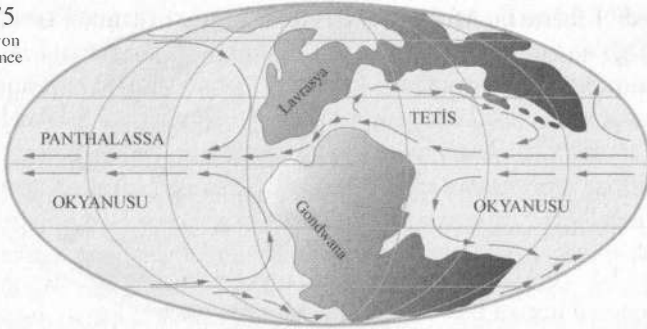
medi. Elbette bu Afrika kıyı şeridinde bazı büyük limanlar olmuştur. İyi bir doğal liman olan Kartaca bugünkü Tunus'un ucunda yer alıyordu. MÖ 814 yılında bir Fenike kolonisi olarak başlayan bu liman sonraki beş yüzyıl boyunca Batı Akdeniz ticaretine hâkim oldu. Roma Cumhuriyeti'nin en büyük rakibi haline geldi ve aralarındaki çatışma, MÖ 146'da Kartaca'nın tamamen yok edilmesiyle sonuçlanan bir dizi savaşa yol açtı.*

Kuzey Afrika kıyısındaki bir diğer önemli şehir, Nil Nehri deltasında bulunan İskenderiye'dir. MÖ 331 yılında Büyük İskender tarafından kurulmuş¹⁴ ve ölümünden sonraki üç yüzyıl boyunca (MÖ 30 yılında Kleopatra'nın ölümüne kadar) Yunan Ptolemaios Hanedanı'nın başkenti olmuştur. Aynı zamanda özellikle ünlü kütüphanesi nedeniyle, antik dünyanın en önemli kültürel ve entelektüel merkezi olarak zenginleşmeye başladı. Şehir, uçsuz bucaksız nehir deltasının yanında sabit bir setin üzerine inşa edildi ve Pharos Adası'nda yer alan 100 metre yüksekliğindeki deniz feneri kulesi gemileri limana yönlendirdi.¹⁵ Yer dikkatle seçilmişti. İskenderiye, Akdeniz'deki su akıntılarının nehirden doğuya doğru dökülen tortuları sürüklemesi nedeniyle, limanının kum ve çamurla dolmasını önlemek için Nil'in batı yakasında inşa edilmiştir. Bu tortu, Doğu Akdeniz'in büyük bir kısmını kontrol altına alan deltadan saat yönünün tersine doğru taşınıp düz ve kumlu bir kıyı şeridi oluşturur. Güneydoğu Akdeniz, bir dağın denize uzanarak körfez ötesini kıyı boyunca sürüklenen kum ve çamurla dolmaktan koruyan Hayfa kadar kuzeyde olmayan, uygun bir doğal liman sunar.

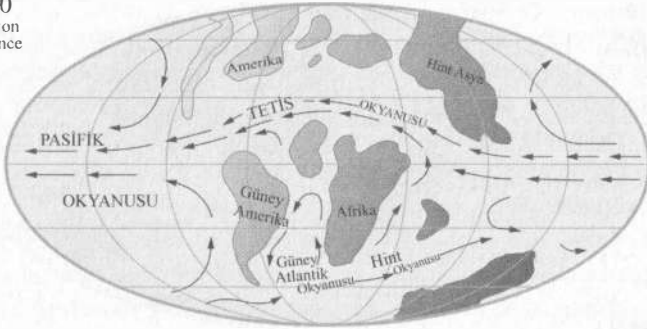
Buna yol açan şey, Kuzey Afrika'nın iklim şartları (7. bölümde geri döneceğiz) ve Akdeniz'in bütün bu geniş bölümünde birçok bü-

* Fenikeliler, doğal çevrelerinden doğmuş bir uygarlıktı. MÖ 1500'lerde, bugün Suriye, Lübnan ve İsrail kıyı şeridini oluşturan dar ama verimli arazi şeridinde ortaya çıkan bu topraklar, hem Doğu Akdeniz kıyısındaki doğal limanlara hem de gemi inşası için sedir ağacı ormanlarına ulaşabilmiştir.¹³ Fenikeliler denize döndüler ve yaklaşık bin yıl boyunca uzman denizciler ve tüccarlar olarak geliştiler, yaygın bir ticaret ağı kurdular ve Kartaca da dahil olmak üzere Akdeniz kıyısı çevresinde birçok koloni kurdular. Aynı zamanda alfabeyi icat etmişlerdir ve "İncil" kelimesi, yazı için kullanılan papirüsün ihraç edildiği Antik Fenike kenti Biblos'tan [Bible] gelir.

175
milyon
yıl önce



80
milyon
yıl önce



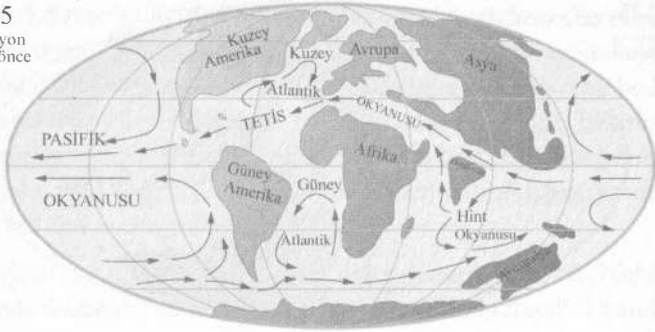
Resim 10 Akdeniz'i yaratmak için Tetis Okyanusu'nun kapanması.

yük uygarlığın yükselişini engellemek üzere birleşen yararsız kıyı şeridiydi. Kartaca ve İskenderiye dışında, Cebelitarık Boğazı ve Nil Deltası arasındaki yaklaşık dört bin kilometrelik Afrika kıyı şeridi, kuzey kıyılarındaki farklı kültürlerin, şehirlerin ve uygarlıkların coşkulu gösterişiyle karşılaştırıldığında tarihsel açıdan çok sessiz olmuştur.

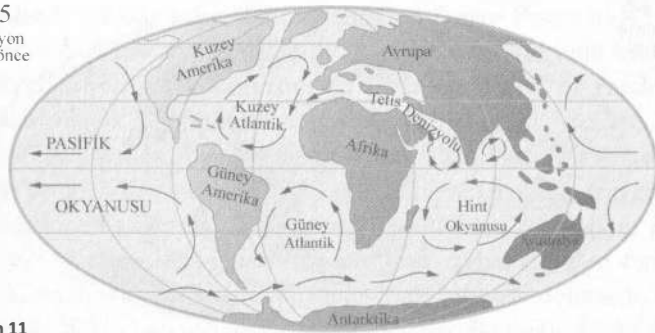
Peki neden Akdeniz'in kuzey ve güney yakaları, en fazla birkaç yüz mil arayla, jeolojik olarak çok farklı? Bir kez daha; bu derin ayrımın gezegensel nedenleri vardır.

Bugünkü Akdeniz aslında bir zamanlar var olan büyük bir okyanusun yok olmasından sonra geride kalan bir su birikintisinden başka bir şey değildir. Yaklaşık 250 milyon yıl önce, dünyamızın yüzü tanınmaz hale gelecekti. Gezegenin tektonik plakalarının bit-

45
milyon
yıl önce



15
milyon
yıl önce



Resim 11

mek bilmeyen seyri bazen kıtasal kabuğun tüm büyük parçalarını bir araya getirerek tek bir birleşik kara kütleşi yarattı: Bir süper kıta.

Permien Dönemi'nin sonunda, süper kıta Pangea –yani Bütün Kara– bir kutuptan diğer kutba kaba bir at nalı şeklinde uzanmış, kollarında Tetis adı verilen bir okyanus tutuyordu.*

O zamanlar her ne kadar bu devasa kıtanın ortasındaki kocaman çöl düzlüklerini geçmeniz gerekecek olsa da Pangea boyunca Kuzey Kutbu'ndan Güney Kutbu'na kadar ayaklarınız bile ıslanmadan yürüyeblirdiniz.

* Gezegenin diğer tarafı, bugünkü Pasifik'ten bile daha büyük, kesintisiz okyanus olan Panthalassa'yla kaplıydı.

Ancak Pangea'nın birleşmesi tamamlandıktan kısa bir süre sonra, süper kıta tekrar parçalanmaya başladı. Bugün aşına olduğumuz kara kütleleri birbirlerinden yırtılarak ayrılıp mevcut konumlarına sürüklendiler. Önce Kuzey Amerika, Kuzey Atlantik'i oluşturan deniz tabanına yayılan yarık boyunca açılıp yırtılarak uzaklaştı ve sonra Güney Amerika Afrika'dan koptu – bu iki kıtanın kıyı şeridi birbirini bugün hâlâ açıkça görünür biçimde tamamlar. Hindistan Antarktika'dan ayrılıp yönünü kuzeye çevirdi ve Afrika dönüp Avrupa'ya doğru sürüklendi. Son 60 milyon yıl içinde Afrika, Arabistan ve Hindistan Avrasya'ya geri dönerek çarpıp, Alpler'den Himalayalar'a kadar güney kenarı boyunca büyük dağ şeridini yükseltti.

Pangea artık yok ve Tetis Okyanusu adeta sırta kadem bastı. Afrika Levhası kuzeye doğru kayarken, Tetis'in okyanus kabuğu Avrupa'nın altında yutuldukça giderek gözden kayboldu ve deniz tabanı tortuları dağlara karıştı. Yaklaşık 15 milyon yıl öncesinden beri Tetis artık, bir tarafta Kuzey Afrika kıyıları ve İber Yarımadası diğer tarafta Basra Körfezi boyunca olmak üzere, hâlâ her iki uç arasında açık, dar bir deniz yolundan başka bir şey değildi; ayrıca Batı Asya'yı sular altında bırakan uzun bir kuzey koluna sahipti. Ancak Kızıldeniz yarıldıkça Arabistan Yarımadası'nı Afrika Boynuzu'ndan uzaklaşmaya ve Zagros dağ sırasını yukarı doğru kırıştırarak Avrasya plakasının güney kenarına çarpmaya zorladı. Bu olay, bugün Ortadoğu olarak bildiğimiz bölgeyi oluşturdu ve Akdeniz'in doğu kapısını kapattı.

Tetis'in kuzey kolu kurudu ve kalıntıları olarak Batı Asya'da Karadeniz, Hazar Denizi ve Aral Denizi'ni geride bıraktı. Bu arada, Afrika hâlâ kuzeye doğru ilerlerken, kuzeybatı ucu İber Yarımadası'na girdi ve 5,5 ila 6 milyon yıl önce batı ucundaki Akdeniz'i Atlantik'ten ayırdı.¹⁶ Şimdi dünya okyanuslarının geri kalanından tamamen kopmuş olan Akdeniz, havzasına akıp onu tamamen doldurabilecek kapasiteye sahip nehirlerden daha hızlı buharlaşıyordu ve bu yüzden hızla kurudu. Su seviyesi düştükçe Akdeniz, Tunus'taki Atlas Dağları'nın uzantısı olarak devam eden bir sırt tarafından ikiye bölündü.* Akdeniz'in batı yarısı tamamen kurumuştu ve Güneş'in pişirdiği zemin

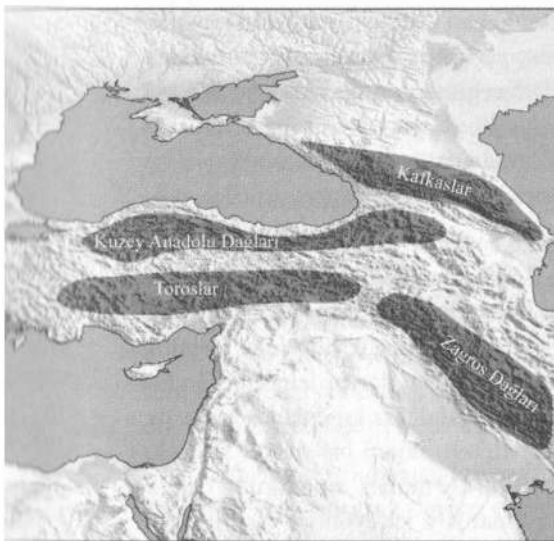
* Kartaca Limanı bu yükselmiş kenar üzerinde yer alıyordu. Sicilya Adası ile İtalya'nın "topuğu" bu aynı setin zirveleridir.



üzerinde büyük tuz birikintileri bıraktı. Aslında bugün Akdeniz'in altında –yer yer iki kilometreye varan–¹⁷ bu tortuların kalınlığı, denizin kurumuş olması gerektiğini ve Atlantik tarafından defalarca tekrar doldurulup birçok kez geri boşaldığını gösterir.¹⁸ Bu süreç, dünya okyanuslarının tuz hacmini yaklaşık yüzde 6 oranında azalttı.¹⁹ Doğu Akdeniz Havzası daha derindir, Nil ve Boğazlar yoluyla Karadeniz'den bir miktar akış almıştır, bu yüzden suları deniz seviyesinin binlerce metre altına düşmesine rağmen, bugünkü Lut Gölü'nden farklı olarak tamamen kurumamış, tuzlu bir göl olarak kalmıştır.

Sonra, yaklaşık 5,3 milyon yıl önce, devam eden tektonik hareketlilik havzanın batı kenarının tekrar dibe çöktüğünü ve Akdeniz'in kalıcı olarak yeniden açıldığını gördü. Atlantik'in suları, belki de iki yıl gibi kısa bir süre içinde, boş, tozlu Akdeniz Havzası'nı doldurmak için bayırdan aşağı fışkıran büyük hacimli sularla kabaran bir sel haline gelmeden önce azar azar akmaya başladı. Bugünkü Cebelitarık Boğazı bu aşındırıcı mega sel tarafından oyulmuştu.²⁰

Afrika tektonik plakası kuzeye doğru yürüyüşüne devam ederken Akdeniz bugün hâlâ küçülüyor ve sonunda tamamen yok olacak.



Resim 12 Akdeniz bugün Tetis Okyanusu'nun kapanmasıyla oluşan dağ sıralarıyla çevrilidir.

Denizin kuzey ve güney kıyıları arasındaki jeolojik farklılıkları açıklayan şey işte bu tektonik süreçtir. Afrika Levhası aşağı doğru eğilip battığı ve Avrupa Levhası'nın altında yok edildiği için Güney Akdeniz kıyı şeridi nispeten pürüzsüz ve doğal limanlardan yoksundur. Tam tersine, Kuzey Akdeniz kıyı şeridinin tamamı bu kıtasal çarpışma nedeniyle dağlıktır. Burada, tektonik çökme ve şu anda yüksek deniz seviyeleriyle birlikte bir buzullar arası çağda olduğumuz gerçeğinin birleşimi, suya batmış bir kıyı şeridi üretti. Akdeniz'in adalar, burunlar, körfezler ve korunmuş doğal limanların bolluğuyla fevkalade biçimde karmakarışık bir hale gelmiş olmasının nedeni, bu su altında kalmış arazidir. Kuzey kıyısı boyunca denizcilik kültürlerini güçlendiren ve Tunç Çağı'ndan günümüze kadar tarihi etkileyen şey, işte bu temel tektonik gerçektir.

Sinbad'ın Dünyası

Akdeniz içdenizi, Avrasya kıtasının uzak batı ucundaki kültürleri büyük bir ticaret ağına bağlamıştır. Ancak, çok daha uzak mesa-

fellerdeki deniz ticareti de uygarlıkların tarihini şekillendirmiştir. Çağlar boyunca Avrasya'nın güney yarısında, kıtanın dört bir yanında yer alan ve 7. bölümde geri döneceğimiz büyük kurak bozkır otlakları şeridinin güneyindeki bölgede, çok sayıda kültür ve imparatorluk ortaya çıkmıştır. Bu toplumlar deniz yolları aracılığıyla bu geniş kıtanın güney kıyısı boyunca birbirleriyle ticaret yaptılar.

Doğu ve Batı Asya'yı birbirine bağlayan deniz yolları Hint Okyanusu'na ulaştı. MÖ 3000'lerde Mezopotamya'daki tüccarlar mallarını Dicle ve Fırat nehirlerinin birleşip Basra Körfezi'ne aktığı yere naklediyorlardı. Buradan girişindeki dar Hürmüz Boğazı'nı geçerek körfezden aşağıya ve sonra Güney Asya kıyılarını izleyerek İndus Nehri'nin ağzına doğru yelken açtılar. Akdeniz kıyılarında uygarlık Mısır, Fenike ve Yunanistan'a yayılırken, ikinci bir ticaret anayolu açıldı. Nil Deltası'ndan mallar, deve kervanları aracılığıyla dağlık Doğu Çölü'nden Kızıldeniz'deki limanlara karayoluyla taşınıyordu. Gemiler buradan Kızıldeniz'in uzun kanalından aşağıya doğru yelken açıp Arabistan'ın güney ucunu dolaşarak Hint Okyanusu'na girdi.²¹

Bu kolay bir yolculuk değildi. Kızıldeniz kıyıları boyunca gizli resifler denizciliği olası bir tehdit haline getirdi, sıcaklık can yakıcıydı ve her iki taraftaki geniş çöllerle birlikte bölgenin aşırı kuraklığı kıyıları boyunca çok az tatlı su kaynağı olduğu anlamına geliyordu. Nitekim Kızıldeniz'e girişi oluşturan dar boğaz Arap denizciler tarafından Babülmendep (Hüzün Kapısı) olarak biliniyordu. Kızıldeniz'den yurkari uzun bir geçitten geçmeden önce, gemiler Arabistan Yarımadası'nın hemen kenarında yer alan Aden Limanı'na davet edilir, Babülmendep geçidini kontrol ederlerdi. Sönmüş bir volkanın kraterinde yer alan Aden, su almak için yaşamsal bir duraktı ve yoğun bir ticaret merkezi olarak refah içinde ve iyi tahkim edilmiş bir şehre dönüştü.*

* Aden, 19. yüzyılın ortalarından itibaren İngilizler için de önemli bir stratejik değer taşıyordu. Liman, Süveyş Kanalı, Batı Hint kıyılarındaki Mumbai ve Doğu Afrika'daki Zanzibar'dan kabaca eşit uzaklıktadır, bunların tümü zamanında Britanya'nın hâkimiyeti altındaydı. Buharlı gemilerin altın çağında, Aden kömür ve kazan suyu yüklemek için önemli bir durak oldu. Bu durum, ABD'nin 1898'de Pasifik'teki Amerikan Deniz Kuvvetleri operasyonları için bir kömür yükleme istasyonu görevi görece Hawaii'yi ilhak etmesiyle tamamen aynı sebeplere dayanıyordu.²²

Hint Okyanusu'ndaki Kızıldeniz ve Basra Körfezi güzergâhlarını ticaret gemilerinin trafiğiyle çalkalayan bu işlek deniz geçitlerinin her ikisi de tektonik hareketliliğin ortaya çıkardığı aynı olayın sonuçlarıdır.²³ 1. bölümde gördüğümüz gibi Kızıldeniz, Afrika kabuğunun altında kabaran devasa bir magma sütunu halinde gezegenin yüzeyini yırtarak açan Y şeklindeki yarıklar sisteminin üç kolundan biridir.

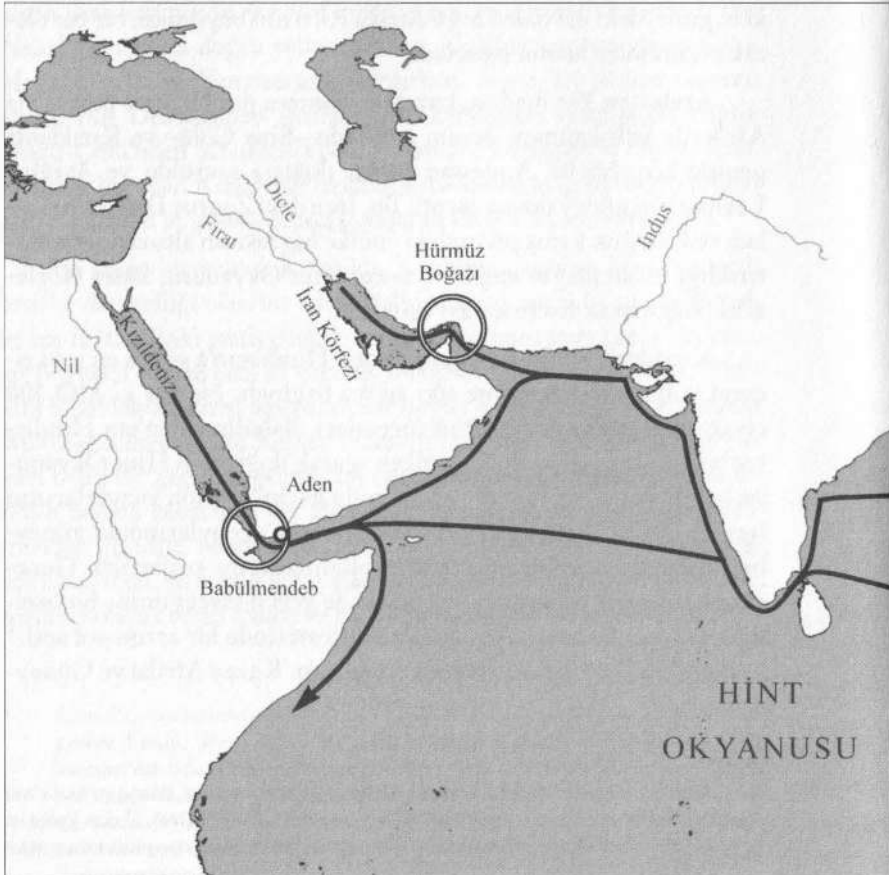
Kızıldeniz'i yaratmak için iki bin kilometre uzunluğundaki yarığın içine su dolmasıyla birlikte, kuzeybatıdaki daha derin bir kırık Arap Yarımadası'nı Afrika'dan kırık bir çömlek parçası gibi ayırırken, güneydeki dal olan Doğu Afrika Rifti'nin büyümesi, bir tür olarak evrimimize zemin hazırladı.*

Arabistan Yarımadası, kuzeyde yalnızca dar bir kara parçasıyla Afrika'da asılı kalmaya devam ediyordu –Sina Çölü– ve Kızıldeniz genişlerken, büyük Arabistan bloku doğuya savruldu ve Avrasya Levhası'nın güney ucuna çarptı. Bu, İran'daki Zagros Dağları'nı katladı ve kabuğun kama şeklindeki önülke havzasının altına doğru bastırıldığı bu sıradağın eteği boyunca, Hint Okyanusu, Basra Körfezi'ni oluşturmak üzere karayı aşındırdı.

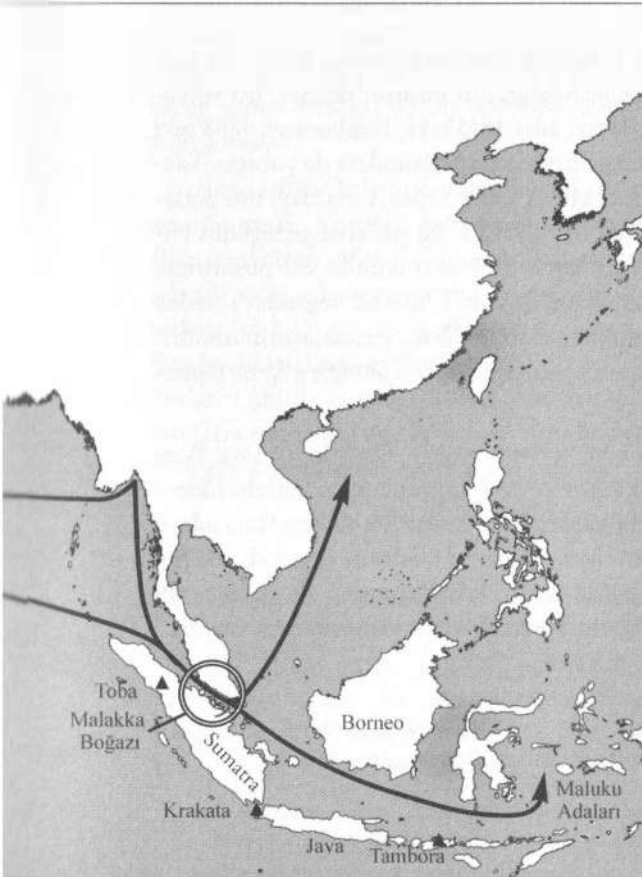
Kızıldeniz ve Basra Körfezi'nden Hindistan'a giden en eski ticaret yolları, kıyı şeridinde sıkı sıkıya bağlıydı. Ne var ki MÖ 100 civarında²⁴ Ptolemik Mısır'ın tüccarları, Babülmendep'ten Hindistan'ın batı kıyılarına doğru yelken açarak doğrudan Hint Okyanusu boyunca sadece birkaç hafta içinde geçip²⁵ muson rüzgârlarının tersine döndüğü kış aylarında geri dönerek yaz aylarındaki güneybatılı muson rüzgârlarının nasıl kullanılacağını keşfettiler. Gezegenin atmosfer düzeninin –8. bölümde geri döneceğimiz– bu özelliğinden yararlanmak Avrasya deniz ticaretinde bir artışa yol açtı.²⁶ Ancak, MS 7. yüzyılın sonunda Arabistan, Kuzey Afrika ve Güney-

* Kızıldeniz'in kuzey ucundaki kıtasal kabuğun daha fazla kırılması, Süveyş ve Akabe'nin dar körfezlerini oluşturmuştur, bu bölünmelerin ikincisi Celile Gölü, Ürdün Vadisi ve deniz seviyesinin 400 metre altında, Dünya yüzeyindeki en alçakta yatan kara parçası Lut Gölü'nü oluşturur.

batı Asya'daki İslami fetihler Babülmendep'in kapılarını Avrupalı denizcilere kapatmıştı. Yüzyıllar boyunca Müslüman tüccarların Arap yelkenlileri ve kervanları, Asya boyunca doğu-batı yönündeki üç büyük ticaret yoluna hâkim oldu. Bunlar Hint Okyanusu'nu üzerinden Kızıldeniz ve Basra Körfezi'ne ulaşan deniz geçitleri ve Orta Asya yoluyla batıya ulaşan İpek Yolu'dur.²⁷ Burası, Bağdat'ta ticari malları yükleyip Basra'dan Basra Körfezi'ne doğru yedi maceralı yolculuğuna çıkan *Binbir Gece Masalları*'ndaki Denizci Sinbad'ın dünyasıdır.



Bu ticaret yolları üzerinde İslam egemenliğinin yükselmesinden daha önce Hindistan Strabon ve Ptolemaios gibi Yunan ve Romalı coğrafyacılar tarafından iyi biliniyordu ama Kızıldeniz geçidinin kapanmasından sonra bu bölgeye dair bilgiler, efsanelerin bilinmezliği içinde unutulmaya yüz tuttu.²⁸ Bu, 8. bölümde göreceğimiz gibi, Avrupalıların bir kez daha Hint Okyanusu'na açılmalarından önceki bir diğer bin yılın en iyi bölümü olacaktı. Ve Avrupalılar bunu yaptıklarında Güneydoğu Asya'da Akdeniz kadar hareketli bir ticaret ağı bulacaklardı.



Resim 13 Büyük doğu-batı Avrasya deniz ticaret yolları ve önemli boğazlar.

Baharat Dünyası

Aslında Güneydoğu Asya'nın deniz alanı birçok açıdan Akdeniz gibidir. Ancak burası her tarafı karayla sınırlı bir içdeniz yerine, her iki yanı geniş Hint ve Pasifik okyanuslarına açılan, dağınık biçimde serpiştirilmiş adalardan oluşan bir bölgedir. Doğu Hint Adaları, Avrasya kıta sahanlığının bir parçasıdır: Burada denizler nispeten sığdır ve kara kütleleri sadece dalgaların üzerine saplanmış olan bu arazinin yüksek yerleridir. Akdeniz'in kuzey kenarı gibi bu bölgenin sınırları da Hint-Avustralya ve Pasifik levhaları Avrasya'nın altında eriyip yükselen magma kabarcıklarını serbest bıraktığı için, volkanik olarak aktiftir.

Sumatra ve Java'nın belkemiği boyunca uzanan bütün bir volkan zinciri kıvrılarak Banda Adaları'nın etrafını dolaşır. Bu volkanizma verimli topraklar üretti ama 1815'teki Tambora ve 1883'teki Krakatoa gibi, tarihteki en şiddetli kimi patlamalara da yol açtı. Yaklaşık 74 bin yıl önce Endonezya'da Toba Süper Yanardağı'nın patlaması son iki milyon yılın en büyüğüydü. Bu patlama gezegenin yüzeyinin yüzde 1'ini boğacak kadar büyük miktarda kül püskürttü, öyle ki gökyüzünü birkaç on yıl boyunca küresel soğumaya neden olmaya yetecek kadar karartmış olabilir (Toba patlamasının insanlığın hayatta kalan nüfusunun çökmesine neden olduğu gibi tartışmalı bir iddiaya bile yol açtı).²⁹

Akdeniz birkaç yüz adayla övünürken Güneydoğu Asya Borneo ve Sumatra gibi bin kilometre uzunluğunda kara kütlelerinden, küçük benekler şeklindeki kalderalara* kadar 26 binden fazla adaya sahiptir. Kara alanının bu aşırı dağılımı adaların engebeli, dağlık arazisiyle birleştiğinde, Çin'de ya da Akdeniz çevresinde olduğu gibi ülkelerin birleşerek büyük imparatorluklara dönüşmesini önledi.³⁰ Yine de bu Güneydoğu Asya denizlerinde ticaret gelişti. Hindistan'dan pamuk, Çin'den gelen porselen, ipek, çay ve Japonya'dan gelen değerli metallerin³¹ yanı sıra, en yüksek değeri olan emtia baharatlardı: Hindistan'dan biber ve zencefil, Seylan'dan (Sri Lanka)

* Patlama sonrası krater zemininde oluşan çukur. (Ç.N.)

tarçın ve Malukular'ın "Baharat Adaları"ndan muskat, hindistancevizi ve karanfil.*

Bunlar sadece yiyecekleri tatlandırmak için değil, sahip oldukları düşünülen cinsel gücü artırıcı ve tıbbi özellikleri için de değerliydi.³² Baharatlar bölgenin tropikal ikliminde yetişen farklı bitki türlerinden geliyor. Biber bir yağmur ormanı sarmaşığının meyvesi, zencefil bir kök, tarçın bir ağaç kabuğu ve karanfil açılmamış çiçeklerin kurutulmuş tomurcuklarıdır. Muskat bir tohum ve küçük hindistancevizi aynı yaprak dökmeyen ağacın tohum kabıdır.³³ Bu bitkilerin bazıları bölgede yaygındı. Örneğin biber Güney ve Güneydoğu Asya'nın hemen karşısında bulunur, ancak tarihsel olarak çoğu Güneybatı Hindistan'ın Malabar Sahili'nde üretilir.³⁴ Burada dağların alçak bir sırası olan Batı Gat Dağları bu özel sarmaşık için en uygun neme sahip tropikal iklimi üretmek için yaz musonlarından gelen yağışı toplar.³⁵

Fakat diğer baharatlar kendi yerel yaşam alanlarında son derece sınırlanmıştı. Karanfil aslında kuzey Maluku Takımadaları'ndaki Bacan, Makian, Moti, Tidore ve Ternate gibi sadece bir avuç küçük adanın volkanik topraklarında yetişti.³⁶ Küçük hindistancevizi ağacı sadece Maluku'dan daha güneydeki dokuz küçük adadan oluşan Banda Adaları'nda ortaya çıktı.³⁷ Bu nadir baharatlar, özellikle tüccarların onları zamanla batıya, Akdeniz'e kadar taşımasıyla yüksek fiyatlara ulaştı: Bu minik benekler şeklindeki volkanik adaların ticari değeri büyüklükleriyle orantılı değildi.**

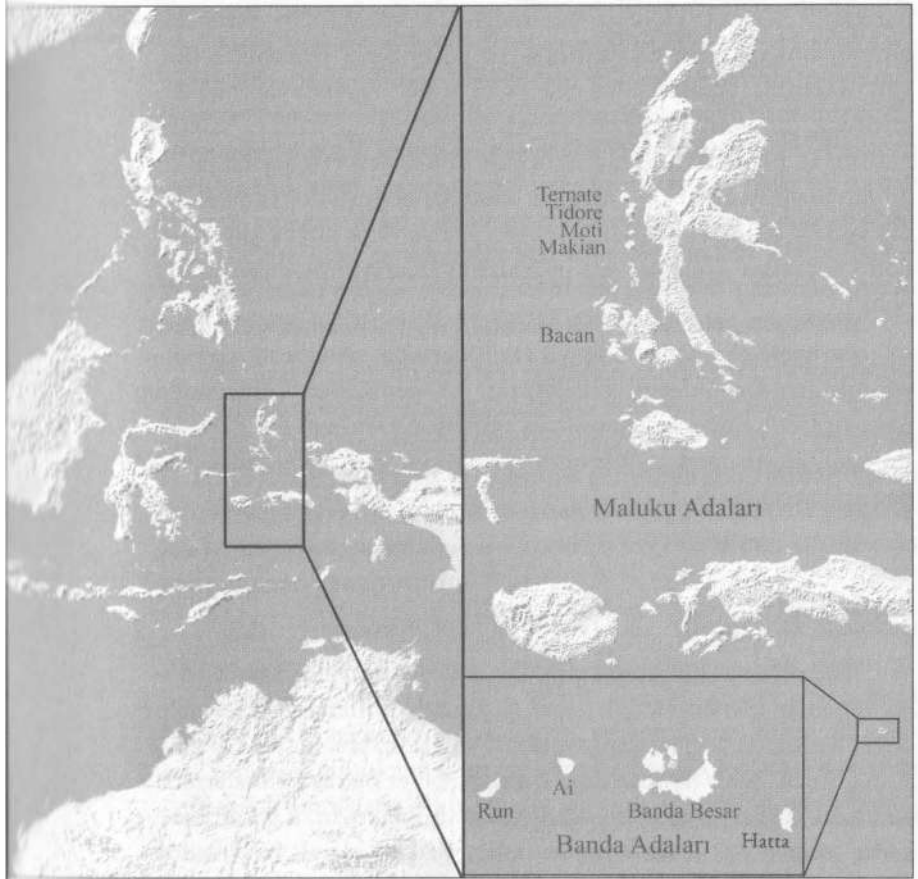
* Hindistan'ın karabiberleri botanik olarak her ikisi de Orta ve Güney Amerika'da yetişen yerli *Capsicum* bitkisinin yerli meyveleri olan *jalapeño* biberi ve tatlı biberden çok farklıdır. Bu Yeni Dünya türleri, Kolomb Takası olarak bilinen, Avrupalıların Amerika'yı keşfetmesinden sonra meydana gelen, büyük miktarda evcilleştirilmiş bitki ve hayvanın nakledildiği 15. yüzyıla kadar dünyanın geri kalanı tarafından bilinmiyordu.

** O kadar ki, 17. yüzyılın sonlarında, İkinci İngiltere-Hollanda Savaşı'ndan sonra, Hollanda'nın Manhattan üzerindeki talebinden, en küçük Banda Adaları'ndan biri olan Run baharat adası karşılığında vazgeçilmesine karar verildi. Run sadece 3,5 kilometre uzunluğundadır ama onun alınması Hollanda'ya, Doğu Hint Adaları'ndaki küçük hindistancevizi ticareti tekeli güvence altına alma imkânını sağladı. Manhattan hindistancevizi için el değiştirdi ve New Amsterdam'ın ismi New York olarak değiştirildi.



Resim 14 Güneydoğu Asya Takımadaları ile Maluku ve Banda Baharat Adaları'nın küçük boyutu.

Güneydoğu Asya'nın deniz ticareti ağı Akdeniz'in su birikintisiyle karşılaştırıldığında çok daha büyüktü. Hint Okyanusu'ndan gelen yollar dar Malakka Boğazı'ndan geçiyor, diğerleri Doğu Çin Denizi'nden ve ayrıca doğudaki Maluku Adaları'ndan aşağıya uzanıyor, bütün yollar Malay Yarımadası veya Java ve Sumatra adalarındaki ticaret limanlarında birleşiyordu.³⁸ Malakka Limanı MS 1400'den itibaren, Malezya Yarımadası'nın güneydoğusunda yer alan bir balıkçı köyünden dünyanın en büyük ticaret merkezlerinden biri haline geldi.³⁹ Liman, Malay Yarımadası ile uzun Su-



matra Adası arasındaki 800 kilometre uzunluğundaki Malakka Boğazı'nın kabaca yarısında, huni şeklindeki boğazın sadece 60 kilometre genişliğe kadar daraldığı bir noktada, stratejik bir mevkide yer alıyordu. Hint Okyanusu ve Güney Çin Denizi arasında çok önemli işlek bir deniz yolu olarak hizmet veren Malakka Boğazı, Doğu Yarımküre'nin en önemli su yollarından biriydi.⁴⁰ Limanın inişli çıkışlı piyasaları çok çeşitli ticari mallarla dolup taşı: Venedik'ten yünle cam, Arabistan'dan afyonla tütsü, Çin'den gelen porselenlerle ipekler ve elbette Banda ve Maluku'dan gelen ba-

haratlar.⁴¹ Malakka Dünya üzerindeki en kozmopolit yerlerden biriydi; limanı Hint Okyanusu'ndan gelen Arap yelkenlilerinin, Çin ve Baharat Adaları'ndan gelen Çin yelkenlilerinin yanında demirlediği bir gemi direği ormanıydı ve Lizbon'dan daha fazla olan nüfusuyla, piyasaların şamatası içinde konuşulan çok sayıda farklı dil duyulabiliyordu.⁴² 15. yüzyılın sonunda doğuya doğru yeni deniz yolları bulmaya çalışan Avrupalı denizcilere büyük piyangonun vurmasını sağlayan şey bu baharat ticaretinin zenginlikleri oldu.*

Avrupalı denizciler doğuya vardıklarında, denizlerin coğrafyasının ana özelliklerini yakalayarak, bu genişleyen Güneydoğu Asya ticaret ağına egemen olmaya çalıştılar: Denizsel dar geçitler. Bu özelliklerin tarihsel önemini göstermek için önce Antik Yunan'a döneceğiz.

Dar Geçitler

Daha önce gördüğümüz gibi, Yunanistan'ın engebeli arazisi doğal limanlar için birçok giriş, koy ve kanalla birlikte sahil şeridine doğru uzanır ve böylece deniz yoluyla canlı ticaretini besler. Öyle ki, Antik Yunan şehir devletlerinin özerk birimler olarak kalmalarında bu dağlık coğrafyanın etkili olduğuna inanılmaktadır. Kıyı şeridine kadar uzanan dik kenarlı sırtlar onları fiziksel olarak birbirinden ayırdı ve herhangi bir devletin bir imparatorluk kurmak için tam bir üstünlük kazanmasını engelledi. Sonuç, hem ortak bir kültürü ve dili paylaşan hem de sürekli değişen sadakat ve çatışmalar içinde birbirleriyle rekabet eden birçok bağımsız şehir devletinden oluşan bir

* O zamanlar Avrupa'nın zaten pek çok şifalı bitki ve baharata erişimi vardı – Arap tüccarlar tarafından tanıtılmasından sonra İspanya'da yetiştirilen safran, Doğu Akdeniz'e özgü kişniş ve kimyon, bunların yanı sıra Avrupa'da doğal olarak yetişen aromatik türler: biberiye, kekik, keklik otu, mercanköşk ve defne. Ancak Doğu'dan gelen biber, muskat, küçük hindistancevizi ve karanfil çok nadir bulunuyordu ve bu yüzden Batı pazarlarında değerliydi.⁴³

dünyaydı.^{44*} Ancak aynı zamanda kıyı ovalarının azlığı verimli tarım için elverişli alanı kısıtladı. Mezopotamya ve Mısır'ın aksine, Yunanistan derin, zengin topraktan oluşan alüvyon ovalarıyla kutsanmamıştı ve iç kesimlerde verimli vadiler olsa da bunların çoğu büyük bir alana sahip değildi. Yunanistan'ın dağlık arazisi yetersiz ve istikrarsız yağışlar nedeniyle, genellikle yalnızca kuru, ince ve hafif bir toprak katmanı sunar ve yaygın sulamayı mümkün kılan çok az büyük nehir vardır. Gerçekten de Alpler'in batı sınırı üzerindeki Rhône Nehri dışında, kıtasal çarpışmayla yükselen dağ zincirleri yüzünden Avrupa'nın büyük nehirlerinin Akdeniz'e doğru akmaları engellenir.

Bir araya gelen bu çevresel faktörler, tarihsel olarak yarımada-nın nüfusunu beslemeye yetecek kadar tahıl yetiştirmek için mücadele ettiği ve Yunan şehir devletlerinin çoğunun sürekli gıda kıtlığı ve kıtlık tehdidiyle yaşadığı anlamına gelir. Bununla birlikte Yunan iklimi, zeytinyağı ve şarabın yanı sıra denizaşırı ülkelerde yetiştirilen buğday ve arpa ile takas edilebilen keçi ve koyun sürülerinin yetiştirilmesi için uygundur.⁴⁶

Milattan önceki ilk bin yılın başlarında, dünyanın ilk demokrasilerini geliştirmesiyle hemen hemen aynı zamanda, bazı Yunan şehir devletlerinin nüfusları ülke içinde üretilen gıda arzını aşmaya başladı. Böylece Yunanlar, kendilerini beslemek için ihtiyaç duydukları yaşamsal tahıl kaynağını yaratmak amacıyla Akdeniz çevresindeki diğer topraklara baktı. Sparta, Korint, Megara ve müttefikleri,

* Arazi aynı zamanda Yunan savaşının doğasını da belirledi. Dar geçitler, dik dağlar ve tepelerden oluşan engebeli arazi ne Asya ovalarında yaygın olarak kullanılan atlı savaş arabaları için ne de iyi donanımlı süvari düzeni için elverişlidir. Yunan devletleri bunun yerine MÖ 7. yüzyıldan itibaren sıkı falanj düzeninde savaşmak üzere eğitilmiş, mızrak ve kalkanla donanmış piyade orduları kurdu. Bu piyade orduları profesyonel askerlerden değil, kendi bronz zırhlarını ve silahlarını getiren –çiftçi, zanaatkâr ve tüccarlar gibi– yurttaşlardan oluşuyordu. Böylece Yunan savaşları; savaş arabaları ya da at üzerindeki seçkin bir sınıf tarafından değil, her biri birlikte çalışan ve falanjın içinde onu kalkarıyla koruması için sağındaki adama güvenen, sıradan yurttaşlar tarafından karar veriliyordu. Yunan kültüründeki özgür insanlar arasındaki bu dayanışma, başta Atina olmak üzere bazı şehir devletlerinde demokrasinin erken gelişmesine katkıda bulunmuştur (her ne kadar kadınlar, köleler ve toprak sahibi olmayanlar siyasi sürecin hâlâ dışında tutulmuş olsalar da).⁴⁵

gemilerini geriye tahıl getirmeleri için batıya gönderdi. Sicilya, Etna Yanardağı'nın etrafındaki zengin volkanik toprakların faydalarından nasiplenmek için sömürgeleştirildi.* Ege Denizi'nin etrafında, gelişmekte olan Atina şehri de dahil olmak üzere, müttefik Yunan şehir devletlerinin ikinci bir grubu, Karadeniz'in kuzey kıyıları boyunca Avrasya bozkır otlaklarının en batıdaki uzantısı olan, Dinyeper ve Bug nehirlerinin muhteşem verimli vadilerinde sömürgeleşti (bu bölgeye 7. bölümde döneceğiz).⁴⁷ Yunan gemileri, oraya ulaşmak için Ege ve Karadeniz arasındaki son derece dar iki boğazdan geçmek zorunda kaldı. Önce, bugün Çanakkale Boğazı olarak adlandırılan Hellespont ya da "Yunan Köprüsü" (Dardanelles) üzerinden küçük Marmara Denizi'ni ve sonra Karadeniz'e doğru, daha da dar olan İstanbul Boğazı'nı (Bosphorus) aşmak zorunda kaldılar.**

Yunanistan denizaşırı tahıl ambarlarından ithal edilen tahılla beslenip nüfusu giderek daha da arttıkça, bir tarafta Atina, diğer tarafta Sparta liderliğindeki ittifaklar arasındaki rekabet iyice kızıştı. Sonunda, MÖ 431 yılında yıkıcı Peloponez Savaşı patlak verdi. Savaş iki tarafın da denizlerin kontrolünü ele geçirmeye çalışmasıyla birlikte neredeyse 30 yıl boyunca devam etti ama sonunda deniz yoluyla Karadeniz'den ithal edilen tahıla olan bağımlılığı Atina'nın ölümcül zayıflığını ortaya koydu. Spartalılar, Atina'ya doğrudan saldırarak yerine sadece onun hayata tutunduğu dalı kesmek gerektiğini fark ettiler. MÖ 405'te deniz kuvvetlerini topladılar ve çatışma için, sonbahar gelip de fırtınalı deniz ve bulutlu gökyüzüyle nakliye yolunu kapatmadan önce, en fazla sayıda Atinalı tahıl gemisi değerli yükleriyle Karadeniz'den açılmaya hazırlanırken yaz ortasına kadar beklediler.***

* Etna, Afrika Levhası Avrasya'nın altına dalarken ortaya çıkan magmayla beraber düzenli olarak patlayan, Avrupa'nın en yüksek, dünyanın en aktif volkanlarından biridir.

** Çanakkale Boğazı sadece Akdeniz ve Karadeniz arasındaki yaşamsal öneme sahip bir deniz geçidi değil, aynı zamanda Avrupa'dan Küçük Asya'ya stratejik bir geçiş noktasıdır. Büyük İskender MÖ 334 yılında İran'ı fethetmek için doğuya buradan geçti.⁴⁸

*** Yön bulmak için manyetik pusulanın icat edilmesinden önce gece yıldızları gözden kaybolduğunda açık denizde yelken açmak çok tehlikeliydi.

Aegospotami Savaşı'nda tam olarak Hellespont'un dar boğazında saldırıya geçen Spartalılar, Atina donanmasını tamamen yok etti: 150'den fazla gemi battı ya da ele geçirildi. Karadeniz'den deniz yolu üzerindeki bu yaşamsal dar geçidin kontrolünü ele geçiren Spartalılar, Atina'ya son bir saldırı girişiminde bile bulunmadılar: Onlar açlığın soğuk mızrağının, piyade ordusunun kullandıklarından çok daha etkili olacağını biliyorlardı. Atina'nın, filosunun geri kalanını ve denizaşırı topraklarını kaybederek mütevazı şartlar altında barış için yalvarmaktan başka seçeneği yoktu.

Peloponez Savaşı, denizlerin coğrafyasının merkezî öneminin ve dar boğazlardaki yaşamsal öneme sahip deniz yollarının savunmasızlığının iyi bir örneğidir. En az ülke topraklarına hâkim olmak kadar önemli olan bu tür dar geçitlere ve dolayısıyla rakibin denizaşırı kaynaklara erişimine hükmetmek; savaşların sonucunu ve uygarlıkların kaderini belirleyebilir. Çanakkale Boğazı ve İstanbul Boğazı'ndaki dar boğazların yanı sıra Akdeniz ve Atlantik arasındaki deniz trafiğinin kontrol altında olmasında önemli bir rol oynamış olan Cebelitarık Boğazı –İber Yarımadası ile Tanca kıyıları arasındaki denizin ince dili– 1805 yılında Royal Navy İngiliz Kraliyet Donanması ile Fransız ve İspanyolların birleşik filoları arasındaki Trafalgar Savaşı'na zemin hazırlamıştır.

Küresel çapta diğer boğazlar da dünya tarihi için çok önemli olduklarını kanıtlamıştır. Avrupalı denizciler 15. yüzyılın başlarından itibaren Hint Okyanusu'na ulaştıklarında –önce Portekizliler, sonra İspanyollar, Hollandalılar ve İngilizler– Dünya okyanus yüzeyinin tüm bölgesinde hâkimiyet kurmak için güç kullanarak, bir dizi dar geçidin tümünün denetimini ele geçirmeye çalıştılar.

Daha önce gördüğümüz gibi bin yıldır Mısır, Ortadoğu ve Hindistan arasındaki ticareti iki ana deniz yolu üstlendi: Kızıldeniz boyunca yer alan ve Basra Körfezi'nden aşağı doğru giden geçitler. Her ikisi de Babülmendep ve Hürmüz dar boğazları üzerinden açık Hint Okyanusu'yla bağlantılıdır. Ayrıca Hindistan'dan, Doğu Hint Adaları'ndaki büyük ticaret merkezleri haline gelmiş limanlara giden ticaret yolu Malakka Boğazı'ndan geçiyordu. Yüzyıllar boyunca Güneydoğu Asya'yı dolaşan tüccarlar için denizler açık bir ortak alan, herkes için uçsuz bucaksız bir serbest ticaret bölgesiydi. Limanlarda-

ki hizmetler vergilendirildi, korsanlar büyüyen bir endişeydi ama hiçbir donanma açık denizlerde yabancı gemileri taciz etmedi. Ancak Avrupalılar, Akdeniz ve Kuzey Atlantik'teki deniz savaşı miraslarından doğan çok farklı bir zihniyete sahipti. Bu sömürge güçleri, kendileri için bir tekel kurmak adına ticaret ağlarını egemenlikleri altına almaya kararlıydılar. Bunu başarmak için önemli limanları koruyacak kaleler inşa ettiler ve rakiplerini saldırgan bir tutumla sindirmek amacıyla, sularda savaş gemileriyle devriye gezdiler. En önemlisi, Babülmendep, Hürmüz ve Malakka'nın deniz yollarını kendi gemileri hariç herkese kapatmak için denizlerdeki dar geçitleri ele geçirmeye çalıştılar. Sadece denizlerin coğrafyasında büyük öneme sahip birkaç noktaya hükmederek, Hint Okyanusu'ndan ulaşabilecek bütün ticareti hâkimiyet altına alıyorlardı.*

Deniz dar geçitleri bugün de stratejik olarak büyük öneme sahiptir. Onlara güçlü jeopolitik önemlerini veren şey artık baharat ticareti değil küresel öneme sahip başka bir kaynağın taşınmasıdır. Bugün petrol, dünya çapında toplam nakliye tonajının neredeyse yarısını işgal eder⁴⁹ ve sürekli olarak kesintisiz biçimde akması mevcut küresel ekonomi için çok büyük önem taşır.

Kara Damarlar

Petrol sadece modern dünyamıza yakıt sağlamaz; aynı zamanda makineleri yağlar, yollarımızı kaplar, plastik ve ilaç sağlar, ihtiyacımız olan gıdaların üretimine yardımcı olan yapay gübre, pestisit ve herbisit üretiminde kullanılır. Küresel petrol arzının yarısından fazlası, dünya çapındaki deniz yolları ağı boyunca hareket eden ve bu yüzden doğal boğazlardan geçen tankerler tarafından yerine ulaştırılır.⁵⁰ Gördüğümüz gibi, Çanakkale (veya Hellespont) ve İstanbul boğazları Peloponez Savaşı zamanından beri stratejik açıdan büyük

* 1611'de Hollandalılar Güney Afrika'dan Doğu Hint Adaları'na yeni ve daha hızlı bir geçiş yolu oluşturduğunda –8.bölümde tartışacağımız Brouwer Rotası– ana geçit, ve böylece stratejik odakları da, Malakka Boğazı'ndan Java ve Sumatra arasındaki Sunda Boğazı'na kaymıştır.

öneme sahip olmuştur. Ukrayna tahılı hâlâ Karadeniz üzerinden ihraç edilmektedir; ama şimdi, bu çifte Türk boğazı üzerinden her gün tankerlerle yaklaşık 2,5 milyon varil petrol de Rusya ve Hazar Denizi bölgesinden gelen fosil yakıt tedarik etmek için, Güney ve Batı Avrupa'ya taşınır. Genişliği bir kilometreden daha az olan Boğaziçi, dünyada büyük gemilerin geçtiği en dar boğazdır.⁵¹

Ayrıca, Panama Kanalı ve Süveyş Kanalı gibi daha doğrudan nakliye yolları oluşturmak için denizleri birbirine bağlayan kanallarımızla yapay dar geçitler inşa ettik. 1956'daki Süveyş Krizi; kanalı altı aylığına kapatıp da gemiler yeni rota belirleyip Güney Afrika etrafından dolaşarak sevkiyat yapmaya zorlandığında, sonuç Avrupa genelinde yakıt kıtlığıydı.⁵² Yine de bugünkü petrol çağında stratejik açıdan en kritik boğaz Hürmüz'dür.⁵³

9. bölümde petrolün gezegenimiz tarafından oluşturulduğunu ve neden bu kadar çok petrolün Ortadoğu'da bulunabildiğini göreceğiz. Basra Körfezi küresel petrol arzının yaklaşık üçte birini üretir.⁵⁴ Irak, Kuveyt, Bahreyn, Katar ve Birleşik Arap Emirlikleri petrollerini Hürmüz Boğazı üzerinden ihraç etmek zorundadır; sadece Suudi Arabistan ve İran okyanus nakliye yollarına seçenek oluşturan deniz bağlantılarını kullanabilir. Sonuç olarak boğaz, her gün 19 milyon varillik tanker trafiğiyle –dünya arzının beşte biri– yoğun bir şekilde meşguldür.⁵⁵ Bu da kara kan taşıyan bu damarın dünyaya yakıt sağlamak için boğazlardan geçerken son derece savunmasız olduğu anlamına gelir. 1973'teki Arap petrol ambargosundan bu yana geçen 40 yıldan fazla süre içinde, küresel piyasalara istikrarlı petrol akışını sağlamak için, ABD'nin körfezdeki askerî varlığına yedi trilyon dolardan fazla para harcadığı hesaplandı.⁵⁶ Korsanlık ve terörist saldırılar endişe verici olsa da en büyük korku, İran gibi bir devletle olan uluslararası ilişkilerin bu yaşamsal dar geçidi kapatıp dünya petrol arzına baskı yapabileceği kadar kötü bir noktaya gelmesidir.⁵⁷

Basra Körfezi çevresinde üretilen petrolün yaklaşık yüzde 10'u Ümit Burnu'nu dolaşarak ABD'ye nakledilirken, daha küçük bir kısmı Babülmendep üzerinden Kızıldeniz'in yukarısına ve Süveyş Kanalı üzerinden Akdeniz'e gönderilmektedir. Ancak bin yaşındaki gemicilik rotasında seyahat eden aslan payı, Hindistan üzerinden

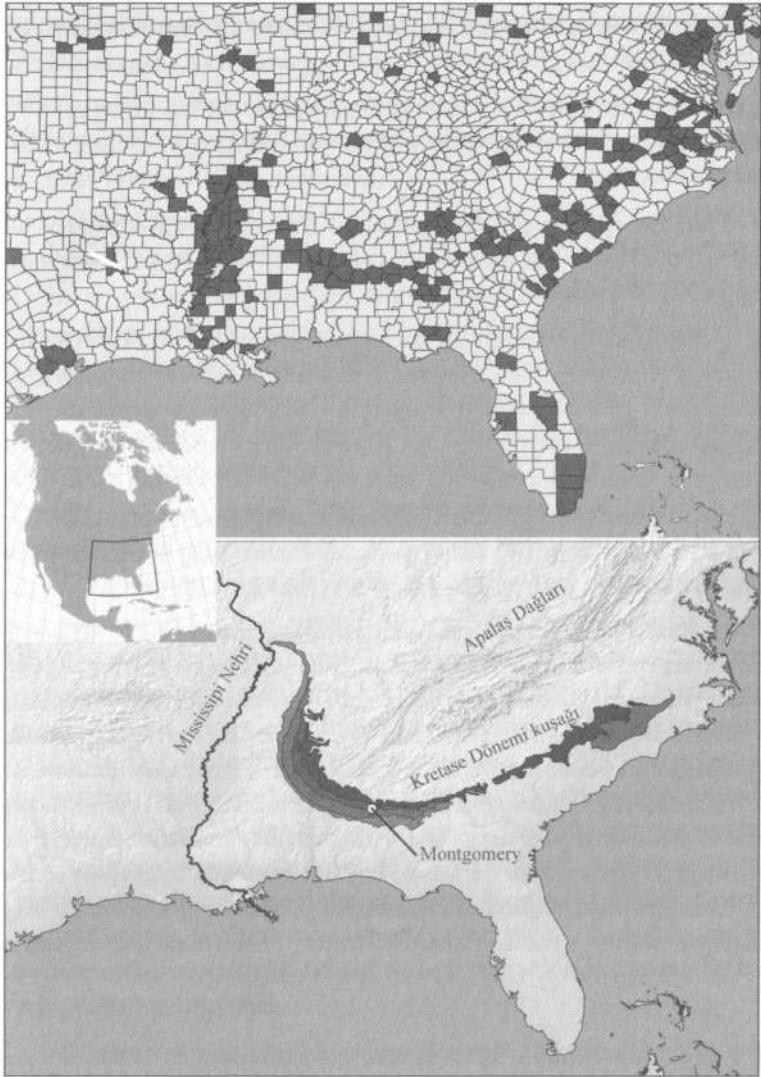
Malakka Boğazı'nın dar geçidinden geçip Doğu Asya'ya ulaşır. Deniz yoluyla taşınan petrolün yaklaşık dörtte biri –kabaca günde 16 milyon varil– Çin ve Japonya'nın yanı sıra Güney Kore, Endonezya ve Avustralya ekonomilerini beslemek için bu boğazdan geçer.⁵⁸

Tarih boyunca önemli malların doğası –tahıldan baharatlara ve petrole– değişmiş olabilir ancak denizlerin coğrafyasının oynadığı rol ve deniz dar geçitlerinin stratejik önemi her zaman kritik olmuştur. Demiryolları, otomobiller ve hava yolculuğunun gelişinden önce uzun mesafe ticaretini kolaylaştıran; denizlerdi. Bugün bile dünya ticaretinin yüzde 90'ı hâlâ deniz taşımacılığı aracılığıyla yürütülmektedir.

Ancak okyanusların rolü, uzun mesafeli ticaret için deniz ana-yolları sağlamaktan ve mevcut jeopolitik manzaranın çoğunu tanımlayan dar geçitlerden daha fazlasını içerir. Şimdi denizlerin coğrafyasının bir ulusun ekonomisini ve siyasetini nasıl şekillendirebileceğini inceleyelim.

Siyah Kuşak

Amerikan kolonileri 1776'da İngiliz yönetiminden bağımsızlığını ilan edip Bağımsızlık Savaşı'nı kazandığında, nüfusları neredeyse tamamen doğu kıyısı boyunca toplanmıştı. Takip eden on yıllar boyunca Amerika Birleşik Devletleri, yerleşimcileri batıya yönelmeye teşvik ederek bir dizi satın alım ve müsadereyle büyük toprak alanları elde ederek olağanüstü bir genişleme yaşadı. Bir ulus olarak doğumundan sonraki bir yüzyıl içinde, ABD dört kat genişledi ve Atlantik Okyanusu'ndan Pasifik Okyanusu'na kadar kıtasal kara kütesinin tüm genişliği boyunca uzanmıştı. ABD fiilî olarak, doğu ve batıda Atlantik ve Pasifik okyanusları tarafından korunan bir ada ülkesi haline gelirken, bir tarafta Avrupa ve diğer tarafta Asya ile deniz ticaretine erişmenin de keyfini sürüyor. Amerika ekonomik başarı elde etmeyi başardı ve tam olarak coğrafi koşullarından doğan dış tehditlere karşı korunaklı olması sayesinde özgürlük ideallerini savunabildi. Avrupa ülkeleri kalabalık kıtalarında birbirleriyle itişmeye devam ederken, Amerika'nın ülke güvenliği,



Resim 15 ABD'nin güneydoğusundaki Cumhuriyetçi denizi (üst) içinde Demokratlara oy veren eyaletler (koyu), Mississippi Nehri'ni ve 75 milyon yıllık Kretase Dönemi kayalarının çizdiği yayı izliyor (alt).

dış politikasında neredeyse iki yüzyıl boyunca izolasyonist bir bakış açısı doğurdu.*

Ancak gezegenimizin tarihinde çok daha geriye ulaşan kökle-riyle birlikte, denizin Amerikan siyasetine damgasını vurduğu başka bir yol daha var.

Kasım 2016'da yapılan başkanlık seçimlerinde Cumhuriyetçi aday Donald Trump, Demokrat rakibi Hillary Clinton'ı yendi ve ABD'nin 45. başkanı oldu.

Sonuçların yer aldığı bir harita kuzeydoğu ve Batı Seaboard'un yukarısı, Colorado, New Mexico, Minnesota ve Illinois boyunca Demokratlara oy veren eyaletleri mavi renkte gösterir, ülkenin merkezindeki devasa alanlarda ise Cumhuriyetçi kırmızısı bulunur. Bu seçimlerde Cumhuriyetçilerden yana oy kullanan Florida dahil Güneydoğu'daki eyaletler de bütünüyle Cumhuriyetçilere oy verdi. Ancak tek tek vilayetleri gösteren oy verme davranışı haritasına daha net biçimde göz attığımızda, ortaya çok ilginç bir şey çıkıyor.

Güneydoğudaki geniş kırmızı alandan geçerek, güçlü bir şekilde Demokratlara oy veren Kuzey ve Güney Carolina, Georgia, Alabama ve sonra Mississippi Nehri setlerinden aşağı doğru kıvrılan vilayetlerin çok belirli mavi bir çizgisi vardır. Bu mavi çizgi sadece son başkanlık seçimlerinin bir cilvesi değildir. Aynı zamanda 2008 ve 2012'de Barack Obama yönetimindeki Demokratlar tarafından kazanılan seçimlerin yanı sıra önceki George W. Bush döneminde de belirgindir. Aslında bu oy verme özelliği zamanda içsavaştan sonra ABD'nin yeniden yapılanma dönemine geri döndüğümüzde de tekrarlanır. Tarih boyunca başkanlık siyaseti ve seçimler gibi değişken

* Japonya'nın ada halkı da 1630'lardan itibaren 200 yıldan fazla tecrit politikasına maruz kaldı. Edo dönemi sırasında, *sakoku* (kapalı ülke) politikasıyla çoğu yabancının Japonya'ya girişi, Japonların denizaşırı seyahatleri ya da okyanusu aşan gemiler inşa etmeleri yasaklandı. Dış dünya ile tek bağlantı, Nagazaki Körfezi içinde küçük bir adada Hollandalıların çalıştırmasına izin verilen tek bir ticaret merkezi üzerinden sağlanıyordu. Diplomatik ve ticari temas 1853'ten sonra buhar gücüyle çalışan Amerikan savaş gemilerinin Japon başkentine varması ve hükümeti ülkelerini dünyaya açmaya zorlamasından sonra yeniden kuruldu.

ve akışkan bir olayda uzun süre değişmeden kalmış olan güneydoğu eyaletlerindeki bu istikrarın altında yatan neden ne olabilir?

Şaşırtıcı gerçek şu ki, Demokratlara oy veren, sınırları açıkça belli olan bu bölgelerin bulunduğu kuşak on milyonlarca yıl yaşında-ki antik bir okyanusun sonucudur.

Eğer ABD'nin jeolojik haritasına bakarsanız mavi vilayetlerin örüntüsünün 86 ila 66 milyon yıl önce dünya tarihinin Geç Kretase Dönemi sırasında boydan boya uzanan kavisli bir yüzey kaya kuşağını izlediğini fark edeceksiniz. Bu nispeten dar açık Kretase kayaları kuşağı, Apalaş Dağları'nın yüksek kısımları da dahil olmak üzere, kuzeyin daha iç kesimlerinde eski kayaların etrafında kıvrılır ve daha yakın dönemlere ait kaya katmanları tarafından örtülerek güneye doğru yer altında kaybolur.

Kretase Dönemi'nde, iklim sıcak ve deniz seviyeleri şu anda olduğundan çok daha yüksekken, bugünkü ABD'nin çoğu sular altındaydı. Deniz ABD'nin tam ortasından yukarı doğru fışkırdı ve kıtanın doğu tarafı boyunca uzanan Apalaş Dağları'nın eteklerini kapladı. Apalaş Dağları'ndan aşınarak nehirler tarafından bu denize taşınan malzeme deniz yatağında kil birikintisi oluşturdu. Deniz tabanındaki bu kil zamanla bir killi taş tabakasına dönüştü. Deniz seviyesi tekrar düşünce bugün tanıyabileceğimiz ABD'nin ana hatları ortaya çıktı ve aşınma kıyı ovası üzerindeki eski deniz tabanı çökeltilerinden oluşan bir kuşağı ortaya çıkardı. Bu killi kaya tabanından elde edilen topraklar siyah renktedir ve dağlardan aşınarak gelen besin değeri yüksek maddeler açısından zengindir. “Siyah Kuşak” terimi başlarda Alabama ve Mississippi'den geçen, gözle görülür bir şekilde renkli ve tarımsal açıdan verimli topraklardan oluşan bu kuşağa atıfta bulunuyordu.

Kretase Dönemi killi kayalarından elde edilen bu siyah ve zengin topraklar; ekinlerin büyümesi için, özellikle de pamuk ekimi için mükemmeldi. Sanayi Devrimi'nin hızının artması ve giyim sektöründe kullanılan –pamuğun giysiye dönüşmesinin hızlanması– pamuk liflerini tohumlardan hızla ayırıp iplik haline getiren makineleşmenin işleme sürecini hızlandırmasıyla birlikte – pamuğa olan

talep arttı ve onu bir endüstri bitkisi haline getirdi. Ancak pamuk ekimi fazlasıyla emek-yoğun bir işti. Bir sapdöver harman makinesi tarafından basitçe sallanarak istenen tanelerin bitki saplarından ayrıldığı tahıl ürünlerinin aksine, erken dönem pamuk yetiştiriciliği için yumuşak pamuk kozalarını gövdeden tek tek koparacak çevik insan parmakları gerekiyordu. Bu ihtiyaç güney eyaletlerinde 18. yüzyılın sonlarından itibaren köleler tarafından giderildi.

Kölelik düzeni 1830'da Güney Carolina ve Mississippi boyunca katı bir şekilde tesis edildi ve 1860'a kadar Alabama Körfezi kıyılarında Georgia'ya sıçradı. Bakımını kölelerin yaptığı pamuk tarlalarının zirveye ulaşmasıyla "Siyah Kuşak" terimi, Derin Güney'de* bulunan nüfusu –Mississippi'nin setleri boyunca ve toprağın altında uzanan Kretase Dönemi kaya kuşağı kavisli etrafında yer alan Afro-Amerikanlardan oluşan yoğun kalabalık– tanımlayarak farklı bir anlam ifade etmeye başlamıştı.⁹ Konfederasyon 1865'te Amerikan İçsavaşı'nı kaybettikten ve güney eyaletlerinde kölelik kaldırıldıktan sonra bile, bu bölgenin nüfus özelliklerinde ya da ekonomik odağında ani bir değişiklik olmadı. Eski köleler aynı pamuk tarlalarında çalışmaya devam ettiler ama şimdi azat edilmiş köleler olarak ortakçılık yapıyorlardı. Ancak 1920'lerde pamuk yetişen alanlarda yaşanan pamuk kurdu istilasının peşinden pamuk fiyatlarının düşmesiyle birlikte Derin Güney'in ekonomik serveti hızla azalmaya başladı. Birkaç milyon Afro-Amerikan, özellikle 1930'lardaki Büyük Buhran'dan sonra, güney eyaletlerindeki kırsal bölgelerden ABD'nin kuzeydoğu ve orta-batısındaki büyük sanayi şehirlerine göç etti. Yine de Afro-Amerikanların en büyük nüfusu, başlangıçta en yüksek yoğunluğa sahip oldukları bölgelerde, verimli toprakların tarihsel "Siyah Kuşak"ında kaldılar.

Bu nedenle "Siyah Kuşak" İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra insan hakları hareketinin kalbini oluşturdu. Rosa Parks, Aralık 1955'te Montgomery, Alabama şehrinde beyaz bir yolcuya otobüste yer vermeyi reddetti; 75 milyon yıllık Kretase kayalarından oluşan bu ka-

* ABD'nin güneydoğu eyaletleri. (Ç.N.)

visli şeridin ortasında atılmış bir tokattı bu... Bugün bile neredeyse ABD'deki tüm vilayetlerin içinde Afro-Amerikanların en yüksek oranı, güneydoğudaki bu aynı yay boyunca yaşamaktadır.⁶⁰ Ekonomik dalga milyonları başka yerlere süpürüp birçok Afro-Amerikan kuzey ve batıya göçtükten sonra, bu nüfus neredeyse yerinde kalan bir erozyon kalıntısı gibi.

Eskiden ekonomik açıdan üretken olan bu bölge, sanayi veya turizmde büyük bir gelişme olmadan, uzun zamandır yüksek işsizlik ve yoksulluk, düşük eğitim seviyeleri ve kötü sağlık hizmeti sorunları yaşıyor. Bu nedenle buradaki seçmenler geleneksel olarak Demokrat Parti'nin politikalarına ve vaatlerine oy verme eğilimindedir; başkanlık seçimi haritalarında belirgin kavisli mavi şeridi oluştururlar. Bizleri günümüz siyasetinden ve sosyoekonomik koşullarından alıp bu insanların tarihsel tarım sistemleri içindeki köklerine, oradan da ayaklarımızın altındaki toprağın jeolojik dokusuna götüren açık bir nedensel zincir vardır. Antik deniz tabanı çamurunun açıkta kalan şeridi hâlâ siyasi haritamıza kazınmış durumda.

NEYLE İNŞA EDİYORUZ?

Piramitleri kim inşa etti?

Hemen vereceğiniz cevap Antik Mısır'ın firavunları olabilirdi. Ve elbette haklı olabilirdiniz. 4.500 yıl önce Gize Platosu üzerinde yükselen devasa piramitlerin yapımında insanları bir araya toplayıp ocaklardan taş çıkarmak, taşımak ve birleştirmek için organize etmeye muktedir olan kişiler, verimli Nil Vadisi'nin mutlak güce bu sahip tanrı-krallarıydı. Bunların en büyüğü, Firavun Khufu'nun –Keops olarak da bilinir– saltanatı sırasında inşa edilen ve MÖ 2560 yılında tamamlanan Büyük Piramit'tir.* Bu piramit 1311'de Lincoln Katedrali'nin tamamlanmasına kadar dünyanın en yüksek insan yapımı yapısıydı.¹

Büyük Piramit'in ana kütlesi, her biri ortalama 2,5 ton ağırlığında, 210 kat halinde üst üste yerleştirilen, yaklaşık 2,5 milyon kireçtaşı bloktan oluşmaktadır. Bu taşlar yakındaki kireçtaşı yatağın-

* Keops Piramidi olarak da bilinir. (Y.N.)

dan çıkarıldı, kızaklarla şantiyeye sürüklendi ve topraktan yapılmış rampalarla büyüyen piramidin tepesine çekildi. Daha sonra bu sivri yapının dış yüzeyi Nil Nehri'nin diğer tarafında daha uzaktaki bir taşocağından çıkarılan, birbiri üzerine sıkıca oturan ve güzelce parlatılmış çok daha yüksek kaliteli kireçtaşıyla kaplandı. Aslında Büyük Piramit Güneş'te göz alıcı bir biçimde parlıyordu ama kaplama taşlarının çoğu daha sonraları ortadan kayboldu. İç odaların duvarlarını örmek için kullanılan, bazıları 80 ton ağırlığa sahip, büyük granit bloklar nehrin yaklaşık 650 kilometre yukarısında çok daha uzaktaki Asvan Taşocağı'ndan çıkarılmıştı.

Büyük Piramit'in inşasının birkaç on yıl sürdüğü, ekmek ve birayla ödeme karşılığında çalıştırılan on binlerce vasıflı işçiden oluşan bir işgücünün olduğu düşünülmektedir. Demir aletler, makaralar ve tekerlekler olmadan, onların yerine bakır keski, matkap ve testereler kullanarak çalıştılar. Büyük Piramit'in ölçeğinin kesinlikle şaşırtıcı ve yapımında yer alan insan emeğinin gerçekten muazzam olmasının yanı sıra, belki de eşit derecede şaşırtıcı olan şey yapı malzemelerinin doğasıdır. Görünüşe göre gezegendeki en basit bazı organizmalar tarafından yaratılmışlar.²

Biyolojik Kaya

Büyük Piramit'in iç kısmını oluşturan –bugün dış kaplama taşlarının yok olmasıyla ortaya çıkmış olan– devasa yapıtaşlarına yaklaşıp yüzeylerine dikkatle bakabilirseniz, çok ilginç bir doku fark edeceksiniz. Kireçtaşı bloklar çok sayıda sikk benzeri yuvarlak levhalarla oluşmaktadır. Çatlayıp açılanları biraz aradığınızda küçük odalara bölünmüş şaşırtıcı derecede karmaşık sarmallardan oluşan bu blokların içyapısını görme şansınız olabilir. Şu anda *foraminifera* ya da foramlar denilen deniz canlılarının fosillerine bakıyorsunuz. En etkileyici olanı ise, her bir kabuğun çevresinin birkaç santimetre genişliğinde olabileceği düşünülürse, onları yaratan organizmanın tek hücreli olmasıdır. En büyük insan hücresi olan bir kadının yumurta hücresi, milimetrenin onda biri kadardır ve sadece çıplak gözle zor görülebilir. Karşılaştırıldığında, piramitlerin kireçtaşını oluş-

turan deniz canlıları kesinlikle dev gibidirler. Onlar *Nummulites* (Latince “küçük sikke” anlamına gelir) denilen dev bir foram türüne aittir.

Nummulitik kireçtaşı yatakları, sadece piramitleri inşa edenlere yapı malzemeleri sağlayan Nil çevresinde değil; Kuzey Avrupa’dan Kuzey Afrika’ya, Ortadoğu’dan Güneydoğu Asya’ya kadar devasa bir alanda bulunurlar. Nummulitik kireçtaşının bu geniş bölgesi, 40-50 milyon yıl önce Tetis Okyanusu’nun sıcak ve sığ kenarlarında yer alıyordu. Bu erken Eosen Dönemi sırasında küresel sıcaklıklar o kadar yüksek olmasa da 3. bölümde keşfettiğimiz PETM aşırı sıcaklık artışından daha uzun süre yükselmişti. Yüksek deniz seviyeleri, Tetis Okyanusu’nun Kuzey Avrupa’dan Kuzey Afrika’ya kadar uzanan geniş kolların içine akmasına neden oldu. Ilık sularda çok büyük sayılarda foram yaşadı ve öldüklerinde kalsiyum karbonattan oluşan büyük kabuk yığınları deniz tabanını halı gibi kapladı. Zamanla nummulitik kireçtaşını oluşturmak için bir araya gelerek betonlaştı.

Bu özel kireçtaşı oluşumları birçok farklı yerde ortaya çıkmıştır. Kuzey Afrika’da sikke benzeri fosillerin çöl kumları arasına saçılmak üzere ana kayaktan aşındığı yerde Bedeviler tarafından “Çöl doları” olarak bilinirler.³ Ayrıca Kırım Yarımadası’nda, bu nummulitik kireçtaşının dik ve pütürlü çıkıntıları, Alfred olarak anılan Lord Tennyson’ın şiirinde, 1854’teki Balaklava Savaşı sırasında felaketle sonuçlanan Hafif Süvari Tugay’ının Hücumu’na tanık olan “Ölüm Vadisi”nin korkunç ağzını oluşturur.⁴

Dolayısıyla Giza’daki Büyük Piramit’in inşa edildiği devasa kaya blokları esasen Avrasya ve Afrika boyunca uzanan büyük bir kireçtaşı tabakasından çıkarıldı. Sayısız foram kabuğundan oluşan bu nummulitik kireçtaşı biyolojik bir kayadır. Mısır firavunları devasa kireçtaşı bloklarından inşa edilmelerini emretmiş olsalar da piramitleri inşa eden başka bir yaşam formuydu. Firavunların lahit-mezarları dev bir tek hücreli deniz yaratığının iskelet kalıntıları’nın haddi hesabı olmayan birikintilerinden yapılmıştı.⁵ Piramitler insan uygarlığının en kalıcı sembollerinden biridir, aklımızı koyduğumuzda neler inşa edebildiğimizi ve bunun için emeğimizi nasıl eşgüdümlü hale getirdiğimizi açığa çıkarır. Tarih boyunca, Mezoa-

merika'daki basamaklı piramitleri, Sanchi Stupa ve Angkor Wat'ın tapınak kompleksleri veya Avrupa'daki Ortaçağ katedralleri gibi, en muazzam ve görkemli yapılar kutsal olana bağlılıktan dolayı inşa edilmişlerdir. Ancak bu anıtların yapıldığı malzemeler; konutlar, sivil binalar, köprüler, limanlar, tahkimatlar gibi daha faydacı amaçlar için inşa edilen binalarinkiyle aynıdır. Tüm bu gayretli yapının kökünde temel bir insan gereksinimi vardır: Ortaya doğal malzemelerden bir barınak çıkarmak. Bu nedenle tarih boyunca etrafımızda bulduğumuz doğal malzemelere yöneldik.

Ahşap ve Kil

Dünyadaki pek çok kültür, özellikle de göçebe halklar, tek odalı, ağaç kabuğu, kamış veya hayvan postundan yapılmış Kızılderili çadırları, tipi ve yurtlar gibi geçici yapılar inşa etmiştir. Tabii ki kereste en eski inşaat malzemelerinden biridir. Farklı ağaç çeşitleri kirişler, direkler ve levhaların yanı sıra dış kaplama veya çatı kiremitlerini desteklemek için kullanılabilir. Metalin yaygın olarak kullanılmasından önce kereste mekanik bileşenler için de kullanılmıştır.* Karaağaç'ın çapraz taneli lifleri, onu yarıp ayırmaya karşı dayanıklı ve dolayısıyla at arabası tekerleklerinin göbekleri için mükemmel hale getirir. Ceviz özellikle serttir ve bu yüzden yel değirmenlerinin çekiş düzeneklerinde çark dişlisi olarak kullanılmıştır. Son derece uzun ve düzgün büyüyen çam ve köknar ise gemilerin direkleri için biçilmiş kaftandır.

Yekpare duvarlara şekil vermek için en basit ve uygun malzeme kildir. Mezopotamya'nın ilk şehir sakinleri bir çamur diyarında yaşadılar. Verimli tarım için mükemmel bir ortam olmasına rağmen,

* Tunç, demir ve çelik gibi metal kaynakları başlangıçta o kadar azdı ki, sadece kereste kirişlerini birleştiren çok sert çiviler gibi daha kolay kullanılabilir diğer yapısal malzemeleri birbirine bağlamak için kullanılıyordu. Metali tek başına önemli bir yapısal bileşen haline getiren şey; Sanayi Devrimi'nden beri demir ve çeliğin kolay ulaşılabilir olmasıyla birlikte, köprüleri ve yüksek katlı modern binaları destekleyen güçlendirilmiş betonun veya taşıyıcı kirişlerin içindeki inşaat demirleri gibi parçaların seri üretimi için kullanılan makineyle işleme teknikleriydi.

bölge ne yazık ki kereste, taş ve metaller gibi doğal kaynaklardan yoksundu ve bunların hepsi ithal edilmek zorundaydı. Sümerler, Akadlar, Asurlular ve Babilliler gibi birbirinin ardılı olan eski Mezopotamya uygarlıkları, yiyecek fazlalıklarını Lübnan'dan sedir ağacı, İran ve Anadolu'dan gelen mermer ve granit, Sina ve Umman'dan gelen metallerle takas ederek hayatta kalmıştır.⁶ Buna rağmen yapılarının çoğu yerel malzemelerle inşa edildi. Bütün evler, saraylar, surlar ve kaleler aynı şekilde güneşte kurutulmuş kerpiç tuğlalardan yapıldı. Ziguratların –tapınak görevi gören basamaklı, tepesi düz piramitler– iç kısımları bile güneşte kurutulmuş tuğlalarla örülmüştü. Daha dayanıklı olan fırınlanmış tuğlalar sadece sarayların ve ziguratların dış kaplamaları için kullanılmış ve renkli sırlarla bezenmişti. Sümerler yumuşak kil tabletler üzerine sivri uçlu bir kalem bastırarak yazmayı icat ettiklerinde çamur bir yazı malzemesi halini bile aldı.⁷

Aslında kil, Antik Mezopotamyalılara topraktan imal edilmiş tuğlalar ve yazının en eski biçimleri için yumuşak tabletler sağlama-
dan çok daha önce insan varlığı için dönüştürücü bir malzeme olduğunu kanıtlamıştır. Kili toprak kapların içinde pişirmeyi icat etmek bize yepyeni yetenekler kazandırdı. Çömlekçilik, yiyeceklerin kaynatılarak ve kızartılarak pişirilebileceği kapları sağladı. Pişirmek sadece, örneğin, patates ve manyok gibi bitkilerin içinde bulunan bazı zehirli maddeleri devre dışı bırakmaz dahası bizim için daha çok yiyecek maddesini kullanışlı hale getirir, ayrıca vücudumuzun emebileceği daha fazla besini serbest bırakmak için karmaşık molekülleri de yıkar. Kısacası toprak kaplar; daha sindirilebilir hale getirmemiz için daha çok yiyeceği işlemememizi olanaklı kıldı. Kilden yapılmış kapaklı kaplar, yiyecekleri böceklerden ve parazitlerden de koruyarak yolculuk ve ticaret amacıyla taşınabilir hale getirdi. Toprak kaplar, –fırınlamadan önce toz haline getirilmiş bazı mineraller yardımıyla– sırla kaplanarak daha su geçirmez ve daha göz alıcı hale getirilebilirler ve anlaşılan o ki, insanların tesadüfen kurşun ve bakır gibi metalleri eritme sürecini bulmalarını sağlayan şey budur. Renkleri sevdiğimiz için metalleri keşfettik.

Piştirilmiş kil sadece sert ve sugeçirmez olduğu için değil ısıya

aşırı derecede dayanıklı olduğu için de tarih boyunca gelişimimiz açısından can alıcı bir öneme sahip olduğunu kanıtladı. Kendileri etkilenmeden ısıyı içeride yalıtan ve çok yüksek sıcaklıkların elde edilmesini sağlayan ateş tuğlaları, fırın ve ocakları kaplamak için kususuz bir malzemedir. Dolayısıyla pişmiş topraktan yapılan gereçler insanlığı gerçek bir ateş uzmanı olmak üzere harekete geçirmiştir; sadece gece soğuklarını evin dışında tutmak ya da yemek pişirmek için değil, çevreden toplanan hammaddeleri alıp onları, cevherin içindeki madeni eriterek, harç yapmak için kireci fırınlayarak ya da cam üreterek, tarihin en yararlı maddelerinden bazılarını dönüştürmek için de.

Mezopotamyalılar, daha sert ve dayanıklı malzemeler istedikleri için binalarını kurutulmuş çamurla inşa ettiler ama dünyanın başka yerlerinde ayaklarımızın altındaki jeolojiiyi kullanmıştık. Şehirlerimizi sadece –sahil şeridi yakınında, verimli bir nehir vadisinde ya da mineral kaynaklara sahip tepelere yakın– bir *arazide* inşa etmekle kalmıyor, aynı zamanda onları arazinin *kendisinden* de yapıyoruz. Bu bölümde sadece Dünya’nın bizi nasıl oluşturduğunu değil; gezegenin inşaat için kullandığımız katı malzemeleri nasıl sağladığını da göreceğiz. Uygarlığın öyküsü, ayaklarımızın altındaki gezegeni kazarak yeryüzüne çıkarıp şehirleri inşa etmek için biriktiren insanlığın öyküsüdür.

Dünya’da üç temel kaya türü vardır ve tarih boyunca her üçünü de kullanarak inşaatlar yaptık. Tortul kayaçlar, eski kayalardan aşınmış ya da biyolojik olarak üretilmiş malzemenin tortu tabakası oluşturup betonlaşmasıyla oluşur –örneklerin tümü kumtaşı, kireçtaşı ve tebeşirdir–. Granit gibi volkanik kayalar ise yeraltının derinliklerindeki hareketsiz volkanik lav veya magmadan katılaşır. Yüksek ısı ve basınçla karşılaşan tortul ya da volkanik kayaçlar –kıtasal çarpışmaların sıkıştırmasına maruz kaldıklarında ya da içlerine magma sızdığına fiziksel ve kimyasal olarak dönüştürülerek mermer ya da kayrak gibi başkalaşmış kayalar haline gelirler.

Farklı kaya çeşitlerini ve doğal taşları kullanarak inşaatlar yapan Antik Mısırlılar, yaygın bir şekilde taşocakları açan ilk uygarlıktı. Yukarı Mısır’da yer alan, Nil’e komşu kayalıklardan gelen

Nübye kumtaşı kullanışlı bir malzemeydi. Örneğin, Ebu Simbel'deki Büyük Ramses Tapınağı ve Teb'deki Luksor Tapınağı bu sarı-kahverengi taştan oyulmuştur. Daha kuzeyde Nil Nehri, daha önce gördüğümüz gibi Gize'deki piramitleri inşa etmek için çıkarılmış olan daha eski Nübye kumtaşının üzerinde uzanan nummulitik kireçtaşını boylu boyunca keser. Doğu Çölü'nde Kızıldeniz'in yarı- lıp açılması Afrika'nın kıtasal kabuğunun tabanını oluşturan antik zemin kayalarını ortaya çıkardı. Buradaki granit ve gnaysın (granitin başkalaşımıyla ortaya çıkar) yaşı yarım milyar yılın üzerindedir. Sert ve dayanıklı olan bu taşlar Mısırlılar tarafından heykellerin kaplanması ve dikilitaşların yapımında değerlendirilmiştir ve Akdeniz dünyasına ihraç edilmek için Nil Nehri'nden aşağı mavnalarla taşınmıştır.⁸

Şimdi tarih boyunca kullandığımız en önemli kayalardan bazılarına ve gezegenimizin onları nasıl yarattığına bir göz atalım.

Kireçtaşı ve Mermer

Gördüğümüz gibi piramitlerin yapımında kullanılan nummulitik taşlar kireçtaşının bir biçimidir ama çok yaygın olan bu kaya tipinin sadece tek türü değildir. Kalsiyum karbonat, su soğudukça minerallerin çözelti dışına tortular bırakarak hızla zemindeki kireçtaşını oluşturduğu volkanik kaplıcaların ağzında da oluşur. Kireçtaşının bu biçimi traverten olarak bilinir. Örneğin Roma'daki Colosseum'un ana sütunları ve dış duvarları Tibur'dan (bugünkü Tivoli, Roma'nın yaklaşık 30 kilometre kuzeydoğusunda bir kasaba) traverten yapılmış ve aynı yerden gelen kaplıca kireçtaşı Los Angeles'taki Getty Center* için kullanılmıştır.⁹

Ancak çoğu kireçtaşı Tivoli Kaplıcaları gibi karadaki volkanik sıcak noktaların içinde değil, biyolojik kayalar olarak deniz tabanında oluşur. Avrupa çapında ve dünyanın geri kalanında bulunan ki-

* Los Angeles şehrinin Brentwood bölgesinde yer alan bir müze. J. Paul Getty Müzesi'nin iki mekânından birisine verilen isim. (Ç.N.)

reçtaşının büyük bir kısmı sıcak ve sığ denizlerin karayı sular altında bıraktığı Jura Dönemi sırasında oluşmuştur. Deniz canlılarının –foram gibi– kabuklarından oluşan kalsiyum karbonat, kireç çamuru olarak deniz tabanına çöktüğünde pliozor ve ihtiyozor gibi deniz sürüngenleri bu tropik denizde yüzüyorlardı.¹⁰ Kum veya kabuk parçalarının tanecikleri gelgit akıntılarıyla ileri geri yuvarlandıkça kalsit minerallerinin iç içe geçmiş tabakalarıyla kaplandı ve oolit (Yunanca “yumurta taşı”ndan gelir) adı verilen küçük topar oluşturdu. Bu küçük küreler daha çok kalsitle birlikte oolitle kireçtaşını oluşturmak üzere bir araya gelerek betonlaştı. Jura Dönemi sırasında oluşan oolitle kireçtaşı Britanya’da Doğu Yorkshire’dan Cotswolds’a ve Dorset kıyılarına kadar uzanan büyük bir kuşak halinde yeniden su yüzüne çıktı (bkz. s. 159.). Oxford bu kuşağın ortasında uzanır ve üniversite akademilerinin çoğu bu görkemli, altın taştan inşa edilmiştir.¹¹ Jura Dönemi kireçtaşından oluşan bu çapraz şeridin en güneybatı ucunda, Manş Denizi’ne doğru çıkıntı yapan bir burun olarak, sert kayalarını döven dalgalara direnen Portland Adası yer alır. Burada ortaya çıkan kireçtaşı Jura Dönemi’nin sonuna, 150 milyon yıl öncesine tarihlenir.

Portland taşı muhteşem bir yapı malzemesidir ama bu sadece onun hoş, kremsi tonundan kaynaklanmaz. Onu oluşturan oolitler en doğru miktarda bir araya gelerek betonlaşmıştır, hava koşullarına ve ufalanmaya karşı yeterince dayanıklıdır ama taş ustalarının kesip oyması için uygun bir sertliktedir. Portland taşı serbest taş olarak bilinir: İnce taneli dokusu her yönde düzgün bir şekilde kesilebilir ve Roma döneminden beri yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Britanya’nın anıtsal ya da şehre ait binalarının çoğu için tercih edilen kaya Portland taşı olmuştur. Kusursuz renk tonu Londra Kulesi’nde, Exeter Katedrali’nde, British Museum’da, İngiltere Merkez Bankası’nda ve Buckingham Sarayı’nın (ünlü balkonu dahil) doğu yakasının dış kaplamasında görünür. Sir Christopher Wren,* 1666’daki Büyük Londra Yangını’ndan sonra St. Paul Katedrali’nin yanı sıra diğer birçok Londra kilisesinin yeniden inşası için onu seçmiştir.

* (1632-1723): Gökbilimci, tasarımcı dönemin en büyük mimarı. (Y.N.)

Portland taşı, örneğin New York'taki Birleşmiş Milletler binasında olduğu gibi dünya çapında da kullanılmıştır.

ABD kendi kireçtaşı kaynaklarına sahiptir. En yüksek kaliteli taşların bir kısmı, Portland taşından çok daha erken, yaklaşık 340 milyon yıl önce Karbonifer Dönemi'nde oluştukları Güney Indiana'dan çıkarılmıştır. Indiana kireçtaşı Empire State Binası, New York Yankee Stadyumu, Washington Ulusal Katedrali ve Pentagon'un dış kaplamasında kullanılmıştır.

Önceki bölümde incelediğimiz Kuzey Akdeniz kıyı şeridinin büyük bir kısmı da Tetis Denizi'nin yatağına döşenmiş kireçtaşı kayalarından oluştu. O zamanlar dalgaların içinden yükselerek geniş bir mağara ağı yaratan süreç, yeraltına sızan yağmur suyuyla çözülmüş oldu. Belki de şaşırtıcı olmayan bir şekilde, bunların çoğu klasik mitolojinin Yeraltı Dünyası ile ilişkili hale gelmiştir. Örneğin, Yunanistan'ın en güney noktası Mani Yarımadası'nın ucunda, efsanevi Orpheus'un ölen eşi Eurydice'i bulmak için Ölümler Ülkesi'ne indiği söylenen bir mağaranın girişi bulunur. Orpheus'un lir çalmasının güzelliği, Eurydice'i yaşayanlar diyarına geri götürmesine tek bir şartla izin veren Tanrı Hades'i yenmişti: Arkasına bakmaması gerekiyordu. Ama Orpheus üst dünyaya ulaşır ulaşmaz endişeyle arkasını dönüp takip edilip edilmediğini kontrol etti ve Eurydice sonsuza dek ortadan kayboldu.¹²

Bu Tetis kireçtaşı, Akdeniz çevresindeki yakınsak levha sınırlarında –yeraltında piştiği yerde magmanın yükselip içine girmesi ya da Alpler gibi dağ sıralarını tırmanan tektonik kısıpaca yakalanmasıyla– başkalaşarak mermere dönüşür. Bu, Klasik Yunan ve Roma'da heykeller, anıtlar ve büyük kamu binalarına damgasını vuran bir taştır. Dünyanın en değerli mermerlerinden bazıları hâlâ Kuzey Toskana'daki Carrara şehrinin etrafından çıkarılmaktadır. Buradaki Apuan Alpler'i, örnek olarak, Pantheon ve Traianus sütunları için kullanıldığı Antik Roma zamanından beri yapı malzemesi olarak kullanılan saf beyaz taş dağlarını kapsar. Carrara mermeri Rönesans heykeltıraşlarının da gözdesiydi: Belki de dünyanın en ünlü heykeli olan Michelangelo'nun Davud'unun malzemesini sağladı. Ayrıca Londra'daki Mermer Kemer, Washington'daki Barış Anıtı, Manila Kated-

ralı, Abu Dabi'deki Şeyh Zayed Camiisi ve Delhi'deki Akshardham gibi en simgesel küresel sembollerden bazılarını inşa etmek için dünyanın dört bir yanına ihraç edildi.

Dünya ölçeğinde ihraç edilen şey sadece fiziki yapı malzemeleri değildi. Antikçağın karakteristik mimari bileşenleri –sütunlardan kadeniz karyatitlere*, alınlıklardan duvar ayaklarına kadar Rönesans'tan Barok döneme oradan 18. yüzyıl ortalarındaki Neoklasik dönem ve sonrasında Avrupa'da yüzyıllar boyunca taklit edildi. Bu mimari, yeni doğmuş ABD tarafından özel bir coşkuyla kabul edilmiştir. Bu yeni ulus, Britanya'dan bağımsızlığını kazandıktan sonra Batı tarihinin en güçlü cumhuriyeti olan Antik Roma tarafından geliştirilen bazı siyasi kuruluşlardan yararlanarak kendi yönetiminin düşünce sistemini ve federal bir cumhuriyet oluşturdu. Aynı zamanda Amerika'da birçok büyük kamu ve belediye binalarının mimarisi antik tarzları taklit etti. Antik Tetis Denizi'nden gelen kireçtaşı ve mermerden inşa edilmişlerdi ama genç Amerikan ülkesinden çıkarılmış kayalarla, aynı heybetli tarz ve renk kusursuzluğuyla kopyalandılar.**

Tebeşir ve Çakmaktaşı

İlk bakışta özellikleri daha farklı olamazmış gibi görünse de tebeşir; kireçtaşının başka bir biçimidir. Tebeşir yatakları hemen he-

* Sütun olarak kullanılan dökümlü kumaş giysili kadın figürü. (Ç.N.)

** Amerika Birleşik Devletleri'nin üçüncü başkanı Thomas Jefferson, Bağımsızlık Bildirgesi'nin taslağının hazırlanmasına yardım etti ama aynı zamanda yeni ulusun bazı binalarının mimari tasarımları üzerinde de çalıştı. Örneğin, MÖ 1. yüzyıl Roma tapınağı Nîmes'deki Maison Carrée'yi örnek alarak Virginia Eyaleti Kongre Binası'nı, (ki bu da ülke çapındaki diğer eyalet başkentlerinin tasarımını etkilemiştir) rotond ve kubbesiyle birlikte Roma'daki Pantheon'u örnek alarak kendi tasarımı olan Virginia Üniversitesi Kütüphanesi'ni taklit etti. Neoklasisizmin en çok öne çıktığı yer, belki de 1790'da Potomac Nehri kıyısında yeni ulusal başkent olarak kurulan şehirdir. Washington'daki Capitol Binası (Kongre Binası), Herbert C. Hoover Binası (ABD Ticaret Bakanlığı'nın merkezi), Hazine Binası ve Washington Belediye Binası bu neoklasik tarzın heybetli örnekleridir. Bununla beraber Beyaz Saray, kendisi de antik mimari özellikleri kopya eden –ve daha sonra İrlanda Parlamentosu'nun merkezi haline gelen– Dublin'deki Leinster House'u esas alan İrlandalı bir mimar tarafından tasarlanmıştır.

men her kıtada bulunabilir¹³ ve yeryüzünün jeolojik tarihinin Kretase Dönemi'nin kendine özgü imzasıdır. Aslında, bu bölüme verilen isim olan tebeşir* gezegenimizin öyküsünde Latince *creta* (Girit) kelimesinden gelmektedir.

İngiltere'nin büyük bir kısmının altında kalın bir tebeşir tabakası yatar (bkz. s. 159). Bu tabaka kendini Wight Adası'nın belkemiği boyunca yer alan çıkıntılar olarak gösterir, Kuzey ve Güney Downs'ın tepelik sırtları olarak doğuya doğru devam eder ve üzerini örten kil tabakalarını taşıyan bir kâse şeklindeki Londra'nın altında durur. Salisbury Ovası'nın düz tebeşir toprakları, MÖ 3000 civarında başlayan Kuzey Avrupa'nın erken insan yerleşiminin en etkileyici anıtlarından biri olan Stonehenge'e ev sahipliği yapmaktadır. Ana halkadaki devasa tek parça taş bloklar kumtaşından oluşsa da kurucuların bu alana ilgi duymalarının nedeni, bıçak ve ok başları gibi aletler yapmak için, tebeşir taşından meydana gelen araziye kazarak ortaya çıkarabildikleri çakmaktaşıymış gibi görünüyor. Daha az zahmetle inşa edilen ama aynı derecede göz alıcı olan diğer anıtlar bu jeolojik kuşak üzerinde yaratılmıştır. İnsanlık bin yıldır, altındaki parlak beyaz kayayı ortaya çıkarmak için geçirgen tebeşirin üzerini örten ince çim tabakasını kazıyarak veya yerde hendekler kazıp tebeşir molozlarıyla doldurarak, bu arazinin sanatsal gizemini araştırmaktadır. Yamaçlardaki kilometrelerce öteden görülebilen el yapımı tebeşir figürler arasında, Oxfordshire'da Tunç Çağı'nda yaratılan Uffington Beyaz Atı'nın stilize edilmiş çizgileri¹⁴ ve muhtemelen MS 1. yüzyıla tarihlenen Dorset'teki Cerne Abbas Devi'nin gururlu selamı yer alıyor.¹⁵

Tebeşir tabakası en açık şekilde Dover'ın göz alıcı Beyaz Kayalıkları'nı oluşturan güney sahilinde görülebilir. Birbirinin tıpatıp aynısı olan beyaz tepeleri meydana getiren ve Champagne'deki şarap bölgeleri Chablis ve Sancerre'nin şahane Fransız şaraplarına lezzet katan bu tabaka, Manş Denizi'nin altından Fransa'ya kadar devam eder. Folkestone ve Calais arasında yüksek hızlı trenler taşıyan Ka-

* İngilizce *chalk*. (Ç.N.)

nal Tüneli, 50 kilometre boyunca bir tebeşirli marn tabakasının (yumuşak ama geçirimsiz bir çamurlu tebeşir yatağının) içinden geçilerek kazılmıştır. 2. bölümde gördüğümüz gibi, Britanya'yı Avrupa'ya fiziksel olarak bağlayan tebeşir köprüsü, tufan benzeri sel olayında aşınarak yok oldu.

Bazı kayalar iyi korunmuş fosiller içerir. Örneğin, 190 milyon yıllık çamur taşlarının deniz tarafından hızla aşındırıldığı Güneybatı İngiltere'deki Jura Dönemi sahili boyunca, sarmal ammonitler,* mermi şeklindeki belemnitler** veya yılanıydı fosilleri avlayıp, aşınan kayalıklarda gezinerek keyifli bir gün geçirilebilir. Ancak büyük tebeşir katmanları çok fazla fosil içermez: Daha ziyade kendileri fosildir. Dover'ın Beyaz Kayalıklar'ı 100 metre yüksekliğinde bir biyolojik kaya levhasıdır. Mikroskop altında, yaklaşık bir milimetre genişliğindeki tebeşir yığınının baktığınızda, görülebilen daha büyük fosiller, Büyük Piramit'i inşa etmek için kullanılan kireçtaşındaki dev nummulitik fosilleri oluşturan tek hücreli deniz organizması foramların çok odalı kabuklarıdır. Fakat oluşan tebeşirin çoğunluğu çok ince beyaz bir toz olarak görünür. Güçlendirilmiş elektron mikroskobuyla bu toz parçacıklarına yaklaştığınızda, bunların bile aşikâr biçimde biyolojik kabukların karmaşık detaylarına sahip olduğunu göreceksiniz. Bu parçacıklar çeşitli şekillerde oluşur, ama belki de en ayırt edici olanı üst üste bindirilerek desteklenmiş yemek tabaklarına benzeyen küçük küre parçalarıdır. Bunlar, güneşli yüzey sularının yüzen planktonları arasında bulunan küçük tek hücreli algler olan kokolitoforların*** çok ince zırh kaplamalarıdır.

Bu büyük tebeşir yatakları, yaklaşık 100 ile 66 milyon yıl önce, Geç Kretase Dönemi'nde oluşmuştur. Bu, dünya ölçeğinde deniz seviyelerinin çok yükseldiği ve bugün bulundukları yerden 300 metre yukarıda olduğu bir dönemdi. O zamanlar bugün kuru olan kıtasal arazinin en az yarısı suya batmış olmalıydı. Tetis Denizi geniş kolla-

* Nesli tükenmiş deniz yumuşakçaları. (Y.N.)

** Geç Trias Dönemi'nden Geç Kretase Dönemi'ne kadar var olan, soyu tükenmiş, kalamar benzeri kafadanbacaklılar grubu. (Y.N.)

*** Tek hücreli, ökaryotik bir fitoplanktondur. (Y.N.)

rını Kuzey Amerika ve Kuzey Afrika'nın ortasına kadar genişleterek Avrupa ile Güneybatı Asya'nın büyük kısmını sular altında bıraktı.

Bu yüksek deniz seviyelerinin nedenleri, sadece kutuplarda buz örtüsünün oluşmasını engelleyen Geç Kretase'nin bunaltıcı koşulları değildi, dünya tarihinin büyük bölümü için geçerli olan bir durumdu. Bunlar o zamanki kıtasal parçalanmanın çılgınca faaliyetinin bir sonucuydu. 200 milyon yıl önce, Geç Permiyen Dönemi'nde, dünyanın büyük kara kütleleri devasa Pangea Süper Kıtası'nda birleştiğinde, küresel deniz seviyeleri son yarım milyar yılın en düşük noktalarından birindeydi. Kıtalar birbirine çarparak kaynaşırken dev sıradağların oluşması okyanuslardan yukarı daha fazla kıtasal kütlelerin yükselmiş olduğu anlamına geliyordu. Ancak Pangea'nın daha sonra dağılmasıyla, yarıklar süper kıtayı yerle bir etti. İlk olarak, Lavrasya kuzeye doğru Gondwana'dan uzaklaşırken Pangea kabaca ortasından ikiye bölündü. Daha sonra Güney ve sonra Kuzey Atlantik okyanusları yeni yayılan yarıklar olarak, sırasıyla Afrika ve Güney Amerika ile Kuzey Amerika ve Avrasya'nın birbirinden ayrılmasıyla oluştu. Bu uzun yarıklarda oluşan yeni sıcak okyanus kabuğu, tıpkı kendinizi bir küvetin içine kaydırduğınızda olduğu gibi, geniş denizaltı sıradağları etrafındaki deniz suyunun yerini değiştirerek canlı bir şekilde yükseldi. Geç Kretase sırasında okyanus seviyesinin zirveye ulaşmasına neden olan şey bu gezegensel süreçti.¹⁶ Sıcak denizler, kokolitoforların ve foramların büyümesi için yaşam patlaması koşullarını sağlayarak, kıtasal kara üzerindeki geniş alanları kapladı. Bu canlıların küçük kabukları deniz tabanında kalın kalıncı tortusu birikintileri oluşturdu ve bunlar tebeşir halini aldı.

Kireçtaşının aksine; yumuşak ve ufalanmış tebeşir genellikle tek başına iyi bir yapı malzemesi değildir. Ama toprağın asit derecesini düşürmek için ezilip tarım alanları üzerine serilmeye, çimento için sönmemiş kireç üretiminde ve bir dizi kimyasal süreçte kullanılmaya elverişlidir. Tuğlalar kalıp halindeki kil bloklarının dışında fırınlanabilir ama sağlam bir duvar inşa etmek için çok sıkı bir şekilde sıkıştırılmış olmalıdır. Bu yapı kimyasında kullanmayı öğrendiğimiz; kireçtaşı ve tebeşirdir. Kalsiyum karbonattan oluşan bu kayalar yumuşak bir macun elde etmek amacıyla suyla karıştırılmadan önce kimya-

sal bozunuma uğratmak için (işlem sırasında karbondioksiti serbest bırakılır) ezilmiş ve bir fırında kavrulmuştur. Bu yolla kireçtaşı bize sadece yapıtaşlarını değil; diğer malzemeleri yapıştırmak için gereken tutkalı da sağlar. Harç, çimento ve beton aslında istenilen şekle sürülüp dökülebilen yapay kayadır ve donduğu yerde taş gibi sertleşir.

Tebeşir aynı zamanda çakmaktaşı yumru yatakları da içerir. Kimyasal olarak neredeyse saf kalsiyum karbonattan oluşan yumuşak, parlak beyaz tebeşirin aksine, çakmaktaşıları sert ve koyu renkli silika topraklarından ibarettir. Foramlar ve kokolitoforlar dış gövdelerini kalsiyum karbonattan oluştururken, diatomlar ve radyolaryalar* gibi diğer tek hücreli planktonlar sert kısımlarını silikadan oluştururlar. Bu organizmalar öldüklerinde, silisli kabukları deniz tabanına doğru çöker ve çözülür. Bu, deniz yatağın üzerinde sonradan tebeşirli tortu içinde çakmaktaşı yumrularına dönüşen silisli bir balçık oluşturur.

Yumuşak tebeşir çözüldüğünde dayanıklı çakmaktaşı yumruları aşındı ve arazi boyunca dağılmış halde kaldı. Çakmaktaşı, Taş Devri'nde alet yapımı için çok önemli bir malzemeydi. 1. bölümde gördüğümüz gibi, volkanik obsidiyen gibi insanlığın beşiğinde bulunan en eski uygulamaların çoğu Rift Vadisi'nde kullanılmıştı. Çakmaktaşı; bir avı kesip parçalamak, giysi yapımına hazırlamak için derisini yüzüp kazımak, ahşaba şekil vermek veya bıçaklar, mızrak uçları ve ok başları için mükemmel biçimde çok keskin kenarlar ve uçlar yaratmak üzere yontulabilir. Çakmaktaşı o zamandan beri önemlidir. Cam yapımı yüksek saflıkta silika gerektirir ve çakmaktaşı böyle bir kaynak sunar. Örneğin, Güneydoğu İngiltere'den gelen çakmaktaşıları 1674 yılında George Ravenscroft** tarafından kurşunlu kristal cam eşyaların yapımında kullanılmıştır.*** Bu ışık saçan cam, ustaların İsviçre Alpler'inden aşağı akan Ticino Nehri'nin ya-

* Işınıllar. Kambriyen'den günümüze kadar gelen tek hücreli organizmalar. (Ç.N.)

** (1618-1681): Üfleme yöntemiyle yapılan ağır, saydam, parlak ve koyu gölgeli *flint* camını geliştiren İngiliz cam yapımcısı. (Y.N.)

*** "Kristal cam" terimi yanlış bir isimdir. Camın biçimsiz atomik yapısı birçok yönden bir kristalin kesinlikle düzenli tekrarlanan deseninin tam tersidir.

tağından topladığı beyaz kuvars çakıllarını fırınlıyarak kendi silika-larını elde ettikleri Venedik'e rakip olmak için üretilmiştir.¹⁷

Ateş ve Kireçtaşı

Şimdiye kadar kireçtaşı ve tebeşir gibi kayaların araziye nasıl tanımladığını ve taş blok formunda, çimento ve beton gibi inşaat için kullanılan malzemelerin hammaddelerini nasıl sağladığını araştırdık. Bizi doğa şartlarından ve doğal afetlerden koruması için bu malzemelerle inşaat yapıyoruz ama sırf bu biyolojik kayanın oluşumu, Dünya üzerindeki yaşamı yıkıcı kitlesel yok oluşlardan korumaya yardım etmiş de olabilir. Gezegenimiz üzerindeki yaşam tarihinin en büyük krizlerden biri 252 milyon yıl önce Permiyen ve Trias dönemleri arasındaki sınırda meydana geldi. Bu son Permiyen Dönemi küresel yok oluş olayı, dünyadaki tüm kara kütleleri tek bir süper kıta olan Pangea'da bir araya geldiği zaman ortaya çıktı ve yeryüzü üzerindeki yarım milyar yıllık karmaşık yaşam süresi içinde meydana gelenlerin en kötüsünden kat kat daha kötüydü. Fosil kayıtları, tüm karasal türlerinin yaklaşık yüzde 70'inin, deniz türlerinin yüzde 96'sı kadarının bu kıyamette yok olduğunu ve dünyanın biyolojik çeşitliliğinin yenilenmesinin neredeyse on milyon yıl sürdüğünü ortaya koyar.¹⁸ Bu şiddetli küresel temizlik sonucunda "eski yaşam" (Paleozoik) zamanı, dinozorlar ve açık tohumlu kozalaklı ağaçlar tarafından belirlenen "orta yaşam" (Mezozoik) zamanına yol vererek yeryüzündeki belirgin yaşam biçimlerinde temel bir değişimi ortaya çıkardı.*

Permiyen Dönemi'nde gerçekleşen "Büyük Ölüm"ün nedeninin büyük lav taşkınları olduğu düşünülmektedir. Geniş çaplı volkanizmanın birkaç büyük akıntısı, sonradan soğuyup geniş bazalt kayası bölgeleri halinde donan sıcak maddelerle birlikte, yüzlerce kilometre akarak arazinin devasa alanlarını kaplayan, toplam hac-

* Benzer şekilde, 65 milyon yıl önce Kretase Dönemi'nin bitiminde kitlesel yok oluş Mezozoik'i sona erdirmiş ve "yeni yaşam" Senozoik Zaman'ı başlatmıştı. Bu yok oluş, 3. bölümde karşılaştığımız memelilerin ve kapalı tohumlu çiçekli bitkilerin hâkim olduğu dünyamızı yarattı.

mi belki de beş milyon kilometreküpü bulan akışkan bir lav boşalttı.^{19*} Bu bölgeler tekrar tekrar lav altında kalırken, bazalt tabakası üzerine bazalt tabakası yığılmıştır. Bu katmanlar bugün birbirinin üzerine yığılmış yüzlerce katmanın bir merdiveni andırdığı ve bu yüzden adını Hollandaca merdiven anlamına gelen *trap* [tuzak] kelimesinden almış olan Sibiry Tuzakları'nın** büyük dağlık platolarını oluştururlar.^{***}

Bu kadar geniş ölçekteki volkanik patlamalar atmosfere büyük miktarlarda karbondioksit salmış olmalıydı. Dahası, jeologlar Sibiry Tuzakları'nı oluşturmak için fışkıran magmanın diğer iki faktör tarafından volkanik gazlarla aşırı güçlenmiş olabileceğini tahmin ediyor. Sibiry'nın altında yeryüzünün derinliklerinden yükselen manto bacasının, daha önce kıtasal levhaların birbirinin altına girmesi nedeniyle yutulmuş olan antik okyanus kabuğunun bir kısmını erittiği düşünülüyor. Yeniden işleme sokulan bu kabuk, uçucu bileşikler açısından zengindi ve ısıldığında büyük miktarda gaz salındı. Ayrıca, üstteki kabuğun içinden yüzeye çıkarken bu taşkın bazaltlarının magmanın daha fazla gaz salmak için yüksek sıcaklıklara kadar pişirdiği kömür damarları gibi katmanlarla da karşılaştıkları ortaya çıkmıştır.

Bu nedenle, Sibiry Tuzakları'nın dışarı taşmasının başlangıcı, bugün aşına olduğumuz herhangi bir volkanik patlamaya benzemiyordu, ama yeryüzünün karnından gelen devasa gaz püskürmeleriyle başladı. Bu patlamalarla serbest kalan büyük hacimlerdeki karbondioksit güçlü bir sera etkisi yarattı. Dünya'nın yüzey sıcaklığı hızla yükseldi ve daha derindeki okyanus suları deniz tabanındaki canlıla-

* Karşılaştırdığımızda, son bin yıl içindeki en büyük patlama olan 1815'teki Tambora Volkanı patlaması, sadece 30 kilometreküp malzemeyi serbest bıraktı (160 bin kat daha az).²⁰

** Sibiry'da bulunan çok geniş bir bazaltik kaya bölgesidir. "Tuzak" (*trap*) terimi jeolojide bu tür kaya oluşumlarını belirtmek için kullanılmaktadır (İsveççede "merdiven" anlamına gelen *trappa* kelimesinden türetilmiştir, bölgede yer alan basamakbenzeri tepeleri ifade eder). Tuzakları oluşturan büyük patlama, son 500 milyon yılda bilinen en büyük volkanik olaylardır. Permian ve Trias Dönemi sınırlarında kitlesel yok oluşların nedenlerinden biri olduğu düşünülmektedir. (Y.N.)

*** Bu anlamda İngilizcede de yaşamaya devam etmektedir. Aslında *trapdoor* [döşeme kapığı] merdivenlere açılan bir kapıdır.

rı –oksijensiz bırakarak– boğdu. Hidrojen klorür ve sülfür dioksit gibi diğer zehirli volkanik gazlar da stratosfere kadar fırlatılmış olabilir. Hidrojen klorür çıkışı ozon tabakasını ciddi şekilde tüketerek Güneş'ten gelen zararlı ultraviyole ışınlarının gezegenimizin yüzeyine ulaşmasına yol açacaktı. Ayrıca sülfür dioksit, atmosferden tekrar asit yağmuru olarak çıkmadan önce Güneş ışığının önünü kısmen keserek, fotosenteze dayalı yaşamı ve onun tarafından beslenen diğer yaşam biçimlerini engelleyici bir rol oynayacaktı.

Gezegenimizdeki ekosistemleri çökerten ve yeryüzündeki karmaşık canlı yaşamı tarihindeki en büyük kitlesel yok oluşu tetikleyen şey Permien Dönemi'nin sonundaki bu çoklu sorunlar dizisiydi. Bu olgu Permien Dönemi'yle sınırlı değildi: Yaklaşık 200 milyon yıl önce, başka bir taşkın bazalt olayının Trias ve Jura dönemleri arasındaki kavşakta dinozorların baskın kara hayvanları haline gelmesinin önünü açan kitlesel yok oluşa neden olduğuna inanılıyor.

Ancak sonra tuhaf bir şey oldu. Permien ve Trias dönemleri olaylarından bu yana başka bir dizi büyük taşkın bazalt patlaması olmuştur, bunların hiçbirisi benzer bir kitlesel yok oluşu tetiklemiş gibi görünmüyor. Yeryüzünü mega patlamaların olası dehşet verici etkilerine karşı çok daha dirençli hale getirmek için bazı şeyler değiştirilmek zorundaydı.*

Yaklaşık 60 milyon ve 55 milyon yıl önce gerçekleşen iki büyük lav patlaması, Kuzey Amerika'nın Avrasya'dan ayrılıp uzaklaşmasıyla Kuzey Atlantik Volkanik Sahası'nı yarattı ve son vuruşu Pangea'nın parçalanması sırasında yaptı. Kuzey İrlanda'daki Devler Kaldırımı'nın** belirgin geometrik sütunları ve Grönland'ın doğusundaki ilgili özellikler olan bu olaydan elde edilen bazaltik kayalar,

* Tüm deniz türlerinin dörtte üçüyle birlikte dinozorların ölümünü gören Kretase sonu kitlesel yok oluş, Deccan Tuzakları'nın Hindistan'a püskürtülmesiyle aynı zamana denk gelir. Bu olay 66 milyon yıl önce, alt kıtanın kuzeye Avrasya'daki olası çarpışmaya doğru kayarken yüzeye fırladığında yükselen bir magma bacası üzerinden geçmesiyle meydana geldi. Canlı yaşam için bardağı taşıran son damla, aynı anda Meksika Körfezi'ne on kilometre genişliğindeki bir asteroit veya kuyruklu yıldızın çarpmasıydı.

** Clochán an Aifir. (Ç.N.)

Kuzey Atlantik Okyanusu'nun açılmasıyla ayrılmıştır. Kuzey İrlanda'daki bu olaydan dolayı ortaya çıkan Devler Kaldırımı'nın belirgin geometrik sütunları ve Grönland'ın doğusundaki buna eş özelliklere sahip bazalt kayaları, Kuzey Atlantik Okyanusu'nun açılmasıyla ayrılmıştır. Bu lav taşkınları muhtemelen Permiyen Dönemi yok oluşu sırasında Sibiryâ Tuzakları'ndan bile daha fazla ergimiş kayayı açığa çıkarmıştır.²¹ Ayrıca Permiyen Dönemi taşkın bazalt patlamaları gibi, Kuzey Atlantik Volkanik Sahası'nı oluşturmak için fışkıran magma da volkanik lavın kendisi tarafından salınana ek olarak, kavrulurken büyük miktarlarda karbondioksit salan, yüzeye yakın uçucu tortul kayalardan geçti.²² Ancak bu olaylar hiçbir kitlesel yok oluşu tetiklemedi. Yeryüzünün ikliminde ciddi bir şok yaşandı ve 55 milyon yıl önce gerçekleşen ikinci aşama, 3. bölümde gördüğümüz Paleosen-Eosen Termal Maksimumu'yla kesişti. Bu sıcaklık artışı sırasında birkaç deniz türü yok olsa da, bu olaylar bir kitlesel yok oluş yerine, bugün karaya hâkim üç ana memeli grubun, çift toynaklılar, tek toynaklılar ve maymungillerin evrimini hızlandırmış gibi görünüyör.

Öyleyse, Jura'dan bu yana gezegenimizi büyük taşkın bazalt olaylarından kaynaklanan kitlesel yok oluşlara karşı çok daha dirençli yapan, yeryüzüyle ilgili bilmediğimiz şey nedir?

Önemli bir faktör, –yine– Pangea'nın parçalanmasıdır. Süper kıtalar havadaki karbondioksiti ortadan kaldırmakta daha az etkilidir. Denizden uzaktaki iç kesimlerde bulunan geniş alanlar düşük yağmur düzeyleriyle çok fazla kurumuştur. Bu, kayaların aşınmasıyla daha az karbondioksitin temizlendiği ve daha az sayıda nehrin plankton artışını verimlileştirecek tortu ve besin maddelerini taşıyarak, karbondioksitin emilmesi için gerekli biyolojik mekanizmayı baskılayacağı anlamına gelir. Son 60 milyon yıl içinde, Pangea'nın son kez parçalanmasından bu yana, dünya büyük lav taşkınları sonucu atmosfere salınan karbondioksiti temizlemede daha etkili oldu. Ama bütün hikâye bu olamaz. Atmosferdeki karbondioksit düzeyini düşürecek olan –dağların aşınmasıyla– jeolojik düzenek çok yavaş çalışır. Bu yüzden geniş bir volkanik sahanın patlaması sonucunda karbondioksitin düzeyinde yaşanan ani sıçrama, kaya aşınmasının

seviyeleri tekrar aşağı çekmesinden çok önce, bir kitlesel yok oluşu tetikleyecektir. Bu önemli faktörün can alıcı bir biyolojik dönüşüm olduğu görülüyor.

Yaklaşık 130 milyon yıl önce, Erken Kretase Dönemi sırasında kokolitoforlar açık okyanusta plankton olarak yaşamak üzere kıta sahanlığının daha sığ sularından açığa doğru yayıldı. Aynı dönemde kalsit kabuklu foramlar da derin deniz tabanındaki yaşam alanlarından denizlerin yüzey sularına dağıldı. Bu, kıtaları saran daha sığ suların değil; uçsuz bucaksız açık okyanusun kendisinin kalsit kabuklar oluşturan planktonlara ev sahipliği yaptığı anlamına gelir. Ölü kokolitofor ve foram planktonlarının kabukları deniz tabanına yağmur gibi yağdığında, kıta sahanlıklarında değil okyanusun derinliklerinde yeni bir tortu türü oluşturdular.²³ Böylece deniz yaşamı atmosferdeki karbondioksiti temizlemekte ve onu derin deniz tabanındaki biyolojik kayaların içine hapsetmekte uzmanlaşıyordu. Şimdi okyanusun kireçtaşı oluşturan planktonları bu gazı, taşkın bazalt olayları sonucunda havaya çok büyük miktarda karbondioksit püskürmesiyle aynı düzeyde, herhangi bir jeolojik süreçten çok daha hızlı bir biçimde temizleyebildi. Bu nedenle yeryüzü, Erken Kretase Dönemi'nden beri, denetlenemeyen ısınmayı ve kitlesel yok oluşları tetiklemeden önce volkanik karbondioksitteki keskin yükselişleri ortadan kaldırmak için güçlü bir dengeleme düzeneği geliştirmiştir. 55 milyon yıl önce Paleosen-Eosen Termal Maksimumu karbondioksit seviyelerini ve küresel sıcaklıkları felakete doğru sürüklemeye başladığında planktonlar yeryüzündeki yaşamı kurtardı.

Bu sayede Dover'ın sarp Beyaz Kayalıkları'nın biyolojik kayasıyla birlikte Birleşmiş Milletler binasının kireçtaşından yapılmış dış cephesi zamanla bugün yaşadığımız hayatı yaratan yeryüzündeki içindeki derin bağlantıların hatırlatıcısı olarak hizmet edebilirler.

Tektonik Terleme

Granit, kıtaların en yaygın kaya türüdür. Gördüğümüz gibi, okyanus kabuğu deniz tabanına yayılan çatlaklardan dışarı sızan taze magmadan katılaşmış bazalt kayalardan oluşur. Ancak granit, bunun yerine tektonik plakaların birbirini zorladığı yakınsak sınırlarda şekillenir.

Okyanus kabuğu sular altında kaldığında, bu alçalan levhanın 50-100 kilometre derinlikteki hatırı sayılır basınç ve sıcaklık tarafından eritilen su taşıyan kayaları alta doğru kayarken, sıkışmanın oluşturduğu sürtünme tarafından da ısıtılır. Yukarıdaki kabuğun içine doğru yükselen bu ergimiş magma, büyük yeraltı odalarında toplanır. Magma burada soğumaya başlar ve ilk mineraller kristalize olup karışımın dışına çökerken –en yüksek erime noktasına sahip olanlar–, erimenin bu derin kazanın içinde bıraktığı bileşim yavaşça değişir. İlk oluşan mineraller silika (silikon dioksit) bakımından fakirdir bunun anlamı kazanın içinde kalan magmanın giderek daha zengin hale gelmesidir. Granitik magma da kıtalar çarpıştığında oluşur ve oluşan büyük dağ sıralarının altında kalınlaşan kabuk alt tarafta kısmen erir ve üzerinde uzanan kabuğa rağmen tekrar yükselir. Silika açısından zengin olan bu magma soğuyup katılaştığı zaman, genellikle aynı yakınsak tektoniğin üzerinde oluşturduğu dağ sırasının çekirdeği içinde, granit kayalardan meydana gelen geniş yeraltı kütleleri oluşturur. Granit levha tektoniğinin angaryasıdır.²⁴ Kabuğun yeniden erimesi ve gerçekleşen kimyasal süreci, granitin bazalttan daha az yoğun olduğu anlamına da gelir. Yani levha tektoniğinin tekrarlayan çarpışmalarında granit kayalar daha ağır okyanus bazaltının üzerinden geçtiler ve batmadılar – birleşerek kıtasal kabuğun zemin katmanını oluşturdular. Bu yüzden granit, tortul çökeltilerin kapladığı alanın altında yatan ve sadece etrafındaki daha yumuşak bir arazi aşındığı zaman ortaya çıkan sert çıkıntılar halinde kıtaların temellerini oluşturur.

Bu kitap boyunca gördüğümüz gibi, dağ zincirleri gökyüzüne doğru itildikten çok kısa bir süre sonra, gezegenin onları aşındırmak için çalışan zalim güçleriyle yeniden karşılaştılar. Donma-çözülme

döngülerinin genişlemesi ve çatlaması kayalarını kırarak un ufak eder, yan taraflarından aşağı doğru akan nehirler büyük vadi şebekelerini oyar ve hareket halindeki buzullar dağın olduğu maddenin parçalarını toplayıp törpüleyerek daha çok öğütmek için zirveyi aşındırır. Bunun yanında, dağlar erozyona uğradıkça, kalın kabuklarının köklerini yoğun mantonun içine iten ağırlık azalır ve bu yüzden biraz daha yukarı doğru yükselirler. Dolayısıyla hafifleyen zirveler, bir marangozun düzgün bir şekilde aşındırmak için dönen zımpara diskine doğru sarsmadan ittiği bir tahta kalıbı gibi, aşınmanın öğütücü ağzından içeri doğru durmadan yükseltilir. Sonuçta, en kudretli dağ zinciri bile gezegenimizin tarihinin engin zaman girdabında zerrelere kadar parçalanır. Eninde sonunda dağlar, merkezindeki sert graniti açığa çıkarana dek en küçük parçalarına kadar aşındırılacaktır.

Yani bir granit sütununun üzerinde durduğunuzda eski bir dağ sırası merkezinin üzerine basıyorsunuz demektir. Bugün 100 milyon yıldan fazla süredir aşınmış olan bu granitin oluşumu sırasında üzerine on kilometre kaya yığılmış olurdu. Dartmoor torları*, Yosemite Milli Parkı'ndaki El Capitan, Rio de Janeiro'nun Sugarloaf Dağı ve Şili'deki Paine Kuleleri'nin hepsi bu yolla oluşup ortaya çıkmıştır.²⁵

Eriyik yer altında yavaşça soğurken gelişmeye ve büyümeye zamanı olan büyük kristallerden gelen granit, kaba dokusuyla sert ve dayanıklıdır. Sağlamlığın ve kalıcılığın somut bir örneği olduğundan, graniti tarih boyunca etkileyici anıtlar inşa etmek için kullandık. Belki de dünyadaki en ünlü granit yüz, Güney Dakota'daki Rushmore Dağı'dır. Bu granit kütlesi 1,6 milyar yıl önce oluştu ve 1930'larda dört ABD başkanının yüzleri –Washington, Jefferson, (Theodore) Roosevelt ve Lincoln– Güneş ışığını en çok alan güneydoğu tarafına yontuldu (başlangıçta tasarlanan proje, başkanların vücutlarını belden aşağıya kadar yontmaktı ama para kaynağı tükendi). Bu heykelin graniti son derece dayanıklıdır ve bin yılda sadece 2,5 milimetre aşınır – çok uzun bir süre Amerikan

* Tor: Özellikle bir tepede bulunan belirgin kaya veya kaya yığını. (Ç.N.)

ideallerinin simgesi olarak kalacaktır. Aslında anıtın tasarımcısı bunu hesaba katmış ve gelecek 30 bin yıl içinde amaçlanan şekillerine geri dönebilsin diye başkanların yüzlerini birkaç santimetre daha kalın oymuştu.²⁶

Antik dünyada granit işleme ustaları, malzemeyi Nil Vadisi'nin kaynağında yer alan, bugün Kuzey Sudan olarak bildiğimiz, Nübye'deki taşocaklarından tedarik eden Mısırlılardı.²⁷ Oydukları "Kleopatra'nın İğnesi" gibi en kalıcı sütun, lahit ve dikilitaşlar bugün Londra, Paris ve New York'ta bulunmaktadır (Kleopatra'nın hükümdarlığından bin yıldan fazla bir süre önce yapıldığı halde yanlış isimlendirilmiştir).*

1800'lerin başında Avrupalı taş ustalarının eserlerini taklit etmek amacıyla graniti oymalarına ilham veren; Antik Mısır anıtlarının yeniden keşfi ve British Museum'da sergilenmeleri idi. Bu taş ustaları ancak Aberdeen'de graniti kesmek ve kaplamak için buharla çalışan makinelerin geliştirilmesiyle başarılı olabildiler.²⁸ İngiltere'de kullanılan granitin büyük kısmı, –aşınmanın granit çekirdeği ortaya çıkarmak için üstteki kilometrelerce kalınlıktaki kayaları birbirine sürterek parçalaması için yeterince uzun bir zaman olan– 470 milyon yıl önce,²⁹ altında büyük Grampian Sıradağları'nın olduğu Aberdeen'den temin edilmiştir. Granitin uzun ömürlü direnci bile doğal olayların acımasız eylemleri karşısında geçirimsiz değildir. Suyla yavaş yavaş tepkimeye giren granit, kimyasal olarak bozulmuştur ve neredeyse sihirli bir dönüşüm geçirmiştir. Kuvars kristalleri kum taneleri halinde yuvarlanarak uzaklaşır ve feldspat adı verilen, asıl granitin başka bir mineral bileşiği, kimyasal olarak bir kül türü olan kaoline dönüştürülür. Su, diğer yabancı maddeleri, geriye sadece kar beyazı görünen, bu killerin en safının pul pul olmuş ince parçacıklarını bırakmak üzere, çürüyen granitten süzerek dışarı çıkarır. Bu olay, toprağın derinlerindeki granit yavaşça çıkarılıp doğa olaylarına maruz kaldığında veya hâlâ yeraltındayken ve kendi ısısı yeraltı

* Gerçekten de Kleopatra, Gize'deki Büyük Piramit'in antik inşasına göre iPhone'ların ve Paris'teki Louvre Müzesi'nin cam piramidinin modern dünyasına daha yakın bir zamanda yaşadı.

kırıkları ile çatlaklarındaki hidrotermal sistemleri harekete geçirirken meydana gelebilir.*

Saf, kar beyazı bir renge sahip sadece kaolin değildir; ama toz halindeki, levha benzeri parçacıkları onu muhteşem biçimde yumuşak ve şekillendirilebilir yapar. Bu kil, özellikle güçlü ve aynı zamanda yarı saydam çanak çömlek yapımında yüksek sıcaklıklarda fırınlanabilir. Bu yüzden kaolin, seramiğin en incisi olan porselenin hammaddesidir. Porselen ilk olarak yaklaşık 1.500 yıl önce Çinliler tarafından geliştirilmiş ve MS 9. yüzyılda İslam dünyasına ulaşmıştır. Porselenin Avrupa'ya ticareti ona İngilizce adını verdi: *Fine china***. Saf bir incelik ve neredeyse ruhani bir yarı saydamlık vermek için çok ince olsalar dahi, porselen vazoların, sürahilerin, kâse ve çay takımlarının yüksek sıcaklıkta fırınlanması onları sağlamlaştırır. Porseleni diğer kil seramiklere kıyasla çok değerli kılan da pişmiş toprak ve camsı seramiğin, rengârenk sırlanmış olduğu halde mat bulanık rengini korumasıdır.

İngiliz çömlekçiler, porselenleri taklit etmeye çalıştıklarında mezbahalarından çıkan kemiklerin öğütülmüş külünü eklediler ama beyaz rengi taklit etmesine rağmen bu *bone china**** yine de porselen den kalitesizdi. Sonunda tesadüfen kaolin kilinin gizli formülünü keşfettiler ve İngiltere'deki ticari açıdan başarılı ilk ürün 18. yüzyılın

* Bu, dünyanın plajlarında ve çöllerindeki neredeyse tüm kumun olduğu bir süreçtir.³⁰ Kuvars aynı zamanda bugün cam yapmak için kullandığımız temel malzemedir ve onu mikroçiplerle güneş panellerinin son derece saf silikon plakaları halinde işleriz. Yüz milyonlarca yılda levha tektoniğinin hareketliliği tarafından oluşturulan kuvars yeryüzünün erken dönemlerinde mevcut değildi. Daha önce yakınsak sınırların kabuğun erimesine ve geniş magma odaları oluşturmaya neden olduğunu görmüştük. Magma bu büyük kazanlarda soğudukça, oluşan ilk mineraller kalan magmayı giderek daha yüksek oranda silika ile bırakır, bu da granit halinde kristalize olur. Derin mantonun ilk bileşimi yüzde 46 oranında silika iken, bu magma başkalaşımı sürecinde üretilen granit, kuvars kristallerini (saf silika) oluşturmak için yeterince yüksek olan yaklaşık yüzde 72 silika oranına kadar zenginleştirilmiştir. Dolayısıyla gezegenimizdeki levha tektoniği kimyasal işleme tesisi gibidir, zamanla silikayı arındırmak için harekete geçer ve böylece insan teknolojileri için kullanılabilir hale getirir. Bu arada, bu demektir ki, şu anda başka yıldızların yörüngesinde keşfettiğimiz Dünya benzeri gezegenler levha tektoniğine sahiptir; sıcak okyanuslara sahip olabilir ama kumlu plajlara sahip değildir.

** (İng.) İnce çini; ince porselen. (Ç.N.)

*** Kemik külü ve kaolinden oluşan ince porselen türü. (Ç.N.)

sonlarında Stoke-on-Trent'te* elde edildi. Bölge çömlek fırınlarını yakmak için bol kömüre sahiptir ve Staffordshire çömleklerinin yapımında yerel kömür damarları arasında bulunan kil yatakları kullanılır. Bu kömür yatakları Staffordshire'dan aşağı, Londra'ya doğru yük beygirleriyle kolayca taşınacak tuğlaları, yer karolarını ve büyük tencereleri üreten fırınları ateşler.³¹ İnce kemik porseleni üretim yöntemlerinin gelişmesiyle birlikte, Stoke-on-Trent porselen rekabetinde Avrupa'nın önde gelen üretim merkezi haline geldi. Ancak Stoke civarındaki fırınlar için bol kömüre sahip olmalarına, onu hammaddeyi parçalayıp karıştırmak ve çömlekçi çarklarını döndürmek için kullanmalarına rağmen, üretimde çok önemli bir yeri olan kaolini Cornwall'dan ithal etmeleri gerekiyordu. Aberdeen gibi Cornwall da çıplak granit oluşumlarına sahiptir ama burada kaya hidrotermal olarak yumuşak beyaz kaolin kili halinde işlenmiştir. Stoke çömlekleri için hassas taşıma koşullarına ve Corn kaolinine olan talep nedeniyle Britanya civarında porselenin bitmesi, Sanayi Devrimi'nin erken dönemlerinde uzun kanallar ağının kazılmasının arkasındaki en önemli nedenlerden biriydi.^{32**}

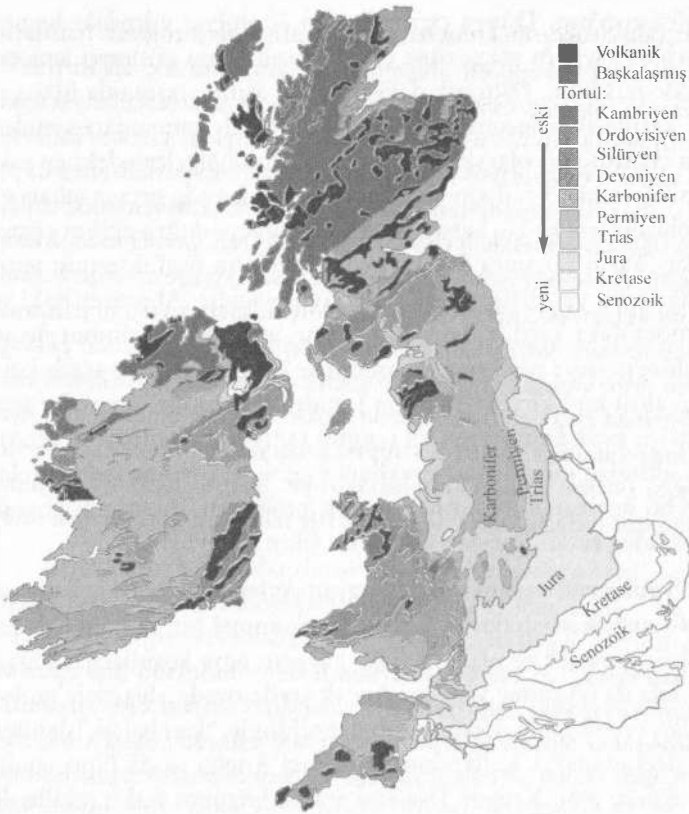
Böylelikle çarpışma basınçlarının ve levha tektoniğinin ısısının etkisiyle yavaş yavaş soğuyan buhar damlaları gibi şekillenen granit, anıtlara kalıcı sağlamlıklarını verir ve malzemelerin en hassas ve kırılğan hallerinden biri olan Çin porselenine dönüştürülür.

Ayaklarımızın Altındaki Zemin

Daha önceki bölümde Antik Mısırlılar ve Mezopotamyalıların, uygarlıklarını yeryüzünün temelinde yatan yapı malzemelerinin yerel zenginliğinden yararlanarak nasıl kurduklarını gördük. Bu, en erken uygarlıklar için olduğu kadar modern tarih boyunca da geçer-

* İngiltere'de seramik endüstrisinin merkezi olarak bilinen şehir. (Y.N.)

** Bugün Cornwall'daki eski kaolin ocaklarından biri Eden Projesi'ne ev sahipliği yapmaktadır. Bu ekolojik turizm merkezi şişirilmiş plastik baloncuklardan yapılmış jeodezik kubbelerden oluşan bir küme olarak inşa edilmiştir. Bunlar neredeyse Mars'taki bir bilimkurgu kolonisi gibi görünen, krater benzeri bir çukurun içinde bir araya toplanmış, tropikal ve Akdeniz canlı topluluklarına ev sahipliği yapan yenilikçi seralardır.



Resim 16 Britanya Adaları'nın jeolojik haritası.

lidir. Normalde görünmeyen yeraltı dünyasının, ülke ölçeğinde ilk jeolojik haritanın çizildiği yer olan Britanya'daki binaların görünümüne nasıl yansıdığını inceleyelim.*

* Jeolog William Smith, Somerset'teki kömür madenleri ve kanallar için yapılan kazıları incelerken yeraltındaki farklı kaya tabakalarının her zaman aynı kesitte bulunduğunu ve bu katmanların içerdikleri fosiller aracılığıyla tespit edilebildiğini fark etti. Doğal kayalıklar, taşocakları, kanallar ve Sanayi Devrimi'nin demiryolu inşaatları aracılığıyla gün yüzüne çıkan katmanları incelemek için Britanya'yı dolaştı ve 1815'te çizdiği jeoloji haritasında yüzeye yakın yerlerdeki farklı kaya katmanlarını da gösterdi.³³

Britanya'nın, Dünya tarihinin son üç milyar yılındaki hemen her yaştan kayanın yeryüzüne çıkmış kısımlarını gösteren jeolojisi özellikle farklıdır. Tektonik değişimler ve aşınma zamanla ülke çapında karmaşık helezonlar şeklindeki bu farklı katmanları yeniden ortaya çıkardı. Yaş olarak, İskoçya'nın dağlık bölgelerindeki en eski kayalardan son 65 milyon yıl içinde, güneydoğuda ortaya çıkan en genç oluşumlara kadar, kabaca kuzeyden güneye doğru eğilim gösteriyorlar. Tarih boyunca Britanya'daki binaların özelliklerinin yerel jeolojiyi nasıl yansıttığını görmek büyüleyicidir: Aberdeen'deki ve Dartmoor'daki çiftlik evlerinin koyu granitini, Edinburgh ve Yorkshire'in deve tüyü rengi Karbonifer kumtaşını, Cotswolds köylerinin altın Jura kireçtaşlarını ve Londra çevresinde kiremitler için kullanılan sıcak kahverengi kil rengini tanıyoruz. Jeolojiyi ayaklarımızın altından çıkardık ve duvarlara yığdık. Bir jeolog sadece geleneksel bir binanın fotoğrafına bakarak fotoğrafın Britanya'nın hangi bölümünde çekildiğine dair doğru bir fikre sahip olabilir.

Uygun yerel taşlara sahip olmayan yerler, ellerinden gelenin en iyisini yapmak zorundaydı. Tebeşir mükemmel bir yapı malzemesi değildir. Yumuşak ve ufalanmış bir kayadır, hava koşullarıyla karşılaştığında da iyi sonuç vermez. Ancak arada sırada, düzensiz moloz parçaları veya yollara döşenen kalıplar şeklinde, "katı balçık" denilen bir malzeme olarak kullanılmıştır – East Anglia ya da Normandiya'da olduğu gibi. Kretase Dönemi arazisi boyunca farklı şekillerde çokça bulunuyor olmalıydı. Suffolk ve Norfolk'un tebeşirli topraklarındaki birçok kulübe, çamur ve sazla kaplı ahşap çatkılardan* inşa edilmiş ve tebeşirle yapılmış bir çözeltiyle beyaza boyanmıştır. Bu ahşap çatkılar sağlamdır ve rutubetten düzenli olarak korunursa yüzyıllar boyunca ayakta kalmak için yeterince dayanıklıdır. Tebeşirli topraklar çatı kiremitleri için de çok az malzeme sunduğundan, bu jeolojik alandaki binalar geleneksel olarak sazlarla ya da buğday hasadından sonra kalan uzun samanlarla örtülürdü. Bu nedenle bu tür ahşap çatkılı, saz çatılı binalar İngiliz kırsalının tamamına so-mut bir örneği olsa da bu, aslında, yerel jeolojinin uygun yapıtaşı için

* İlkel ahşap iskelet. Kızılderili çadırının biraz daha gelişmiş. (Ç.N.)

yetersiz olduğunu yansıtır.³⁴ Bu kendine özgü yapı stilleri Sanayi Devrimi'yle çok daha türdeş hale geldi. Büyüyen şehirlerde değirmenler, fabrikalar ve işçi konutları inşa etmek için seri olarak tuğla üretildi ve kanallar ve demiryolları boyunca çok daha uzak mesafelere taşındı. Kuzey Galler'deki Snowdonia çevresindeki yarım milyar yıllık Kambriyen Dönemi* kayalıklarından uzun zamandır çıkarılmakta olan kayrak taşı, ülke çapında çatı malzemesi olarak kullanılmaya başlandı. Kayrak, levha tektoniğinin mengenesinde sıkıştırılıp başkalaşım geçirmeden önce deniz tabanı çamur taşı olarak meydana gelmiş bir kayadır. Tüm parçacıklarını belirli bir düzlem üzerinde uzanmaya zorlayan bu taş, ustaca bir keski vuruşuyla ince, mükemmel düz dilimler halinde bölünebilir; bu nedenle çatı kiremidi yapmaya çok uygundur. Galler kayrağı 19. yüzyıl boyunca genişleyen sanayi şehirlerini besledi ve Kambriyen Dönemi'nin bu ince silisyum levhası, bugüne kadar Britanya genelinde binaları kapladı.³⁵

Dünyanın farklı bölgelerindeki kayalar, sadece tarih boyunca inşaat projelerimizin hammaddesini sağladığı için değil, altta yatan bu jeolojik oluşumlar modern şehirlerimizin nasıl gelişeceğini de belirlediği için önemlidir. Manhattan'a yaptığınız bir geziyi hatırlayabilirseniz veya hemen Google Earth üzerinden bölgeyi ziyaret edebilirsiniz göğe yükselen gökdelenlerin iki ana bölgede toplandığını göreceksiniz: Adanın güney ucundaki banka ve finans kuruluşlarının yoğunlaştığı semt ve Chrysler Binası, Empire State Binası ve Rockefeller Merkezi'ni üzerinde taşıyan Midtown. Çok büyük ve çok katlı binaların bulunduğu bu bağlantı noktaları arasında daha alçak binaların kapladığı bir bölge uzanıyor. İlk olarak 1960'ların sonlarında bir jeolog tarafından binaların bu dağılımının sokakların altındaki görünmez katmanları yansıttığı savunuldu.³⁶

Kökeni itibarıyla yeryüzünün derinliklerindeki ezici sıcaklıkta dönüştürülmüş çamur veya kilden oluşan şist** olarak bilinen koyu,

* Paleozoik zamanın ilk alt bölümü. Günümüzden 545 milyon yıl önce başlayıp, 495 milyon yıl önce sona erdiği kabul edilir. Bu dönem gezegenin tüm tarihi boyunca yaşam çeşitliliği bakımından en zengin zaman aralığıdır. (Y.N.)

** Tortul kayaç. Çamur taşı veya şeylden oluşan bir tür metamorfik kayadır. (Y.N.)

sert başkalaşmış kaya öbekleri şehrin her yerinde ortaya çıkar, New York'lular öğle tatilinde sandviçlerini yerken Central Park'ta bir şist tabakasının üzerinde oturuyor olabilirler. New York'un şisti, Kuzey Atlantik Okyanusu yarılp açılmadan önce, ABD'nin doğusu boyunca Labrador kıyısından aşağı doğru Texas'a, oradan Meksika ve İskoçya'nın doğusuna kadar uzanan büyük bir dağ zincirinin altında fırınılandı. Bu Grenville Dağları, Rodinia denen, Pangea'dan bile daha eski bir süper kıtanın ortasına battı. Yaklaşık bir milyar yıl önce Laurentia kıtası diğer iki kıta levhasıyla çarpıştı, onları bir araya getirdi ve Grenville Dağları'nı darmadağın etti. Uzun zaman öncesinden beri kıtalar farklı biçimlerde bölünüp yeniden bir araya gelirken, yavaş ama kalıcı aşınma, bu dağ sırasını yonttu ve bugüne sadece zemini kaldı.

Şist kayaları New York'ta, Manhattan'ın güney ucunda ve yine Midtown'da, şist tabakasını yeryüzüne yaklaştıran bir tekne gibi yeraltına batan çökük bir katman içinde yer alır. Bu sert başkalaşmış ana kaya yükselen gökdelenlerin muazzam ağırlığını taşıyacak mukemmel bir temel oluşturur. İkisinin arasında uzanan çok büyük binaları daha az destekleyen yumuşak kaya, çökük şist katmanının oluşturduğu çanakta tutulur. Halihazırda kurulu ticaret merkezlerinin gelişmesiyle birlikte, gökdelenlerin düzeninde sosyoekonomik etkenler de rol oynamış olsa da tüm Manhattan'ın slueti altında yatan jeolojiyi izler: En uzun binaların olduğu alanlar sert şist tabakası tarafından desteklenir. Görünmez yeraltı dünyası –gerçekten antik bir dağ sırasının aşındırılmış kökleri–, ticari bölgelerde yükselen gökdelenlerin üzerinde durduğu yerde, tanrıların değil ama kapitalizmin anıtları aracılığıyla geri dönmüştür.³⁷

İki nehirle çevrili bir ada yerine, bir nehrin etrafına inşa edilmiş bir şehir olan Londra, bazı bakımlardan Manhattan'ın tersidir ama benzer bir jeolojik konumda yerleşmiştir. Kama şeklindeki Londra Havzası, Alpler'i de oluşturan tektonik kuvvetler tarafından, kaya tabakalarının bir çukurun içine çöktüğü bir katmanın tabanına oturmuştur. Gerçekten de Londra Havzası bir zamanlar, 2. bölümde incelediğimiz Dover ve Calais arasındaki kara köprüsünü oluşturan Weald-Artois Yukacı'nın çıkıntısı ile aynı yüzey kayalarının kıvrıl-

muş parçasıdır. Manhattan'daki çökük katman, Downtown ve Midtown'da yüzeye yakın sert, başkalaşmış şist kayalarının oluşmasına neden olurken, Londra ve aşağı Thames Vadisi'nin tamamı çökük katman çukurunun zemini boyunca uzanır. Bu, 55 milyon yıl önce sıcak sığ bir deniz, konik çukurun içinde biriktiği zaman bir kil tabakasıyla doldu.

Bu Londra kili, modern çağın en uzun binalarını yapmak için kesinlikle uygun değildi. Londra'nın New York'un aksine bu kadar az gökdelene sahip olmasının nedeni şehrin altındaki yumuşak, macun benzeri kilden oluşan kalın bir tabakadır. Canary Wharf'taki The Shard veya One Canada Square gibi kuleler ağırlıklarını desteklemek için çok derin kazıklı temellerle inşa edilmelidir. Kalın kil tabakası, ancak, tüneller kazmak için idealdir, sondaj yapmak için yumuşak ama tünel için istikrarlı ve su geçirmeyen bir engel oluşturur.

Londra 1863 yılında dünyanın ilk metro hattını inşa etti ve bugün metro, 270 istasyona hizmet veren (hepsi yeraltında olmasa da), 400 kilometreden fazla uzunluğa sahip bir hatlar ağı haline geldi. Yeraltı coğrafyası, Kuzey Londra'da çok iyi hizmet veren bir metro ağı olmasına rağmen güneyde neden çok daha az hat olduğunu da açıklar. Thames'in güneyinde kil tabakası ağın derinliğinin altına düşer ve tüneller bunun yerine çok daha dolambaçlı kum ve çakıl tabakaları içinden delinmek zorundadır. Londra kili aynı zamanda metronun rahatsız edici biçimde sıcak olmasının da nedenidir. Yeraltı mağaraları normalde ferahlatıcı bir serinliğe sahiptir, bu durum bir tutarsızlık gibi görünür. Gerçekten de ilk kazıldığında, sıcak yaz günlerinde serinlenebilecek bir yer olarak tanıtımı yapılan metro tünellerinin sıcaklığı 14 santigrat dereceydi. Ancak bir yüzyıldan fazla zaman sonra trenlerin motorları ve frenlerinin –milyonlarca yolcununkiyle birlikte– yaydığı ısı, tünel duvarları tarafından emilir. Sonuçta yoğun kil son derece iyi bir ısı yalıtkanı olduğu için, bu ısı gidecek başka bir yer bulamadı.³⁸

Mezopotamya'nın çamurlu ovalarında kurulan dünyanın ilk gerçek şehirleri, güneşte kurutulmuş kerpiç tuğlalardan inşa edilirken, yeraltındaki kil, modern metropollerimizin nasıl geliştiğini

yönlendirmeye devam ediyor: New York'un yükselen gökdelenlerine tezat oluşturan Londra'nın geniş yeraltı metro ağı.

Şimdi, ayaklarımızın altındaki jeolojinin, medeniyetlerimizi ve şehirlerimizi inşa etmek için kullandığımız doğal dokuyu bize nasıl sunduğu konusundan; insanlığın, dünyamızı dönüştürdüğümüz araçlar ve teknoloji için gerekli malzemeleri kayalardan nasıl çıkar- mayı öğrendiğine geçelim.

MADENÎ DÜNYAMIZ

İnsanlığın ilk araçlarının taştan veya ahşap, kemik, deri ve bitki liflerinden – çört, osidiyen ya da çakmaktaşı parçalarını yontarak– nasıl yapıldığını gördük. Paleolitik, Mezolitik ve Neolitik çağlar boyunca (Eski, Orta ve Yeni Taş Devri) ilerlerken, kısa ve kalın el kesikleri ve kazma aletlerinden, mızrak uçları ve ok başlarına uygun küçük keskinleştirilmiş ince taş tabakalara geçerek bu teknolojileri geliştirdik. Ancak Tunç Çağı'nın başlangıcı insanın öyküsünde derin bir dönüşümü göz önüne serdi: Etrafımızdaki doğal dünyadan alabileceklerimizi yeniden şekillendirerek aletler yapmak yerine, hammaddeyi amaca göre *dönüştürme*yi, parlak metalleri kayalık cevherlerinden çıkarmayı, dövmeyi, dökmeyi ve alaşım karışımlarını mükemmelleştirmeyi öğrendik. Böylece teknolojik yenilik sayısı zamanla hızlandı. İnsansıların [hominin] ilk yontulmuş taş aletleri üretmekten bakırı ilk kez eritmeye geçmesi üç milyon yıl aldı ama Demir Çağı'ndan uzay uçuşlarına sadece üç bin yılda ilerledik.

Metaller insanlık tarihinde çok devrimci bir rol oynamıştır çünkü başka hiçbir malzemenin sağlamadığı bir dizi özelliğe sahiptirler. Son derece sert ve güçlü olabilirler ama kırılğan seramik veya

camın aksine, aynı zamanda esnek ve kırılmaya dayanıklıdır. Daha yeni teknolojilerimiz için, elektriği iletebilir ve yüksek performanslı makinelerin maruz kaldığı yakıcı sıcaklıklara karşı koyabilirler. Son birkaç on yıl içindeyse, özellikle modern elektronik cihazlar açısından, en son teknolojimizde şaşırtıcı bir metal çeşitliliğinden yararlanma noktasına geldik.

Bu bölümde, metallerin insan toplumunu Tunç Çağı'ndan internet çağına nasıl dönüştürdüğünü ve yeryüzünün bunları bize nasıl sağladığını inceleyeceğiz.

Tunç Çağı'na Giriş

Aletler ve silahlar için erittiğimiz ilk metal, bakırdır. Bakır cevherini –göz alıcı mavi veya yeşil renkli mineraller içeren– görmek ve metali eritmek kolaydır: Cevher toprakları, çömlek pişirmede kullanılan aynı türden bir fırında odun kömürüyle kavrularak çıkarılabilir. Yanan kömür hem gereken sıcaklığı oluşturur hem de kimyasal yapısını indirgeyip metali kayanın içinde bağlandığı oksit, sülfid ve karbonattan ayırarak geriye saf bakırın kalmasını sağlar.

Saf bakırın sorunu oldukça yumuşak bir metal olmasıdır, çekiçle dövülen aletlerin kenarları kolayca körelir ve sürekli yeniden bilenmeleri gerekir. Bakır ve başka bir metali karıştırarak yapılan bir alaşım çok daha güçlü bir malzeme sunar: Tunç. Daha büyük atomlar bakırinkine karıştırıldığında metalin bükülebilirliğini durdururlar: Esasen bakır atomu katmanlarını sıkıştırarak birbirlerinin içine kolayca geçmelerine engel olur ve metal karışımını daha sert ve dayanıklı hale getirirler. En erken üretilen tunç, bakır ve arsenik alaşımıdır ancak bu karışım ilk olarak MÖ 400'lü yılın sonlarında Anadolu ve Mezopotamya'da üretilen bakır-kalay tuncuyla geliştirilmiş, daha sonra Mısır, Çin ve İndus Vadisi'ne yayılmıştır.¹ Bakır-kalay tuncuna özgü bir avantaj, çok daha düşük sıcaklıkta erimesi ve karcıklarının olmamasıdır, böylece döküm yapmak için kullanılan bir kalıbın içine kolayca dökülebilir.² Bu, zanaatkarların gerekli aleti herhangi bir şekle sokmasını ve aşındığında ya da kırıldığında onarılmasını veya yeniden biçimlendirilmesini sağlar.³ Tunç kısa zaman

içinde tören nesneleri, pişirme gereçleri, tarım aletleri ve silah yapmak için kullanılan tek malzeme haline geldi.⁴ Neolitik Çağ yerini Tunç Çağı'na bırakmıştı.

Bu bölgenin kendi kalay kaynakları olmadığı için, Mezopotamya'nın tunç kullanımında öncülük etmesi şaşırtıcı bir durumdur, bu nedenle alışımın bu çok önemli bileşeni uzun mesafeler aşarak ticaret yoluyla gelmiş olmalıdır. Tunç Çağı'nda Batı Avrasya'da kullanılan kalay, günümüz Alman-Çek sınırı boyunca uzanan Erzgebirge Dağları'ndan,⁵ Cornwall'dan ve küçük bir ölçüde Bretonya'dan gelmiştir. Özellikle Cornwall'daki madenler antik dünyaya, ihtiyaçları olan büyük bir kalay kaynağı sunuyordu. Bu hayati metal cevherleri granit magmanın tortul kaya katmanlarının içine girmesiyle oluşmuştu. Dolaşarak çevresindeki metali eriten sıcak suyla birlikte magmanın bu kütesinin ısısı hidrotermal sistemleri yeraltına taşıdı ve daha sonra onları zengin cevher damarları olarak üstteki kayadaki çatlaklarla kırıkların içinde yeniden biriktirdi.⁶

MÖ 450'den itibaren Cebelitarık Boğazı'ndan geçen Fenikeliler tarafından Kuzey Avrupa'dan deniz yoluyla kalay ticareti yapıldığını ve bundan önce de kara ticaret yolları boyunca Bereketli Hilal'e aktarıldığını biliyoruz.⁷ Elbette eski dünyada kalay az olduğu için, yüksek bir fiyatı olacaktı. Diğer taraftan bakır cevheri geniş bir alana dağılmıştı ve gezegenimiz onu ilginç bir süreçten geçirerek bizim kullanabileceğimiz hale getirmişti.

Deniz Tabanından Dağın Zirvesine

Akdeniz, Mısır ve Mezopotamya'daki Tunç Çağı zanaatkârları Kıbrıs'tan çıkarılan bakıra adeta çekildiler.⁸ Gerçekten de bakıra adını veren adadır, periyodik cetvelde bakır elementinin simgesi Cu'nun Latince ismi *Cuprum*'dur*. 4. bölümde Akdeniz'in jeolojik yapılarının gelişen denizcilik toplumları için nasıl mükemmel bir ortam yarattığını ve dünyanın bu köşesindeki tektonik süreçlerin Tunç

* Antik Yunancada *Cyprus*. (Ç.N.)

Çağı'nda uygarlıklar inşa etmek için nasıl önemli hammaddeler sağladığını gördük.

Bakır; çinko, kurşun, altın ve gümüş gibi diğer metallerle birlikte, levhaların birbirinden ayrıldığı ve magma çeşmelerinin yeni okyanus kabuğunu oluşturduğu yerde, okyanusun ortasında yayılan sırtlarda yüksek yığınlar halinde birikir.⁹ Yerkabuğundaki bu açık çatlaklar boyunca sıcak magma yüzeye çok yakın yerlerden sızar. Deniz suyu, bu magmayla karşılaşp süper sıcak hale gelen deniz tabanı kayalarına doğru süzülür ve onları sırlıslam eder. Daha sonra mineralleri çevredeki kayalardan süzüp olduğu gibi çıkararak, hidrotermal bacalardan deniz yatağına kuvvetli bir biçimde fışkırtmadan önce, kabuktan dışarı doğru yükselir. Mineral açısından zengin bu sıcak sıvı soğuk okyanus suyuna çarptığında, metalik sülfat minerallerinin parçacıkları bu tür hidrotermal deliklere çok daha çağrışimsal takma adlar vererek çalkalanan, kalın, simsiyah karanlık bacaların içine çöker: Black Smokers*. Bu oluşumlar, zifirî karanlık okyanus derinliklerinde, Gaudi'den** esinlenmiş endüstriyel bir manzara gibi, baca benzeri yüksek yapı kümeleri oluştururlar.

Hidrotermal bacalar,*** verimsiz ve derin deniz tabanında yeryüzü üzerindeki en uç yaşam formlarından bazıları için vaha olarak hizmet vermektedir. Güneş ışığının çok ötesinde yaşayan bu egzotik topluluklar arasında, 1970'lerin sonlarında ilk hidrotermal baca alanlarının dalgıçlar tarafından keşfedilmesiyle, biliminsanları için tamamen yeni olan iki metre uzunluğundaki dev tüp solucanlarının yanı sıra soluk beyaz karides, salyangoz ve yengeçler bulunmaktadır. Bu güneş görmeyen ekosistemler, bacalardan fışkıran metaller ve sülfatlar gibi inorganik enerji kaynaklarında yetişen mikropardan güç almaktadır.

Bakır kobalt, altın ve diğerleri gibi değerli metallerden oluşan ve okyanusa fırlayan parçacıklar, deniz tabanında deliklerin etrafındaki alanda yüksek yığınlar halinde birikir, ancak şu anda madenciler için

* (İng.) Tüttüren Siyahlar. (Ç.N.)

** Antonio Gaudi (1852-1926): Özgür biçimlerin, çarpıcı renk ve dokuların, organik бүtүнлүгүн belirlediği kendine özgü üslubuyla tanınan Katalan mimar. (Y.N.)

*** Deniz tabanında jeotermal olarak ısınan suyun çıktığı yarık. (Y.N.)

erişilmez durumdadırlar. Bu metal yataklarını kullanılabilir hale getirmemiz için özel koşulların oluşması gerekiyor.

Gördüğümüz gibi, iki tektonik levhanın birbirine tosladığı ya-kınsak levha sınırlarında, kalın deniz tabanı çökelti katmanları dağ sıralarını oluşturur. Sonuç olarak, deniz canlılarının fosilleri genellikle, örneğin, Himalayalar veya Alpler gibi dağ zirvelerinde bulunur. Bunlar bir zamanlar Nuh Tufanı gibi mitolojik olaylara atfedildi; ta ki levha tektoniğinin muhteşem toprağı hareket ettiren muhteşem gücünü anlayana kadar. Ancak antik hidrotermal bacalara sahip olan ve yoğun bazalt kayalarından oluşan okyanus kabuğunun kendisi hemen hemen her zaman hafif kıtasal kabuğun altına dalarak yeryüzünün derinliklerinde yutulur. Arada sırada okyanus kabuğunun nadir görülen dar ve uzun parçaları aşağı sürüklenmekten kurtulur ve bunun yerine sıkıştırılıp kıtasal kabuğun üzerine itilir.¹⁰ Bu tıpkı Akdeniz’de Afrika ve Avrasya arasında kalan levha parçalarının birbirine sürtünmesi gibi, en küçük levhalarda daha sık görülür. İşte Kıbrıs Adası’nda olan şey tam olarak budur. Kıbrıs’ın merkezindeki Trodos Dağları’nın oval şekilli höyüğü, –kıtanın tepesinde karaya oturan okyanus kabuğundan bir dilim olan– ofiyolitin* dünyadaki en iyi örneğidir.¹¹ Bu okyanus kabuğu yaklaşık 90 milyon yıl önce derin sularda, Tetis Denizi’nde yayılan bir yarıқта oluştu¹² ve Afrika’nın Avrasya’ya doğru ilerlerken Tetis’in kapanmasıyla Kıbrıs’ın tepesine çıktı. Trodos Dağları kayda değer derecede şeklini korumuştur ve bu yüzden bu ofiyolit okyanus kabuğu içindeki katmanların güzel korunmuş bir kesitini gösterir,¹³ hatta antik hidrotermal deliklerin yanında tüp solucanları ve salyangozların fosilleri bile bulunmaktadır. Trodos hafifçe tümsekleşen bir kek tabakası gibidir ve dağlar aşındıkça bu tabakalar eşmerkezli halkalar halinde ortaya çıkmıştır. Merkezdeki en yüksek tepe, normalde deniz tabanının on kilometre altında bulunan manto kayalarından oluşur.¹⁴

Trodos ofiyoliti, yayılan bir yarıқта yeni okyanus kabuğunun

* Litosferin tektonik olarak bir kıta kenarına ya da adaya taşınmış, ağır elementler içeren kaya parçaları. (Y.N.)

nasıl oluştuğunu incelemek için jeologlara mükemmel bir fırsat sunar (ki Orta Atlantik Sırtı gibi mevcut yapısal levha sınırlarında hareket halinden izlemesi elbette zordur). Ancak Tunç Çağı, uygarlıkların antik derin deniz hidrotermal bacaları tarafından püskürtülen metallere rahatlıkla ulaşabilmesini de sağlıyordu. Deniz kabuğunun bir kısmı karaya atılırken, Kıbrıs'taki madenciler metal yataklarının bulunduğu dağ yamacındaki uygun seviyeyi kazabiliyorlardı. Gerçekten de Trodos onlara, yüzde 20'ye kadar bakır içeren inanılmaz derecede zenginleştirilmiş cevherler sundu.¹⁵

Kıbrıs, MÖ 2. bin yıldan itibaren Mezopotamya, Mısır ve Akdeniz dünyasının en büyük bakır tedarikçisi haline geldi.¹⁶ Görmüş olduğumuz gibi, Tunç Çağı'nda kömür, bakır eritme fırınlarında, metali cevherden ayırmak amacıyla pişirmek için kullanılmıştır; bu yüzden Kıbrıs'ın verimliliği de büyük bir kereste kaynağına bağlıydı. Gerçekten de adada bakır metali kazılıp kayadan çıkarıldıktan sonra atık olarak dökülen dört milyon ton cüruf yığınına inceleyen arkeologlar, ne kadar kereste gerektiğini hesaplayabildiler. Kıbrıs'ta üç bin yıllık bakır üretimi boyunca, adanın ovalarının ve dağ yamaçlarıyla kaplı çam ormanlarının tamamının en az 16 kez temizlenmesi gerektiği ortaya çıktı¹⁷ – sürdürülebilir orman yönetiminin erken bir örneği.¹⁸

Kıbrıs bakırının büyük bir kısmı Avrupa'nın ilk büyük uygarlığı olan Minoslular tarafından ticari mal olarak kullanıldı.¹⁹ Merkezi Girit Adası'nda olmak üzere, Doğu Akdeniz'e yayılan ticaret noktalarıyla, Minoslular yaklaşık MÖ 2700'den itibaren bin yıl boyunca milenyum boyunca geliştiler.²⁰ Aslında bu insanların kendilerini nasıl isimlendirdiklerini bilmiyoruz – Minos adı, Girit'te yaşadığına inanılan Yunan mitolojisinde yer alan Kral Minos'un (labirenti ve Minotauros'u* ile) efsanesinden sonra 20. yüzyılın başlarında arkeo-

* Poseidon, Kral Minos'a kurban etmesi için bir boğa verir ancak kral boğayı kurban etmez. Buna çok sinirlenen Poseidon'un lanetiyle Minos'un eşi bir boğaya âşık olur ve yarı boğa yarı insan bir bebek dünyaya getirir (Minotauros, Minos ile boğa anlamına gelen *taurus* kelimelerinin birleşiminden oluşur). Bunun üzerine Minos, Girit Adası'nın altına bir labirent inşa ettirir ve hem saklamak hem de cezalandırmak için çocuğu buraya hapseder. (Y.N.)

loglar tarafından icat edilmiştir.²¹ Minoslular çok katlı büyük saray kompleksleri inşa ettiler ve Romalılardan çok daha önce gelişmiş çeşmelerin sarnıçların ve su kemerlerinin keyfini çıkararak su depolayıp dağıtımını yapmakta da uzmanlaştılar, dünyanın ilk sifonlu tuvaleti Knossos Kraliyet Sarayı'ndadır.²² Hepsinden önemlisi, onlar usta tunç işçileri ve denizcilerdi; cesaretleri sayesinde kültürel nüfuzlarını Doğu Akdeniz'e kadar uzanan deniz ve ticaret ağlarında yaydılar.²³ Minosluların ürettiği ve ihraç ettiği tunç eşya ve aletlerin çoğu, yakındaki Kıbrıs Adası'ndan çıkarılan bakırdan yapılmıştır. Minos uygarlığı bu metal zenginliğinin ticaretini yaparak ve gemiyle bilinen dünyaya göndererek zenginleşmiştir. Fakat İran örneğinde gördüğümüz gibi, levha tektoniğinin ganimetlerinin tadını çıkarmanın tehlikeli bir tarafı da olabilir.

Kıbrıs'taki zengin bakır yataklarını oluşturan aynı dalma sınırı, Girit'i geçerek kıyılarının sadece 25 kilometre güneyinde derin bir çukur oluşturur. Dalmanın bir sonucu olarak, dalan levha yüzeye çıkarak volkanlardan oluşan bir yayı beslemek için yükselen erimiş kaya kabarcıklarını serbest bırakır. Bu volkan sırası manto-daki erime noktasının hemen üzerinde oluşur ve böylece yüzeyde dalma hattından aşağı doğru belirli bir mesafede ortaya çıkar. Girit çukurunun yaklaşık 115 kilometre kuzeyinde yer alan Yunan yayı, burada Thera'nın –bugünkü Santorini– volkanik zirvesi Ege Denizi'nin üst üste binen dalgalarının üzerine çöktü. Bu aktif volkan binlerce yıldır düzensiz bir şekilde patlıyor ama MÖ 1600 ile 1500 yıllarında Thera aniden tarihin en şiddetli patlamalarından birine maruz kaldı.

Patlama yalnızca dağın var olan kabuğundan artakalan batmış kalderayı geride bırakarak, Thera'yı neredeyse tamamen yok etti, tozlaşmış kayadan oluşan geniş duman gökyüzüne püskürdü ve Girit tamamen külle kaplandı. Kuzey kıyısındaki Amnissos gibi limanlar, Thera'ya karşı denizin 100 kilometre açığında, volkanik ponza kayaları tarafından gömüldü ve patlamanın tetiklediği tsunami tarafından süpürüldü. 1.500 yıl önce gerçekleşen bu yıkım arkeologlar açısından, Roma şehirleri Pompei ve Herculaneum'u yok eden Vezüv patlamasına çok benzer bir şekilde, kendine özgü yazılarını, sera-

miklerini, sanat eserlerini ve mimarilerini koruyarak o dönemdeki Minos yaşamının bir fotoğrafını çekmeye hizmet etti.*

Her iki olayın kesin tarihini belirlemek zor olsa da, gelişen Minos uygarlığının çöküşüyle bu yıkıcı patlamanın zamanı çakışmıyor gibi görünüyor.**

Ancak açık olan bir şey varsa o da Thera patlamasından sonraki birkaç nesil içinde Minos toplumunun ölümcül bir çöküş içinde olduğudur: Sarayları yıkıldı²⁵ ve ada, Mykene Yunan'a yenik düştü.²⁶ Minosluları bu kadar başarılı kılan; denizcilikte uzmanlaşmaları ve ticaret. Bu yüzden patlamanın ardından gelen tsunamiyle filolarının ve Thera'daki Akrotiri dahil olmak üzere limanlarının aniden yok olması ekonomik altyapılarını çökertmişti. Minosluların balıkçı teknelerinin kaybı ve tarım alanlarının deniz suyuyla dolması sonucunda sürekli bir gıda yetersizliği ve hatta kıtlık yaşamaları da muhtemel.²⁷ Doğal afet bölgedeki güç dengesini değiştirdi ve Girit'i Mykene'nin fethine karşı savunmasız bıraktı. Fakat Akdeniz'deki deniz taşımacılığına hâkim olanlar, şimdiki Suriye, Lübnan ve İsrail kara şeridinde yerleşen Fenikelilerdi (bkz. sayfa 108).²⁸

Minosluların bakırlarını temin ettikleri Kıbrıs'taki Trodos Dağları büyük, erişilebilir ve son derece iyi korunmuş bir ofiyolit oluşturlar, ancak benzersiz değildirler. Akdeniz'i ortaya çıkaran Tetis Denizi'ni kapayan levha çarpışması ile eski okyanus kabuğunun diğer kayaçları da sıkışarak zirvenin üzerine çıktılar. Ofiyolit metal yatakları, Akdeniz'in kenarını çevreleyen Alpler, Karpatlar, Atlas ve Toros

* 4. bölümde keşfettiğimiz gibi, Kuzey Akdeniz'in büyük bir kısmı volkaniktir ve Afrika Tektonik Levhası'nın Avrasya'nın altına dalması sonucunda oluşmuştur. Volkanik patlamaların verdiği zararlara rağmen volkanizma fırsatlar da sunar. Romalılar, sadece volkanik toprağın zengin ve verimli olmasının değil, volkanik küllün kendilerine "puzolanik" [silisli volkanik kül (Y.N.)] çimento üretimi için hediye edilmiş olmasının sağladığı fırsatları keşfettiler. Sualtına döküldüğünde bile donabilen bu çimento, deniz limanlarından su kemerlerine ve Pantheon'un büyük kubbesine kadar her şeyin inşası için kullanılmıştır. Roma çimentosu ile betonunun dayanıklılığı ve mekanik gücü günümüzde hâlâ yapı mühendisleri tarafından takdir edilmektedir.

** Patlamanın kendisiyle ilgili hiçbir yazılı kayıt bulunamadı, ancak muhtemelen görgü tanıklarının ifadelerini içeren Minos Lineer A yazısı hiçbir zaman deşifre edilmedi.²⁴

sıradağları gibi kuşakların içinde de bulunabilir. Dünya çapında diğer okyanus kapanması olayları da okyanus kabuğunu yukarı kaldırmıştır. İspanya'daki Rio Tinto, Kanada'daki Noranda ve Rusya'daki Ural Dağları boyunca uzananlar gibi günümüzdeki en büyük madenlerden bazıları bakır, çinko, kurşun, gümüş ve demirden oluşan zengin hidrotermal bacaların metal yataklarından kazılıp çıkarılır.²⁹

Bakır-kalay karışımı tunç insanlığa yaklaşık iki bin yıl boyunca metal aletler, mutfak eşyaları ve silah sağladı; ta ki çok daha üstün bir metal tarafından yerinden edilmeden önce: Demir.

Dövme Demirden Çeliğe

Aslında demiri metalik özellikleri için değil ama renkli bir pigment olarak kendimizi süslemek ve ifade etmek için on binlerce yıldır kullanıyoruz. Toprak boyası, yapısındaki doğru miktarda demir oksit mineraline ve ne kadar su içerdiğine bağlı olarak kahverengiden sarıya ve canlı kırmızıya kadar renk çeşitliliği gösterebilir. Vücudumuzu süslemek ve saçlarımızı boyamak için bir tozun içine toprak boyasının çeşitli biçimlerini yerleştirdik ve en az üç bin yıl önce onu kaya ya da mağara sanatında kullanmak için bir boya haline getirdik. Görünen o ki, bizim insan türümüz bu doğal renkleri kullanan ilk tür değil, toprak boyası 200 bin yıl öncesine dayanan Neandertal bölgelerinde çakmaktaşı eserlerin yanında da bulunmuştur.³⁰

Ancak uygarlık tarihinde gerçekten dönüştürücü olan şey, bu pas renkli oksit cevherlerinden saf metalik demir çıkarmayı öğrendiğimiz zamandı. Gördüğümüz gibi, bir sürü bakır kaynağı olmasına rağmen, Tunç Çağı boyunca kalay çok az bulunuyordu. Diğer taraftan demir, devasa yataklarda bulunur ve dünya çapında geniş bir alana yayılmıştır. Demirin bakır ve tunçtan daha geç çıkarılmasının nedeni bu metal kalay cevherinden çıkarmanın çok daha zor olmasıdır.

Demir cevherinin ve kömürün birlikte ateşlendiği ama demiri eritip cüruftan uzağa akmasını sağlamaya yetecek kadar yüksek sıcaklıkta olmadan geliştirilen ilk demir eritme fırını büyük hataydı.

Bunun yerine sıcak ama hâlâ katı, cüruflla karışık demir topak-

ları –veya ham demir– fırından çıkarılmış ve metal çekiçlenerek saf dövme demir elde edilmiştir. “Çalışma” [*work*] eyleminin arkaik geçmiş zaman ilgeci olan “dövme” [*wrought*] uygun bir terimdir: Ham demiri saf demire dönüştürmek için çekiç ve örsle muazzam miktarda yorucu bir emek vermek gerekir. Bu yöntemle demir eritmek ve demircilik MÖ 1300 yılında Anadolu’da başlamıştır.

Daha sonraki bir gelişme, demiri eritmek amacıyla daha yüksek sıcaklıklara ulaşmak için çok daha uzun fırınlar inşa edip havayı aşağıdan yukarıya doğru körüklemek oldu. Bunun adı yüksek fırındır. Eritici madde olarak kireçtaşının eklenmesi cürufun akmasına yardımcı olur, demirin daha iyi ayrışmasını sağlar ve yabancı maddeleri yok eder. Ergimiş metal daha sonra pik veya dökme demir olarak fırının tabanından dışarı boşaltılabilir. Dökme demirdeki karbon oranı yüksektir (yaklaşık yüzde 3), bu da onu güçlü ama kırılgan yapar. İlk yüksek fırınlar, 1. yüzyılda su çarklarıyla birlikte körüğü de ilk kez kullanan Çinliler tarafından, en erken MÖ 5. yüzyılda, faaliyete geçirilmiştir.³¹ Yüksek fırınlar ve dökme demir 11. yüzyılda Araplar tarafından kullanılmaya başladı ancak 1300’lerin sonlarına kadar Avrupa’ya gelmedi.³²

Dünya çapında farklı bölgelerde farklı zamanlarda başlayan Demir Çağı toplumu dönüştürdü. Tunç nispeten pahalı kalmıştı ve bu yüzden büyük ölçüde hâkim elit sınıfı korumak veya birbirine karşı savaşan orduları donatmak için kullanılmıştır. Diğer taraftan demir cevheri boldur ve bir dizi kullanışlı alet yapımı için genel amaca uygun bir metal sunar. Demir aletler, tunçtan yapılanlara göre çok daha sağlamdır ve keskin kenarları da daha iyidir. Bu sadece silahlar ve zırhlar için değil, aynı zamanda günlük kullanımı olan aletler için de önemliydi. Demir baltalar, yeni tarım alanları açmak için ormanların temizlenmesinde büyük bir fark yarattı. Demir uçlu pulluklar, sadece mevcut tarımın verimliliğini artırmakla kalmadı; aynı zamanda insanlığın daha önce ekilemeyen alanları tarlalara dönüştürmesini de sağladı. Her iki alet de yerleşim için yepyeni bölgeler açtı.

Özellikle MS 3. yüzyılın sonlarından itibaren ağır kulaklı pullukta, pulluk demirinin ön tarafındaki bir kesme bıçağının demir-

den yapılmasıyla birlikte, yaşanan gelişme Alpler'in kuzeyindeki Avrupa arazisinin geçirimsiz topraklarında verimli tarımı mümkün kıldı. Sadece toprakta bir oluk açmak yerine ağır pulluk çim alan üzerinde derin yarıklar açar ve kavisli pulluk bıçağıyla toprağı ters çevirir. Bunun etkisi, aslında üstteki tüm toprağı tersyüz ederek yabancı ot kontrolünü ve gübrenin toprağa karışmasını sağlamaktır ve pulluğun açtığı izler de toprağın suyu emmesi için eğimli kil oluklar açarak fazla suyun boşalmasını sağlar.³³ Demirden yapılan bu icatla, Kuzey Avrupa'nın geçirimsiz toprakları Akdeniz çevresindeki kumlu topraklardan çok daha verimli hale geldi. Yani demir balta ve pulluğun yardımıyla inişli çıkışlı Kuzey Avrupa ovaları, yavaş yavaş buz devri sonrası ormanlar ve su dolu çayırlardan, tahıl tarlalarının büyük ekin yığınlarına dönüştü.³⁴ Bu da sonraki yüzyıllarda Avrupa'nın nüfus dağılımı ve kentleşmesinde köklü bir değişime neden oldu.³⁵

Bakırın malzeme özellikleri bir alaşım içinde karıştırılarak iyileştirildiyse, aynı şey demir için de geçerlidir. Çelik, genellikle yüzde 1 veya daha az karbon miktarına sahip demir alaşımıdır; dolayısıyla saf dövme demirle dökme demir arasındaki karbon içeriğinin ortasında yer alır. Tunç gibi çelik alaşımı da saf metalden daha serttir. Çeliğin doğru özellikleri karbonun içeriğini değiştirerek ayarlanabilir: Yumuşak ama sert düşük karbonlu çelikten sert ama kırılğan yüksek karbonlu çeliğe kadar. Metal işçileri yüzyıllar boyunca istenen miktarda karbona ulaşmak amacıyla çeşitli teknikler geliştirdi: Biraz daha fazla karbon emmesi için dövme demiri odun kömürüyle pişirmek veya farklı miktarlarda dökme demiri karıştırmak gibi. Ancak yüksek kaliteli çelik üretmek çok fazla emek gerektirdiği için, bıçak ve kılıçların keskin kenarlarını yapmak veya saat yaylarına benzer, esneklik gerektiren küçük parçaları üretmek gibi çok önemli uygulamalarda kullanıldı.

Bugünkü ucuz, seri üretilen çelik çağıımız, 1850'lerde karbonun pik demirinden* ayrıştıran basit bir yöntemin geliştirilmesiyle başla-

* Yüksek karbon içeriğine sahip demir. (Y.N.)

dı. Bessemer işlemi*, ergimiş pik demirini uzun bir kazanda tutmayı ve sonra da sıvı metale doğru hava üflemeyle içerir. Bu, karbonu yakıp kül eder ve diğer yabancı maddeleri yok eder, aslında saf demirden boş bir sayfa yaratır. Böylece üretilen çeliğin içine, hangi oranda isteniyorsa o miktarda, hesaplanmış ölçüde karbon yeniden karıştırılabilir. Bu icat, beş ton çeliğin işlenmesi için gereken süreyi bir günden yaklaşık on beş dakikaya kadar azaltarak³⁶ çelik üretiminde bir patlamaya yol açtı ve maliyeti önemli ölçüde düşürdü. Dolayısıyla geç Sanayi Devrimi, toplumu çok daha madenî bir dünyaya dönüştürdü. Bugün çelik, ev eşyaları ve aletler, araçlar, makineler, demiryolu rayları, gemiler ve arabalara kadar her yerde ve her şeyde bulunuyor. Aynı zamanda betonu ve gökdelenlerin ana yapısını güçlendirmek için de çeliği binalarımızın yapısal iskeleti olarak kullanma noktasına da geldik.

Böylece Demir Çağı, insan yerleşkelerinde, tarımda ve savaşta nasıl devrim yarattıysa, modern dünyamız da kendi alışımı olan çelikle inşa edilmiştir. Fakat bu demir nereden geldi?

Yıldızların Demir Kalbi

Sonuç olarak, dünya üzerindeki bütün demir, –yerkabuğundaki kayalardan, damarlarınızda oksijen taşıyan kırmızı renkli hemoglobine kadar– yıldızların çekirdeğindeki nükleer füzyon tepkimelerinden gelir. Büyük Patlama’nın yarattığı evren, en basit element olan hidrojeni, biraz helyum ve içine atılan az miktarda lityumu içeriyordu. Periyodik tablomuzdaki diğer tüm elementler yıldızlardaki nükleer füzyon tarafından oluşturuldu – ya tükendiklerinde çekirdekleri

- Sir Henry Bessemer (1813-1898): 1856’dan 1950’ye kadar neredeyse yüz yıl boyunca çelik yapımında en önemli teknik haline gelecek işlemi geliştiren, dönemin en önemli mucitlerinden biridir. İşlemin temel prensibi, karbon içeriğini azaltmak ve yabancı maddeleri (karbon ve silisyum gibi) uzaklaştırmak için erimiş demire hava üfleterek oksijenin karbonla reaksiyona girmesini sağlamaktır. Böylece karbondioksit açığa çıkar ve daha saf bir demir elde edilir. Bessemer işlemi, erimiş pik demirden çeliğin seri üretimi için geliştirilen ilk ucuz, endüstriyel işlem ve yapısal mühendislik alanında devrim yarattı. (Y.N.)

içinde piştiler ya da büyük yıldızlar yaşamlarının sonunda patladığı zaman ortaya çıktılar.

Demir, yıldız katili bir elementtir. Hidrojen füzyonu tarafından yeterince helyum üretildiğinde bu “kül” büyük yıldızların çekirdeğinde birikir ve bu daha sonra karbon, oksijen, sülfür, silikon, son olarak da nikel ve demir gibi ağır elementler oluşturmak için tepki verir. Demir en kararlı elementtir ve onu eriterek daha fazla enerji serbest bırakılamaz. Dev yıldız artık dış katmanlarını tutacak kadar enerji üretmeden, süpernova olarak bilinen son derece güçlü bir olayla patlamadan önce kendi çekirdeğinin içine çöker. Bu son füzyon patlaması periyodik tablonun daha ağır elementlerinin çoğunu yaratır ve tüm bu atomları evrene dağıtır. Örneğin alyanstaki altın, akıllı telefondaki nadir toprak metalleri*, bir kilisenin çatısındaki kurşun ve nükleer bir enerji santralindeki uranyum gibi diğer bazı önemli elementler nötron yıldızlarının şiddetli çarpışması tarafından üretilir.³⁷ Dolayısıyla sadece gezegenimiz değil, aynı zamanda vücudumuzun molekülleri de yıldız tozundan oluşur.³⁸

Yeryüzü yaklaşık 4,5 milyar yıl önce ilk güneşin etrafında dönen bir toz ve gaz diskinden oluştu. Toz zerrecikleri giderek daha da büyüyen kaya öbekleri içinde birleşerek, taneleri oluşturmak için bir arada kaldı ve bunlar çekim kuvvetiyle birbirine eklenerek gezegenimizi oluşturdu. Tüm bu etkilerin ısısı başlangıçtaki yeryüzünü eritti ve yoğun demirin çoğu, arkasında silikat açısından zengin kalın bir manto tabakası bırakarak, yavaşça soğuyan ve ince bir kabuk oluşturmak için üst tarafı katılaşmış olan çekirdeğin içine battı. Siderofil (“demir-seven”) olarak bilinen pek çok diğer metal, demirde kolayca çözünür, böylece yeryüzünün mantosundan temizlenir ve demir batarken çekirdeğe doğru sürüklenirler. Sonuç olarak yerkabuğu kayaları altın, gümüş, nikel ve tungsten gibi siderofil elementler ve kısa bir süre sonra geleceğimiz platin grubu metaller açısından yoksullaşmıştır. Tarih boyunca gözümüzü diktiğimiz değerli altın, gezegen demir çekirdeğine ve silikat mantosuna

* Rare Earth Metals (REM). (Ç.N.)

doğru farklılaştıktan sonra asteroit çarpmaları sonucu yeryüzüne ulaştı.^{39*}

Dünya'nın demir kalbi yeryüzünün manyetik alanını oluşturmaya da hizmet eder. Gezegenimizin dış çekirdeğinde çalkalanan ergimiş demir akıntıları bu alanı tıpkı bir dinamo gibi üretir. Bu alan, 11. yüzyıldan beri yön bulmak için pusula kullanan, önce Çinliler sonra Müslüman ve Avrupalı denizciler (ve bizden çok daha önce yeryüzünün manyetik alanını hissederek göç eden hayvanlar) için büyük öneme sahiptir. Daha da önemlisi, bu manyetik koza, Güneş'ten fıskıran parçacıkların akışını savuşturmak –“Güneş Rüzgârı” olarak adlandırılır– ve böylece uzaya savrulan dünya atmosferini korumak için bir saptırıcı kalkan** gibi hareket eder. Dolayısıyla yeryüzündeki karmaşık yaşam biçimlerinin varlığı bu sıcak demir çekirdeğe bağlıdır: Kanınızdaki demir sizi sadece nükleer demirhanelerinde yaratan antik yıldızlara değil; aynı zamanda dünyamızdaki yaşamı koruyan manyetik kalkana da bağlar.

Dünya'daki demirin tamamı çekirdeğe batmadı: Hâlâ kabukta en bol bulunan dördüncü elementtir ve ortalama olarak tüm kayaların ağırlığının yüzde 5'ini oluşturur. Ancak insanlığa yararlı olması için demir, madenlerden çıkarılıp eritilebilen zengin cevherler içinde birikmiş olmak zorundadır. Bu bizi gezegenimizin tarihindeki çok özel bir âna götürür.

* İnsanlığın çağlar boyunca altına atfettiği değer sadece yer kabuğunda nadiren bulunmasından kaynaklanmıyor. Altın reaktif değildir ve bu yüzden bir cevherdeki diğer atomlara bağlanmayan doğal arı metal olarak ortaya çıkar ve bir kaya yüzeyinden parıldarken ya da bir nehir yatağında aşınma sonucunda biriken benekler halinde görülebilir. Bu donuklaşmadığı anlamına da gelir; ışık saçan parlıtısı donuk değildir, altın mücevher ne cildinizin nemiyile tepkimeye girer ne de paslanır; o zenginliğin değişmez deposudur. Diğer metaller sade, renksiz, gümüşümsü bir parlaklığa sahipken, altın da kendi rengine özgü bir parlıtıya sahiptir. Hem asil tepkisizliği hem de rengi aslında Einstein'ın göreliliğinin etkileridir. Altın atomunun en dıştaki elektronu, ışık hızının çok küçük bir kısmında hareket eder ve bu yüzden görelilik sayesinde kütlesi daha da büyüyerek çekirdeğe daha çok yaklaşır. Bu durum hem kimyasal tepkimeler için kullanılabilirliğini azaltır hem de mavi ışığı emmesine neden olur; böylece sıcak, altın rengini almak için kırmızı ve yeşili yansır.⁴⁰

** Deflektör. (Ç.N.)

Dünya Paslandığında

Tarih boyunca dünya çapında çıkarılan demir cevherinin hemen hemen hepsi, yeryüzünün gelişiminde olağandışı bir dönemde oluşan bir kaya türünden gelir. Bantlı Demir Formasyonları veya BDF'ler* kullandığımız demir cevherinin açık ara en büyük oranını meydana getirmiştir. Her oluşum yüzlerce kilometre uzunluğunda, birkaç yüz metre kalınlığında olabilir ve en iyi cevherler yüzde 65'ten fazla demir içerir.⁴¹ Adından da anlaşılacağı gibi, her şerit bir milimetre ve birkaç santimetre kalınlığı arasında olmak üzere ayırt edici çizgili bir görünüme sahiptir. Demir oksit cevherlerinden –hematit ve manyetit– oluşan katmanlar çört ve şist kayaları arasında yer alır.

Bu katmanlar neredeyse hayal edilemeyecek kadar yaşlıdır. Bantlı Demir Formasyonları'nın büyük çoğunluğu, 2,2-2,6 milyar yıl önce⁴² gezegenimizde ilk kıtaların oluştuğu sıralarda, dünya çapında nispeten kısa bir süre içinde ortaya çıkmıştır.^{**43}

Gerçek şu ki bütün dünyadaki demir cevherinin yeryüzü tarihindeki hemen hemen aynı âna tarihleniyor olması bu noktada geze-gene çok ama çok şiddetli bir şey olduğunun göstergesidir. Antik okyanus yataklarında uzanan BDF'ler ve onların şeritleri başlangıç-taki istikrarsız koşulları ortaya koyar. Cevher, normal deniz çamuru birikimi dönemleriyle dönüşümlü olarak, deniz tabanına doğru yağ-an demir minerali tanelerinden oluşmuş hafif bir serpinti halinde tortulaştı. İlginç olan şey, bugün demirin deniz suyunda sadece hızla gözden kaybolan küçük yoğunluklarda çözünmesi. Peki denizlerden gelen tüm bu demir 2,4 milyar yıl önce nasıl verimli bir dönemde birikmişti? O zamanlar farklı olan neydi?

Eğer BDF'nin zamanına doğru yolculuk ederseniz gerçekten yabancı bir dünyayla karşılaşsınız. Genç yeryüzünün içi henüz bu-

* Banded Iron Formation (BIF). (Ç.N.)

** Minnesota ve Ontario arasında uzanan Superior Gölü'nün yanında uzanan Gunflint ve Rove oluşumlarını üreten ikinci bir küçük BDF püskürmesi yaklaşık 1,8 milyar yıl önce meydana geldi.

günkünden çok daha sıcaktı ve dizginlenemez bir volkanizma etkin durumdaydı. Gezegeni kaplayan okyanus sadece volkanik adalar ve ortaya çıkmaya başlayan küçük kıtalar tarafından bozulmuştu. Güneş'ten gelen mor ötesi radyasyon aşağıdaki çorak yüzeye doğru ışıyordu. Gökyüzü muhtemelen kalıcı olarak hastalık sarısı, puslu bulutlarla kaplı, hava azot ve karbondioksitle doluydu. En önemlisi, oksijen yoktu, kendi gezegeninizde dolaşmak için bir uzay giysisine ihtiyacınız vardı.

Bugün oksijen, aldığınız her nefesin tam beşte birini oluşturuyor ama yeryüzü yaşamının ilk yarısında, atmosferde ve okyanuslarda oksijen gazı yoktu. Havadaki ve deniz suyu içinde çözünmüş olan oksijen, canlı yaşam tarafından oraya konuldu.

Bazı organizmalar karbondioksiti hücreleri oluşturan organik moleküllere dönüştürmek için Güneş ışığındaki enerjiyi toplayabiliyor ve bu süreçte oksijeni atık gaz olarak serbest bırakmak için suyu, H_2O , ayrıştırıyor. Bu biyolojik kimya fotosentez olarak bilinir ve hücrenin inanılmaz derecede kendi kendine yeterli olmasını ve ihtiyacı olan her şeyi sadece ışık, karbondioksit ve diğer birkaç çözünmüş besin maddesinden üretmesini sağlar.

Fotosentez ve oksijen salınımı yeteneği geliştiren bu tür hücreler siyanobakteriler olarak bilinir.⁴⁴ Güneş banyosu yapan daha karmaşık tüm yaşam formları –diatomeler*, algler, deniz yosununun yanı sıra karadaki tüm bitki ve ağaçlar– bu yeteneği, tek hücreli atalarının siyanobakterileri kendi içlerine aldığı, yaklaşık bir milyar yıl önceki çok önemli bir evrimsel olaydan miras aldı. Bu küçük erken dönem siyanobakterileri, ilk denizlere akın etti ve fotosentetik makinelerinden egzoz dumanı olarak oksijen saldı, bu işlem sonunda tüm gezegeni oksijenlendirdi. Antik kayalardaki değişimi inceleyen jeologlar, Büyük Oksidasyon Olayı (BOO)** olarak bilinen ve 2,42 milyar yıl önce oksijen seviyelerinde yaşanan ilk artışın keskin

* Silisli sert kabukları olan, çok çeşitli şekillere sahip küçük, tek hücreli algler. Koloni halinde yaşarlar. (Y.N.)

** Great Oxidation Event (GOE). (Ç.N.)

bir işaretini görebilirler. İnsanın nefes alması için hâlâ çok düşük olan, belki de sadece bugünün yüzde birkaçına yükselen bu oksijen seviyelerinin görülmesi⁴⁵ yeryüzünün kimyası ve yaşamın gelişimi üzerinde derin etkiler yarattı. Gerçekten de BOO gezegen tarihindeki en belirleyici devrimdir.⁴⁶

Büyük Oksidasyon'dan kısa süre sonra, yaklaşık 2,2-2,3 milyar yıl önce, yeryüzü gezegenimizin tarihindeki en uzun ve muhtemelen en şiddetli buzullaşma aşamasına girmiş gibi görünüyor. O zamanlar Güneş bugünkünden yüzde 25 daha karanlıktı ve yeryüzünün, yüzeyindeki suyu sıvı halde tutmasına yetecek kadar sıcak kalması için kendisini yalıtacak güçlü bir sera etkisine ihtiyacı vardı. Antik atmosfer, ciddi miktarda, güçlü bir sera gazı olan metan içerirdi ama artan oksijen metanla tepkimeye girip gezegeni onu ısıtan örtüden etkili bir şekilde sıyrıp ortadan kaldıracaktı. Sıcaklık büyük bir hızla düştü ve kalın buzun neredeyse gezegenin tüm yüzeyini kapladığı, Kartopu Dünya lakabı takılan küresel buzullaşmaya neden oldu.⁴⁷ Yeryüzü devam eden volkanik aktivitenin atmosferde büyük çözülmenin başlaması için yeterli karbondioksiti biriktirmesine kadar on milyon yıl boyunca bu beyazlatılmış durumda kilitli kaldı.⁴⁸ Yeryüzündeki yaşam için volkanizmanın en önemli yararlarından biri, gezegeni bu tür derin buzullaşmalardan korumasıdır.*

Büyük Oksidasyon Olayı sırasında etrafta bulunan birçok mikroorganizma, reaktif oksijen gazı ile baş edemedi ve bu zehirli kirlilik tarafından yok edildi: Etkili bir oksijen soykırımıydı. Yeni dünya düzeninde hayatta kalabilmek için; organizmalar –hücresel atalarımızın yaptığı gibi metabolizmalarından daha fazla enerji açığa çıkarmak için reaktivitesinden yararlanmanın yollarını geliştirerek– ya bu zehirli gazın varlığından kurtulmak üzere evrimleşmeli ya da deniz

* Havada oksijen birikmeye başlamadan önce, atmosferin yükseklerindeki oksijenden oluşan ozon tabakası yoktu ve böylece Güneş'ten gelen zararlı mor ötesi radyasyon gezegenimizin yüzeyine akacaktı. Bu yüksek enerjili ışık aynı zamanda atmosferdeki kimyasal reaksiyonları da etkileyerek küçük hidrokarbon damlacıkları oluşturacak, yeryüzünün ilk dönemlerini dumanlı bir fotokimyasal sisle örtecekti. Ancak havada biriken oksijen bu sarımsı sisle tepkimeye girerek onu temizledi ve gökyüzü maviye döndü.

tabanındaki çamur veya yeraltı derinlikleri gibi oksijenin nüfuz etmediği تنها habitatlarla sınırlı kalmalıydı. *

Ancak hayvanlar ve bitkiler gibi daha karmaşık çok hücreli canlılar hayatta kalmak için oksijene ve onun yanında gezegen yüzeyini zararlı mor ötesi ışıklardan koruyan bir ozon tabakasına bağımlıdır. Her ne kadar reaktif oksijen gazıyla zehirlenmiş ya da oksijensiz sığnağa sürgün edilmiş çok sayıda organizma olsa da Büyük Oksidasyon Olayı gezegendeki tüm karmaşık canlı yaşamının önünü açtı. Sonunda hayvan yaşamının ortaya çıkması için yeterli atmosfer seviyeleri yaklaşık 600 milyon yıl önce bugünkü değerlere yaklaştı.

Bu da bizi dünyanın dört bir yanında ortaya çıkan Bantlı Demir Oluşumları'nın yaratılmasına geri getiriyor. Oksitlenmiş demir suda zar zor çözünür – bu da günümüzün iyi oksijenli okyanuslarında demirin neden bu kadar az olduğunu açıklar. Ancak demirin indirgenmiş hali çok iyi çözünür. Bu yüzden Büyük Oksidasyon Olayı'ndan önce yeryüzünün ilk dönemlerinde sualtı volkanlarından veya nehirlerde yıkanan aşınmış kara kütlelerinden serbest kalan demirin indirgenmiş, çözünebilir biçimi okyanuslarda çok yüksekti. Büyük Oksidasyon sırasında, siyanobakteriler okyanuslarda yavaş ama emin adımlarla çoğalarak yüzey sularını oksijenlendirdi. Okyanus derinlikleri oksijensiz kaldı ancak bu nedenle çözünmemiş demir açısından bugünün denizlerine göre yaklaşık iki bin kat daha zengindi. Fakat derin sular ne zaman sığ deniz sahanlıklarına itildiyse oksijenle karışıyordu, demir oksitlendi ve artık çözünmüş halde kalamayıp deniz tabanına yerleşerek Bantlı Demir Formasyonları'nı meydana getirdi. Yani gezegen paslandı. Bugün ve tarih boyunca madenlerden çıkarılan demir cevherinin neredeyse tamamı 200 milyon yıl süren Büyük Oksidasyon Olayı içinde, 2,42 milyar yıl önce BDF'ler halinde oluştu. Bu yolla bugünün mavi gökyüzü, ciğer dolusu solu-

* Çok daha sonraları evrimleştiklerinde hayvanlar, kendi vücutlarında yeni oksijensiz sığınklar oluşturdular. Oksijensiz yaşayan mikroplar gelişmesine izin veren ve sonradan her iki uçundan saldırdığı metanı üreten antik metabolizmasını çalıştıran inek gibi bir geviş getirenin oksijenden bağımsız işkembesi, yeryüzünün ilk zamanlarındaki küçük hava boşluğunu yeniden yaratır.

duğumuz hayat veren hava ve bin yıldır uygarlığımızın kullandığı aletleri sağlayan demir birbirleriyle derin bir bağlantı içindedir. Bunun yanında oksijenin başka bir faydası daha var: Ateşten faydalananımızı sağlar.

Gezeğenin tarihinin yüzde 90'ı boyunca Dünya'da hiç ateş olmadı. Volkanik patlamalar varken, atmosferde yanmayı sürdürmek için yeterli miktarda oksijen yoktu.* Böylece oksijendeki artış sadece Dünya üzerinde daha karmaşık canlı yaşamının gelişmesine izin vermekle kalmadı, aynı zamanda insanlığa bir araç olarak ateşi verdi. Onu ilk olarak gecenin soğukunu ve yırtıcıları uzak tutmak, yemek pişirmek ve arazi açmak için kullandık. İnsanlık daha sonra kili sert seramik çömleklere veya tuğlalara dönüştürmek, cam yapmak ya da aletler için metal eritmek amacıyla ateşin dönüştürücü ısısından nasıl faydalanacağını öğrendi. Bugün ateşi, elektrik üretmek ve geniş kapsamlı sanayi süreçlerini işletmek için kullanıyor, arabalarımızın motor silindirlerindeki küçük alev patlamalarından yararlanıyoruz. Günümüzde, bir kamp ateşinin etrafında kıvrılıp yatan Paleolitik atalarımız kadar biz de tamamen ateşe bel bağlıyoruz, sadece onu modern dünyanın sahne arkasına gizledik.

Cebinizdeki Periyodik Tablo

Antik dünyada, tunç aletlerde bakır ve çinko; çelik aletlerle silahlarda demir; sıhhi tesisatta kurşun; dekorasyon, mücevher ve para biriminde altınla gümüş gibi değerli metaller de dahil olmak üzere, toplum genelinde sadece bir avuç farklı metal kullanılmıştır. Bu metaller modern dünyada önemli olmaya devam etmektedir ve gerçekte biz hâlâ Demir Çağı'nda yaşıyoruz. Demir ve özellikle onun alaşımının içine karıştırılmış hali olan çelik, bugünün sanayileşmiş uygarlığı tarafından kullanılan tüm metallerin yaklaşık yüzde 95'ini oluşturur. Diğer metaller hâlâ çok önemli ama onları kullandığımız

* Fosil kayıtlarında orman yangınlarının bir göstergesi olan ilk belirtileri, atmosferdeki oksijen seviyesinin ilk kez yüzde 13'ün üzerine çıktığı 420 milyon yıl öncesine kadar görünmüyor.⁴⁹

alanlar büyük ölçüde değişmiş durumda. Mesela bakır ilk olarak Tunç Çağı'ndaki alet ve silahlar için önemli bir alaşım bileşeni olarak kullanılmıştır ancak demir eritmenin gelişmesi ve bu üstün metalin kullanıma uygunluğu sonucunda önemi ve ticari değeri azalmıştır. Ancak son iki yüzyılda, elektriği iyi ileten ve elektriğe bağımlı modern dünyamızın kablolarını sağlayan, nispeten bol bulunan bir metal olarak bakır yeniden çıkmıştır. Aynı Tunç Çağı metalini kullanıyoruz ama tarih boyunca teknolojik değişimi belirterek şimdi farklı özelliklerinden yararlanıyoruz.

Yeni metallerin nasıl kullanılacağını da bulup öğrendik. En önde gelenlerinden biri olan alüminyum gerçekten de yerkabuğunda en bol bulunan metaldir (toplamin yaklaşık yüzde 8'i) fakat onu kayalık cevherinden ayırmak çok ama çok zordur. 19. yüzyılın sonuna kadar ergimiş cevherinden elektrik akımı geçirerek ucuz seri üretim yapmayı öğrenemedik. Daha sonra bir yapı malzemesi ve gıda ambalajı olarak yaygın biçimde kullanılmaya başlandı. Özellikle alüminyum çok hafiftir, bu yüzden Birinci Dünya Savaşı'ndan itibaren havacılığın yaygınlaşmasıyla birlikte kendini göstermiştir. Fakat son on yıllar içinde teknolojik toplumumuzda kullandığımız metallerin sayısında gerçek bir patlama yaşandı.

Şu anda üstünüzde kaç çeşit metal olduğunu sanıyorsunuz? Bir avuç mu? Bir düzine mi? Bugün yalnızca bir tek taşınabilir elektronik cihazın içinde 60'tan fazla farklı metalin kullanıldığını duyunca şaşırabilirsiniz. Bunlar bakır, nikel ve kalay gibi baz metalleri, kobalt, indiyum ve antimon gibi özel amaçlı metalleri ve altın, gümüş ve paladyum gibi değerli metalleri içerir.⁵⁰ Her biri kendine özgü elektronik özellikleri için ya da hoparlör ve titreşim motoru kullanılan küçük, güçlü mıknatıslar için kullanılır. Akıllı telefonunuzda bir dizi ametal element bulunur; plastiklerde karbon, hidrojen ve oksijen; alev geciktirici olarak brom ve mikroçip yonga levhası olarak silikon. Mevcut 83 kararlı (radyoaktif olmayan) elementin yaklaşık 70'i akıllı telefon gibi günlük bir tüketici cihazı yapımında kullanılır.⁵¹ Bu da periyodik tabloda mevcut olan tüm elementlerin yaklaşık yüzde 85'ini cebinizde taşıdığınızı anlamına gelir. Bu kadar çok sayıda metali kullanan tek alan elektronik değildir. Bir güç istasyonunun ya da

bir uçağın jet motorunun türbinlerinde bir düzineden fazla metali karıştıran yüksek performanslı alaşımlar kullanılır ve –modern tıbbi ilaçlar yapanlar da dahil olmak üzere– kimya endüstrisindeki tepkime hızlandırıcı katalizörler için 70’ten fazla farklı metalden yararlanılır. Yine de çoğunluğumuz bu önemli metallerin ve ilginç isimleri olan –tantal, itriyum veya disprosiyum gibi– elementlerin çoğunu asla duymamıştır bile.

Faydalandığımız metal çeşitliliğindeki bu genişleme şaşırtıcıydı. Bugün mikroçipler yaklaşık 60 farklı metal içerirken, 1990’larda bu sayı sadece 20 civarındaydı.⁵² Mesela indiyumu ele alalım. Bu metal 1863 yılında keşfedildi ve İkinci Dünya Savaşı’nda aşınmaya karşı korumak amacıyla uçak motorlarındaki rulmanları kaplamak için kullanıldı. Fakat 1990’larda ince bir indiyum-kalay oksit katmanının ekranlarımıza eklenmesine kadar yaygın bir şekilde kullanılmayan indiyum, nadir görülen bir özellik bileşimini kullanır – metal oksit hem saydam hem de elektriksel açıdan iletkenidir. Günümüzde indiyum, düz ekran televizyonlarından dizüstü bilgisayarlara kadar, özellikle de modern akıllı telefonların ve tabletlerin dokunmaya duyarlı ekranlarında kullanılmaktadır.⁵³ Benzer şekilde, indiyumun ilk birkaç yılı içinde keşfedilen ama yine elektronik çağına kadar herhangi bir yaygın uygulaması olmayan galyum; bugün entegre devrelerde, güneş panellerinde, Blu-ray disklerdeki mavi LED’ler ve lazer diotlarda kullanılmaktadır.

Kulağa ilginç gelen bu metallerin çoğu şu iki gruptan birine aittir: Nadir Toprak Metaller (NTM) ve Platin Grubu Metaller (PGM)*. Bu iki kümenin her birinde bulunan metaller kimyasal olarak çok benzerdir, bu da aynı mineraller içinde yoğunlaştıkları ve ayırıştırma işlemlerimiz tarafından aynı zamanda ayıklandıkları anlamına gelir. Bu yaklaşık iki düzine metal gerçekten günümüzün teknoloji çağını tanımlıyor – yüzde 80’den fazlası 1980’den bu yana kullanılmıştır.⁵⁴ Eğer bunlar teknoloji çağımızın temel bileşenleriyse, gelecekte, yaşadığımız karbon ekonomisinden başka bir döneme

* Platin Group Metals (PGM). (Ç.N.)

geçtiğimizde daha da önemli olacaklardır. Onlar bize hem rüzgâr türbinleri ve elektrikli araçların motorlarındaki jeneratörler için gerekli olan küçük ama güçlü mıknatısları hem de yüksek kapasiteli şarj edilebilir pilleri verecektir.

Periyodik tablonun altıncı sırasındaki 17 nadir toprak metalinin yanı sıra kimyasal olarak benzer elementler olan skandiyum ve itriyum; elementlerin “lantanit”^{*} serisini oluşturur. Aslında yanlış isimlendirilmişlerdir çünkü yer kabuğunda yarım kilogramdan fazlası bulunmayan radyoaktif prometyum dışında, gezegenin kayalarında o kadar da nadir değildirler.⁵⁵ Örneğin lantan neredeyse bakır ve nikel kadar bol ve aslında kurşundan üç kat daha fazladır. Ayrıca tüm NTM’ler altına göre en az 200 kat daha yaygındır.

Yani sorun pek de onların kabuktaki genele yayılan bolluğu değil; çıkarmanın zorluğudur. Gerçek şu ki, nadir toprak metallerinin kimyasal olarak benzer olması ve aynı tür minerallerden oluşması, aynı zamanda saf metaller olarak birbirlerinden yalıtılmalarının da zor olduğu anlamına gelir. Daha da zahmetli olanı, oluştukları kayaların içinde maksimum yoğunlukta olmalarıdır. Diğer birçok metal, belirli jeolojik süreçler tarafından Bantlı Demir Formasyonları veya Cerro Rico’dan geçen ve 8. bölümde göreceğimiz kalın gümüş damarları gibi zengin cevherlerde yoğunlaşmıştır. Fakat NTM’lerin kimyası, yüksek dereceli cevherlere dönüşme eğiliminde olmadıkları, bunun yerine kayaların arasından düşük yoğunluklarda ince bir şekilde dağıldıkları anlamına gelir. Bu nedenle bir bütün olarak çıkarma maliyetini karşılayamayacak değerde oldukları için, bu metallerin madenciliğini yapmak ekonomik açıdan akla yatkın değildir. Böylece, kârlı bir şekilde çıkarılabilir durumdaki nadir toprak metallerinin coğrafi uygunluğu tüm dünyada sınırlıdır. Bugün Hindistan ve Güney Afrika’da küçük miktarlarda çıkarılırlar ancak 1990’lardan bu yana küresel üretimin büyük çoğunluğu Çin’de olmuştur.

* Lantandan lutezyuma kadar 57-71 atom numaralı 15 metalik kimyasal elementi içeren nadir toprak elementlerin ortak adı. (Y.N.)

Altı platin grubu metal –rodyum, rutenyum, paladyum, osmiyum, iridyum ve platin– periyodik tablonun ortasında kümelenir ve NTM’ler gibi kimyasal olarak benzerler. Bu da yine aynı mineral yataklarında birlikte oluşma eğiliminde oldukları anlamına gelir. Ancak nadir toprak kuzenlerinin aksine, platin grubunda gerçekten *değerli* metaller vardır. Bu metaller, yer kabuğundaki en nadir kararlı elementler arasındadır – bir kısmı bakırdan milyonlarca kat daha nadir bulunur. Bu grup içindeki en yaygın elementlerden biri olan platinin üretimi, yıllık 58 milyon ton alüminyum veya bir milyar tonluk demir üretimiyle karşılaştırıldığında, yılda sadece birkaç yüz tondur. İridyum özellikle nadirdir ve yer kabuğunda milyarda bir oranında bulunur: Ortalama olarak bin ton kabuk kayası en fazla bir gram iridyum içerir. Diğer platin grubu metaller (ve altın) gibi, iridyum da demir sever bir elementtir ve sonuç olarak yeryüzünün ilk zamanlarında bulunan hemen hemen tüm iridyum, gezegenimizin çekirdeğini oluşturmak için demirle birlikte iç tarafa doğru sürüklenerek batmıştır.*

PGM’ler yüksek sıcaklıklarda bile kimyasal saldırı ve bozunmaya dayanıklı oldukları için asil metaller olarak da bilinirler. Hem nadir hem de reaktif olmayan platin mücevher için cazip bir malzemedir ve bu değerli metalin yıllık üretiminin yaklaşık üçte biri vücudumuzu süslemeye gider.**

Diğer taraftan, bugün öncelikle mücevher ve ihtiyat akçesi olarak değerlendirilen, sadece yüzde 10’u sanayide ve özellikle elektronik bağlantılarda kullanılan, altın gibi diğer değerli metallerin aksine platin grubu metaller, türbin motorlarından bujilere, bilgisayar

* Ancak demir, çekirdek ve silikon açısından zengin manto ve kabuk içindeki farklılaşma işlemine uğramak için çok küçük olan iridyum asteroitler üzerinde bin kat daha yaygındır. Kretase ve Paleojen jeolojik dönemleri arasındaki sınırı işaretleyen dünya üzerindeki ince kil tabakasında bulunan yüksek miktardaki iridyum, 66 milyon yıl önceki “dinozor katili” kitlesel yok oluş sırasında bir asteroit veya kuyruklu yıldızın yeryüzüne çarptığına dair en güçlü kanıt parçalarından biridir.

** Platin adı İspanyolca “küçük gümüş”ten gelir. Ekvador ve Kolombiya’nın nehir yatağı kumlarında bulunabilen platin, İspanyol bir ordu komutanı tarafından Avrupa’ya ilk kez getirilmeden önce –Kolomb öncesi Güney Amerikalı yerliler tarafından– takı olarak kullanıldığı uzun bir geçmişe sahiptir.⁵⁶

devrelerinden sabit disklere, kalp pillerindeki bağlantılara kadar çok çeşitli kullanışlı uygulama alanına sahiptir.⁵⁷

Platinin çoğunluğu zararlı salınımları azaltmak amacıyla araç egzozlarındaki katalitik dönüştürücülerde ve kimya endüstrisinde hızlandırıcı olarak kullanılır. Bunlar petrol arıtımında, ilaç, antibiyotik ve vitamin yapımında, plastik ve yapay kauçuk üretiminde kullanılmaktadır. Belki de en önemli kullanımı tarım alanındadır. Burada etkin bir şekilde atmosferdeki azotu ayrıştıran bir faaliyet olan suni gübre üretimindeki kimyasal süreçte bir hızlandırıcı olarak hizmet etmektedir.⁵⁸ Günümüzde insan nüfusunun yaklaşık yarısının bu metal yardımıyla beslendiği tahmin edilmektedir.⁵⁹

Platin grubu metallerin aşırı nadir olması, bu elementlerin sadece yerkabuğundaki ortalamadan çok daha yüksek yoğunlukta görüldükleri kayalardan çıkarılabildikleri anlamına gelir. Bu nedenle her nasılsa alışılmadık jeolojik süreçler geçirmiş alanlarla sınırlıdır. Platin grubu bakır ve nikelin belirli cevherleri içinde zenginleştirilmiş olabilir ve bu yüzden sanayi açısından önemli metallerin madencilik faaliyetlerinde bir yan ürün olarak bazı PGM'ler de elde edilmiştir. Kaynaklar arasında, 250 milyon yıl önce Permiyen Dönemi'nin sonunda Sibiry'a Tuzakları'nın patlaması sonucu oluşan tortuların kazıldığı Rusya'nın Norilsk kenti yakınlarındaki madenler ve Kanada'daki Sudbury Havzası yer alıyor (bkz. s. 149-150).⁶⁰ Sudbury Havzası, yeryüzünde bilinen en büyük ve en eski çarpışma kraterlerinden biridir. Bu krater aslında yaklaşık 250 kilometre genişliğindeydi ve 1,85 milyar yıl önce gezegene on kilometre çapındaki bir asteroit çarptığında oluştu. Bakır, nikel, altın ve platin grubu metaller içeren magmayla dolu zemindeki bu devasa delik, daha sonra zengin cevherlerin içinde kristalleşti.⁶¹ Yine de Dünya'da platin grubu metallerin açık arayla en büyük kaynağı Güney Afrika'nın tek bir bölgesidir.⁶² PGM'lerin küresel rezervlerinin yaklaşık yüzde 95'i Bushveld Kompleksi olarak bilinen bölgede ortaya çıkar.⁶³

Bushveld Kompleksi dünyadaki metal açısından en zengin noktalardan biridir. Burası yaklaşık 450 ila 350 kilometre büyüklüğünde ve yer yer dokuz kilometre kalınlığında, geniş bir tabak şeklindeki

volkanik kaya yığınıdır. Yaklaşık iki milyar yıl önce, Bantlı Demir Formasyonları dünya çapında okyanuslarda biriktikten çok kısa bir süre sonra, büyük bir magma kütesinin yüzeyin birkaç kilometre içine girip yeraltında yavaşça soğumasıyla oluşmuştur. Magma soğudukça, farklı mineraller büyük bir katman parçası halinde ayrıldı ve katılaştı. Bu katmanlardan biri diğer kayaların çoğundan önemli ölçüde yüksek seviyede, milyonda on parça platin grubu metalle zenginleştirilmişti ama hâlâ kazılan her ton başına beş gram platin ve paladyum sunmaktadır.⁶⁴ Bu tür nadir PGM'leri yaklaşık bin kat daha yoğun hale getirmek için hangi sıra dışı jeolojik koşulların rol oynadığı hâlâ kesin olarak belli değildir; yine de iki milyar yıl sonra bugün platin grubunun büyük çoğunluğunu elde etmek için bu ince katmanı kazarız.⁶⁵

Tarihsel olarak metaller mekanik mukavemetleri nedeniyle alet ve silah yapımı için kullanılmıştır. Bugün bu metalleri inşaat alanında, enerji üretiminde, taşıma ve sanayi sektörlerinde hâlâ geniş bir yelpazede kullanıyoruz. Aynı zamanda, küresel nüfusun beslenmesine yardımcı olmayı da içerdiğini gördüğümüz kimyasal tepkimeleri çabuklaştırmak için hızlandırıcı olarak ya da modern cihazlarla ilgili elektronik özellikleriyle, bu metalleri şaşırtıcı bir çeşitlilik içinde kullanma noktasına ulaştık. Bakır veya demir gibi antikçağların metalleriyle karşılaştırıldığında, modern yaşamı yöneten bu elementlerin çoğunu dünyadaki kayda değer cevherlerde bulmak çok zordur ve yeryüzü onları bize sadece sıra dışı jeolojik koşullara sahip nadir noktalarda sağlamıştır. Gerçekten de bu bölümde baktığımız metallerin birçoğu artık periyodik tablonun “nesli tükenmekte olan elementleri” olarak kabul edilmektedir.

Nesli Tükenmekte Olan Elementler

Sanayileşmiş dünyanın kaynak açlığını karşılamaya devam etme konusundaki en büyük kaygılardan biri teknolojik açıdan en önemli metallerin gelecekte de kullanılıp kullanılmayacağıdır. Nesli tükenmekte olan elementler arasında bazı PGM'ler, birkaç NTM ve şarj edilebilir pillerde kullanılan en hafif metal olan lityum

bulunmaktadır. İndiyum ve galyum da önümüzdeki yıllarda ciddi bir tehdit altında olduğu anlaşılanlar arasında yer alıyor.^{66*}

Sorun bu elementlerin tamamen yok olacak olması değil, teknolojik uygulamalardaki giderek artan talebin sınırlı arzı büyük ölçüde aşabilecek olmasıdır. Örneğin nadir toprak metallerini ele alalım. Dünyanın, şu anda küresel toplamın yaklaşık yüzde 95'ini sağlayan Çin'in NTM üretimine bu kadar bağımlı hale gelmesi, arzlarının talebi karşılamaya devam etmesini sağlamak konusunda büyük bir endişeye yol açıyor. Bu endişe; birçok durumda doğru işlevi yerine getirecek, bilinen bir alternatif metalin olmadığı gerçeğiyle artmıştır. NTM fiyatları, Çin'in kendi iç talebini ve çevresel hassasiyetlerini gerekçe göstererek ihracat kotasında yüzde 40'lık bir kesintiyi duyurduğu 2010 yılında fırladı. Bu durum tekrar gevşemiş olsa da teknolojilerimiz için çok önemli olan bu elementlerin sürekli tedari-ki konusunda hâlâ büyük endişeler var.⁶⁷

Arz kısıtlamalarının fiyat artışlarına neden olması normal olduğu gibi, diğer kaynakların kullanılması konusunda ekonomik bir dürtü yaratmıştır. Bu nedenle Avustralya, Brezilya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yeni madenler ve arıtma tesisleri açılıyor. Fakat bu tesisler tam olarak faaliyete geçtiğinde bile Çin hâlâ nadir toprak elementlerinin en kıt ve en değerlileri olan ağır NTM'lerin üretimini ne hükmedecektir.⁶⁸

* Bir metal olmasa da helyumun da çok büyük tehlike altında olduğu vurgulanmıştır. Helyum sadece parti balonlarını şişirmek için değil, aynı zamanda ultra soğuk sıvı halinde hastanelerdeki MR tarayıcılarını veya dünyanın dört bir yanındaki bilim laboratuvarlarında kullanılan süper iletken mıknatısları soğutmak için hizmet eder. Helyum aslında evrendeki en bol bulunan ikinci elementtir ama böyle hafif bir gaz olduğu için atomları Dünya atmosferinden uzaya kolayca kaçar. Oysa gaz devi, gezegenler Jüpiter ve Satürn'ün güçlü yerçekimi, helyumun önemli bir kısmını kendi atmosferlerinde tutar. Yeryüzündeki helyum yerin derinliklerinde üretilir. Uranyum gibi radyoaktif elementler bozunduğunda sadece helyum atomlarının çekirdekleri olan ve alfa parçacıkları adı verilen bir radyasyon biçimi salgırlar. Bu helyum, doğalgazla aynı jeolojik koşullar aracılığıyla yeraltında sıkışıp kalır (kendisi de 9. bölümde göreceğimiz gibi petrolle aynı süreçte oluşmuştur) ve böylece helyumun çoğu ticari olarak doğalgaz üretiminde yer yüzüne çıkarılır. Bu şekilde, helyum gazı sadece yerin derinliklerinden çıkarılmış olmaz ama bir çocuğun doğum günü partisinde havada süzülen balonlar bir zamanların hızlı hareket eden radyasyon parçacıkları olan atomlarla doldurulmuştur.

Ancak çok şaşırtıcı başka bir çözüm düşünülmüş durumda. Akıllı telefonunuzun ekranındaki, görünmeyecek kadar ince katmanlarda veya diğer metallerle çok küçük miktarlarda karıştırılarak kullanılan indiyum gibi, ömrünün sonundaki bir cihazın geri dönüşümünü zorlaştıran kıt bulunan metallerin bir kısmı modern elektronik aletlerde kullanılmaktadır. Diğerleri ancak biraz çabayla kurtarılabilir. Modası geçmiş cihazlarımızı tamamen ıskartaya çıkardıktan on yıllar sonra birçok çöp sahası artık bu değerli metallerin gerçek ana damarını barındırabilir. İçindeki gömülü hazine için çöpleri karıştırmak, yani çöp sahası madenciliği ilginç bir olasılık olarak ortaya çıkar. Örneğin Brüksel'in 60 mil doğusundaki bir çöplükte yer alan yapı malzemelerini geri dönüştürüp atıkları yakıtla dönüştürmeyi hedefleyen bir test alanı, aynı zamanda değerli metalleri ayıklayıp geri dönüştürmeyi de amaçlamaktadır. Yakında, test edilmiş dört alanda önemli miktarda alüminyum, bakır ve litium bulunduğu keşfedilen Britanya'da da çöp sahası madenciliği başlayabilir.⁶⁹ Bunun yanında, Japonya'nın yüksek teknoloji çöplüklerinde maden arayıcıları için harika fırsatlar bulunmaktadır. Gömülü atıkların, küresel yıllık altın, gümüş ve indiyum tüketiminin üç katı, platinin de muhtemelen altı katı kadar olduğu hesaplanmıştır. Aslında geri dönüştürülmüş cep telefonlarından oluşan bu yapay cevherler, var olan altın madenlerinden 30 kat daha yoğun altın içeriyor olabilir.^{70*}

Bu bölüm bizi Tunç Çağı'ndan yüksek teknolojik metallerin modern dünyasına getirdi ve hareketli dünyamızdaki belirli jeolojik koşulların bize uygarlıkların kullandığı aletler için nasıl hammadde sağladığını araştırdı. Birbirinden farklı kültürler arasındaki alışverişi

* Platin grubu metallerin doğal yoldan oluşmuş kayalardan tedarik edilmesine ek olması için başka bir ilginç öneri ileri sürülmüştür. Rutenyum, rodyum ve paladyum gibi daha hafif PGM elementleri nükleer reaktörlerde uranyumun atom bölünmesinden elde edilen yan ürünler olarak önemli miktarlarda oluşturulur ve harcanan yakıt çubuklarından ekonomik olarak çıkarılabilir. Bir filozof taşının keşfi yoluyla olmasa da tarihteki simyacıların kavrayışının ötesinde olabilecek anlamlarını kullanan gerçek hayat simyasını (bir elementi başka bir elemente dönüştürmek) temsil eden şey, nükleer füzyonun atomu dönüştüren tepkimeleridir.⁷¹

ve ticareti kolaylaştırmak için sikkelere basılan altın ve gümüş gibi değerli metaller de bir değişim aracı olarak tarih boyunca hizmet vermiştir. En erken uzun menzilli kara ticaret ağlarından biri Avrasya'yı boydan boya geçerek Çin'le Akdeniz'i birbirine bağladı: İpek Yolu.

İPEK YOLLARI VE BOZKIR HALKLARI

Atlantik'ten Pasifik okyanuslarına kadar 12 bin kilometre uzanan Avrasya kıtası, gezegenimizin toplam kara yüzey alanının üçte birinden fazlasına sahiptir ve tarihin en gelişmiş uygarlıklarının çoğuna ev sahipliği yapmıştır. Farklı kültürlerin tekerlekli taşımacılığı, demir eritmeyi, okyanus ötesi ticaret bağlantılarını ve sanayileşmeyi geliştirdiği yer Avrasya'dır. Bu genişleyen kara kütlesi boyunca tarihin seyri iki açıdan tanımlanmıştır: Kıtanın muazzam genişliği boyunca uzanan uzun mesafeli ticaret yolları ve kendi sınırları etrafında büyüyen uygarlıklara meydan okumak için kıtanın içinden sürekli olarak dışarı yayılan göçebe halklar. Bu temaları yaratan; iklim kuşaklarının temel gezegensel nitelikleri ve içlerindeki çevresel şartlardır.

Karşıdaki Karayolu

Orta Avrasya'yı boydan boya geçen uzun mesafeli kara ticareti, Çin'in Orta Asya'dan gelen yeşim taşı ve Mezopotamya'nın Afganis-

tan'dan gelen lapis lazuli* talebini karşılamak için MÖ ilk bin yılda kurulmuştur.¹ Ancak bu uzun menzilli ticaret MS 1. yüzyıldan itibaren önemli ölçüde yoğunlaşmıştır. O zamana kadar biri doğudaki Han Hanedanı diğeri batıdaki Roma İmparatorluğu olmak üzere, geniş Avrasya kara kütlesinin zıt yönlerinde iki büyük güç ortaya çıkmıştı.

Çin'de uygarlık, Yangtze'nin daha güneyine yayılmadan önce Wei Nehri ve Aşağı Sarı Nehir'in kıyıları boyunca başlamıştı.² Çin'in kalbini oluşturan yer güçlü Sarı Nehir ve Yangtze Nehri arasındaki bu ovadır.³ Buğday ve darı daha kuru olan kuzeyde, pirinç ise her yıl iki mahsulün hasat edilebildiği güneyin daha nemli iklim bölgesinde yetişiyordu.⁴ Mısır'ın tarlaları, Nil'in her yıl taşmasıyla yenilenirken, Çinli çiftçiler verimli toprakların lütfunu bir toplu ödeme şeklinde almışlardı. Lös toprağı örtüleri, geri çekilen buzullardan ve çöl bölgelerinden gelen rüzgârlı tozlar tarafından tekrarlanan buzul çağlarının son 2,6 milyon yılında oluşmuştur.⁵ Etkileyici platolar oluşturan bu verimli toprağın birikintileri yer yer 100 metre kalınlığında olabilir ama aynı zamanda aşınmış ve alüvyon ovalarının içinde birikmiştir.⁶ Lös, mineral açısından zengin, gözenekli ve belirgin bir şekilde deve tüyü renginde bir topraktır – gerçekten de Sarı Nehir adını taşıdığı lös tortularında almıştır.**

Modern Çin'in bu tarımsal çekirdeği MÖ 221 yılında, 250 yıllık bir savaştan sonra Çin'e bugünkü adını veren muzaffer Qin Hanedanı tarafından birleştirildi. Mısır gibi, Çin de doğuda Pasifik kıyı şeridi, batıda Tibet Platosu ile Himalayalar'ın misafirperver olmayan dağlıkları ve güneyde yoğun ormanlardan oluşan doğal sınırları nedeniyle bu kadar erken ve uzun süreli politik birleşmeyi tesis etmeyi ve dış tehditlere karşı koruma sağlamayı başardı.⁸ Ana zayıflığı; bir dağ sırası gibi belirgin bir topografik özelliği ile değil, verimli tarım ovalarından Gobi Çölü'ne ve daha sonra Orta Asya'nın kurak otlaklarına yumuşak bir ekolojik geçişle işaretlenmiş olan kuzey sınırıydı.

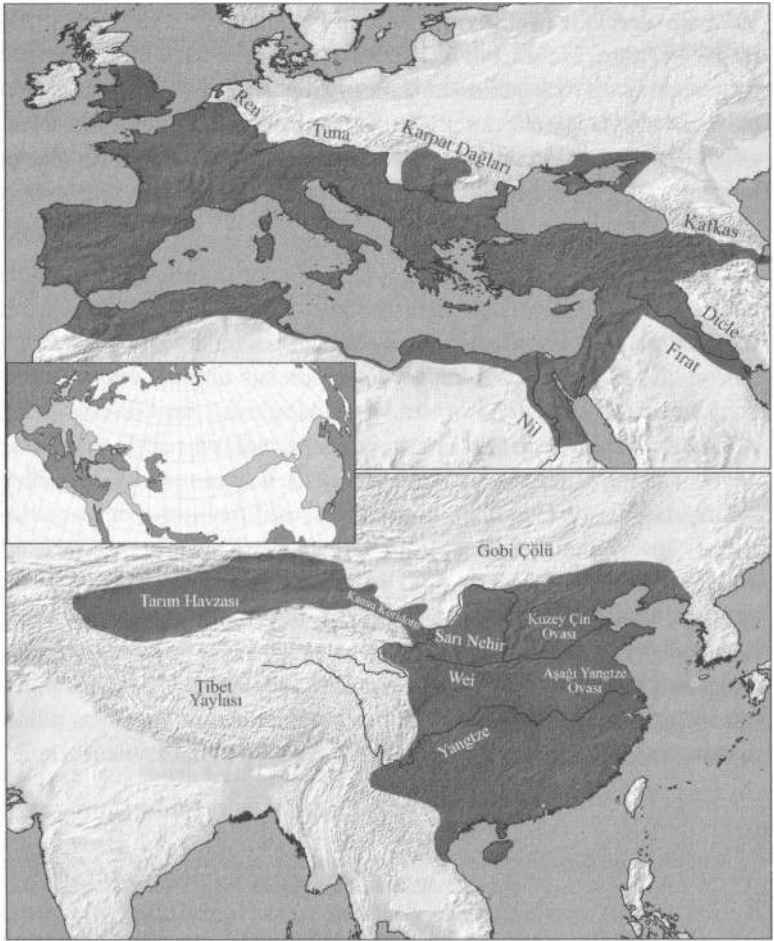
* Eski çağlardan beri mücevher olarak kullanılan, lacivert, yarı opak bir taş türü. (Ç.N.)

** Lös toprakları yeryüzünün en fazla yüzde 10'unu kaplar ama Dünya'nın tarımsal açıdan en verimli arazilerinden bazılarını oluşturur. Çin'deki kalın lös platosunun yanı sıra, Orta Asya'nın bozkır bölgesinden geniş bir lös kuşağı geçer ve Kuzey Avrupa genelinde de bu verimli topraklardan oluşan arazi parçaları vardır.⁷

Yaklaşık olarak MS 100 civarında Han Hanedanı yönetimindeki Çin İmparatorluğu, Gobi Çölü ve Kore Yarımadası'na kadar kuzeye doğru genişledi. Ayrıca, yükselen Tibet Platosu ve Gobi Çölü arasında bir dizi vahayla işaretlenmiş olan Kansu Koridoru'ndan ve Orta Asya'daki ticaret yollarını korumak için Taklamakan Çölü'nü elinde bulunduran Tarım Havzası'na doğru, arazinin hatlarını takip eden uzun bir kolla batıya ulaştı.

Roma İmparatorluğu'nun yayılımı da doğal sınırlar tarafından belirlenmiştir. MS 117'ye gelindiğinde Roma, İtalyan Yarımadası'nın ortasındaki küçük bir kasabadan o dönemdeki dünya nüfusunun yaklaşık beşte birini kapsayan büyük bir imparatorluğa kadar genişlemişti. Bu doruk noktasında, sınırları arazi özelliklerini izleyen Roma İmparatorluğu Akdeniz'i –ya da adlandırıldığı gibi *mare nostrum*, “bizim deniz”, tamamen çevreledi. İmparatorluk batıda İber Yarımadası'nın ve Galya'nın (Fransa) Atlantik kıyı şeridinde ve yukarıya doğru yağmurun süpürdüğü Britanya'ya kadar uzandı. Kuzey sınırları, Avrupa ovalarına doğru yılan gibi kıvrılan Ren ve Tuna nehirlerinin kıyılarında mola verdi. Karadeniz kıyılarına kadar Karpat Dağları'nı izleyen sınır, sonra Kafkasya hattı boyunca ilerledi. Aşağı doğru Mezopotamya'ya ulaşan ve Filistin sahil şeridini dolaşan imparatorluk sonra Nil boyunca yayıldı ve sonunda arazi çölün dayanılmaz tozuna boyun eğene kadar Kuzey Afrika kıyısını izledi.*

* Roma İmparatorluğu'nun bu ölçüde genişlemesinin etkisi tarih boyunca uzun süre devam etmiştir ve izlerini, hâlâ –Katolik, Protestan ve Doğu Ortodoks Kilisesi olarak– modern Avrupa Hristiyan inancının üç biçiminin coğrafi olarak yayılmasında gösterir. 1054'teki Doğu-Batı Hizipleşmesi Hristiyanlığın, papa liderliğindeki Roma Katolikleri ve Konstantinopolis Patriği'nin başkanlığındaki Doğu Ortodoks Hristiyanları olarak iki ana kola bölünmesine yol açtı. İkinci büyük hizipleşme, Protestanlığın 17. yüzyılda Katoliklikten ayrılması, (Roma toprakları dışında kalmış olan) Almanya'da başlayan reformun sonucudur. Avrupa'nın bu üç parçalı bölümü büyük ölçüde iki ana fay hattı boyunca ayrılmıştır. Doğu ve Batı Roma imparatorluklarının etki alanının eski sınırı olan, başkentleri Roma ve Konstantinopolis'e kabaca eşit uzaklıktaki, Katoliklik ve Doğu Ortodoksluğu arasında kalmış ilk bölüm, Macaristan ovaları üzerinden güneye doğru akan Tuna Nehri'ni takip etti. İkinci hat, Roma İmparatorluğu'nun Ren Nehri boyunca uzanan uzun süreli sınırını ve eski Roma sınırının ötesindeki Protestanlığı benimseyen topraklarla birlikte, Latin uygarlığı ile Germen kabileleri arasındaki sınırı takip eder. Geniş fırça darbeleriyle, üç Hristiyanlık eski imparatorluğun sınırlarını takip eder, kendilerini altlarında yatan arazinin doğal sınırları ile tanımlanırlar.⁹



Resim 17 MS 2. yüzyıldaki Roma (üstte) ve Han Hanedanı (altta) imparatorluklarının sınırları doğal özellikleri tarafından belirlenmiştir.

2. yüzyılın başında, Roma ve Han Hanedanı imparatorlukları birçok özelliği paylaştı. Her ikisi de kabaca yaklaşık 50 milyonluk bir nüfusa sahipti ve takriben aynı büyüklükte, dört-beş milyon kilometrekarelik bir yüzölçümünü kaplıyorlardı. Roma İmparatorluğu, kolay iç ulaşım ve ticaret için biçilmiş kaftan olan kendi içdenizi Ak-

deniz'in kıyısı çevresinde kurulmuştur, Çin'in çekirdeği ise güçlü Sarı Nehir ve Yangtze Nehri tarafından sulanan ovalara yayılmıştır. Roma karadan ulaşım için yollar yaptı, Çin ise daha fazla kanal ve her iki uygarlık da barbarları uzak tutmak için istihkam duvarları inşa etti.¹⁰

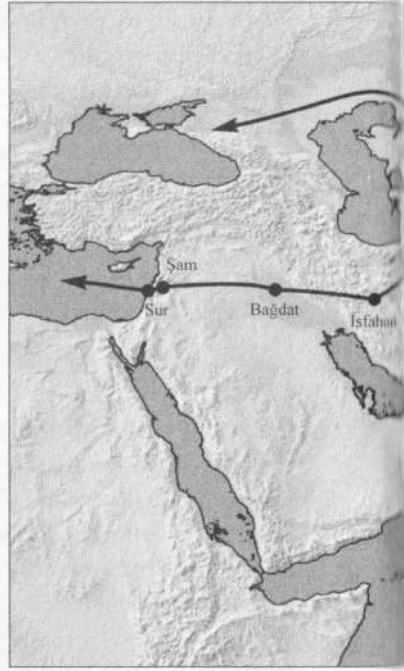
En büyük boyuta ulaştıkları bu noktada Roma ve Han toprakları birleşip Avrasya kıtasının Atlantik ve Doğu Çin Denizi arasındaki tüm alanının dörtte üçünü kapsayacak şekilde genişlediler. Böylece değerli bir mal olan ipek ticareti aracılığıyla bir araya getirildiler.

Çin, kuzey sınırlarının ötesindeki saldırgan Hiung-nu* kabilesine ödeme yapmak ya da atlarını satın almak için ipek kullanıyordu¹¹ ve İran'a çoktan ipek ticareti yapmıştı. Şimdi seçkinlerin Doğu'dan gelen bu güzel kumaşa değer verdikleri Roma'yla birlikte, evden çok uzakta istekli yeni bir pazar buldu.¹² Çin ipeği Doğu Akdeniz'e ilk olarak karayoluyla kervanlarla ulaştı¹³ ama 4. bölümde keşfettiğimiz deniz geçitleri boyunca da ticareti yapıldı: Hint Okyanusu'nu gemiyle geçip Kızıldeniz'den yukarıya, çölü deveyle aşarak Nil'e kadar oradan da tekneyle İskenderiye'ye.^{14**}

Roma-Han eksenli boyunca ticaret, MS 220 yılında Han Hanedanı'nın çöküşü ve Roma İmparatorluğu'nun yavaş yavaş yıkılmasından önce 2. yüzyılın başlarında zirveye ulaştı. Fakat Doğu ve Batı arasındaki ticaret yüzyıllar boyunca devam etti. Bugün Avrasya'nın dış sınırları arasındaki uzun mesafeli ticareti İpek Yolu olarak biliyoruz.

* Hiung-nu ya da Büyük Hun İmparatorluğu. Çin'in kuzey sınırlarını tehdit eden, Avrasya bozkırlarında yaşayan göçebe halklar konfederasyonu. (Y.N.)

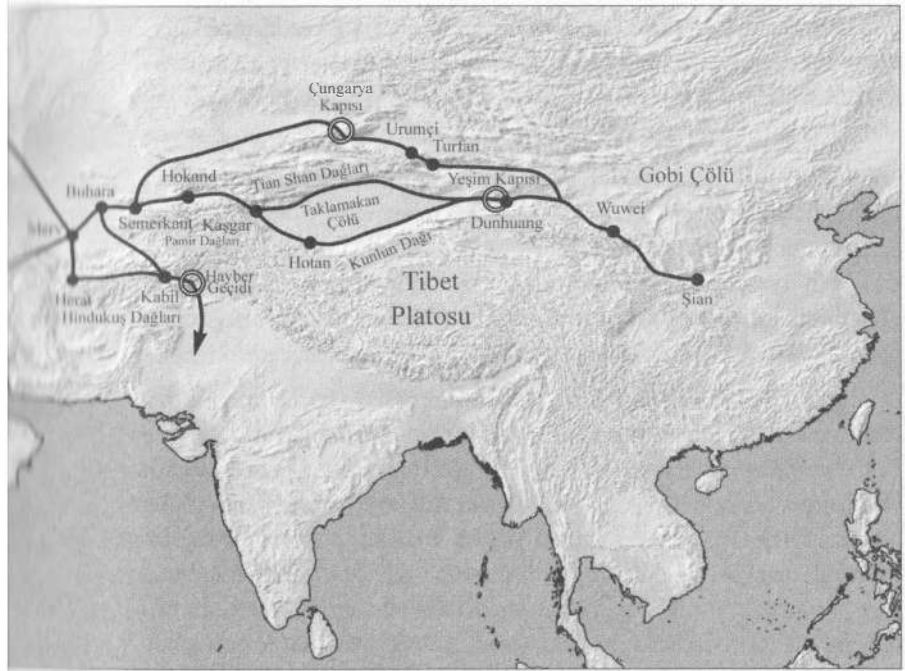
** İpeğin farklı güzergâhlardan gelmesi Romalıların, Seres ülkesinden karayoluyla taşınan ve Sinae'den su yoluyla batıya ulaşan iki değişik bölgeden geldiğine inanmalarına neden oldu.¹⁵ Romalılar ipek ipliğinin nasıl üretildiği konusunda da pek emin değildi, belki de ipek güvesinin tırtıllarının dut yapraklarıyla beslendiği gerçeğinden kaynaklanan bir yanlış anlaşılma yüzünden, ormandaki yapraklar taranarak elde edildiğine inanıyorlardı.¹⁶ Han Çinlileri, Hindistan'dan aldıkları pamuğun doğal kaynağı hakkında benzer bir yanlış anlama yaşadılar, bunun "bazı su koyunlarından taranmış saç"¹⁷ olduğuna inanıyorlardı ve öyle değildi; gerçekte bamyaya ve kakaoya akraba olan bir bitkinin tohumlarını saran yumuşak kabarık liflerdi.



Resim 18 Avrasya boyunca İpek Yolu'nun ana karayolları ve ticaret merkezleri.

Fakat bu yanlış isimlendirilmiş bir terimdir. Hiçbir zaman tek bir yol yoktu, daha çok şehirleri, vaha kasabalarını ve ticaret merkezlerini birbirine bağlayan, tüm Orta Asya'da bir ulaşım ve ticaret ağı oluşturan, geniş bir güzergâh vardı. İpek Yolu'nu genellikle Çin ve Akdeniz'in uzak sınırları arasında kıtalararası bir bağlantı olarak hayal etsek de en az Kuzey Hindistan ve Arabistan'a kadar uzanan güzergâhlarıyla bu uğrak noktaları arasındaki ticaret çok önemliydi.

İpek Yolu'nun tarihi; hareketlerimizi, yaşam tarzlarımızı ve ticaretimizi düzenleyen ve yöneten dünyamızın arazisinin olağanüstü boyutlarını anlatmaktadır. İpek Yolu, yükselen Tibet Platosu ile Gobi Çölü arasında uzanan bin kilometrelik bir geçit olan Kan-su Koridoru boyunca Çin'in kuzey düzlüklerinden geçti. Dunhuang vaha kenti ve Çin Seddi'nin Yeşim Kapısı'nı geçtikten sonra, rota Tarım Havzası'nın ağzına ve bu çöküntüde yatan yorucu Taklamakan Çölü'ne ulaştı. İpek Yolu'nun bir çatalı Tian Shan Dağla-



rı'nın ayakları boyunca kuzeye doğru ilerlerken, diğer geçit Tibet Platosu'yla buluşan çölün güney kenarından dolaştı. Her iki güzergâh da Kaşgar'da tekrar birleşti ve yol daha sonra batıdaki Tian Shan veya güneydeki Pamir Dağları boyunca dağ geçitlerinden geçti. Urumçi ve Tian Shan üzerinden geçen başka bir güzergâh dağların arasından geçmek için Çungarya Geçidi Vadisi'nden faydalanıyordu.

İpek Yolu, Taklamakan Çölü ile Tian Shan Dağları'nı aştıktan sonra vadiler boyunca ilerleyip –Özbekistan, Türkmenistan, Afganistan– Orta Asya çölleri boyunca Buhara, Merv ve Herat gibi vahaları ve ticaret duraklarını birbirine bağladı. Kervan ağının güneye doğru yönelen bir kolu Kabil'e kadar uzanır ve oradan Batı Himalayalar'ın Hindukuş Dağları üzerinden Aşağı İndus Vadisi'ne doğru Hayber Geçidi'nden geçer.¹⁸ Batıya doğru devam eden İpek Yolu, Hazar Denizi'nin güneyinden İran'a geçip Bağdat ve İsfahan gibi bü-

yük ticaret merkezlerini birbirine bağlayarak, Şam'a ve Doğu Akdeniz'in limanlarına ya da kuzeye, malların gemiyle Avrupa'ya taşındığı Karadeniz'e döndü.

Bu trans-Asya ağındaki merkezlerin kesin konumları tarih boyunca farklılık gösterirken, birbirinin ardından gelen imparatorluklar ticareti tercih ettikleri şehirler üzerinden yönlendirmeye çalıştı ama bu geniş güzergâhlar bize "İpek Yolu" dediğimiz muazzam, büyüyen ağ hakkında ortalama bir fikir veriyor. Asya'nın büyük doğu-batı iletişim ağının çoğu belirli bir iklim kuşağından geçti: Çöl.

İpek Yolu'nun özel ortamı, gezgin tüccarların başlarının üstündeki atmosferin görünmez hareketleri tarafından belirlendi. Güneş'e bağlı buharlaşma ve yükselen havanın çok fazla yağışa neden olduğu ekvator çevresinde Amazon, Doğu Hint Adaları, Orta ve Batı Afrika boyunca uzanan, gezegenimizin yoğun tropikal yağmur ormanlarıyla karşılaşırız (1. bölümde gördüğümüz gibi, Doğu Afrika'nın asıl yağmur ormanları, Büyük Yarık Sistemi'nin tektonik yükselmesi nedeniyle kurak savanlarla yer değiştirdi). Ancak zamanla bu hava yüksek irtifada çevrilip ekvatorun yaklaşık 30 derece kuzey ve güneyinde tekrar yüzeye çöktüğünde çok kuru hale geldi ve burada gezegenin yüzeyindeki en kurak bölgeleri oluştu. Bu kuru kuşak Güney Yarımküre'de Avustralya'daki Büyük Sandy Çölü, Güney Afrika'daki Kalahari ve Güney Amerika'daki Patagonya Çölü'nü kapsar. Kuzey Amerika'daki Mojave ve Sonora çölleri, Afrika'da ki Sahra Çölü, kendisi bir çöl olan Arabistan Yarımadası ve Kuzeybatı Hindistan'daki Tar Çölü ise Kuzey Yarımküre boyunca uzanan tıpatıp aynı kuşakta yer alır.

Ancak Güneydoğu Asya'daki düzen biraz daha karmaşıktır. Burada çöl kuşağı muson sistemi ve mevsimsel yüksek yağışlar tarafından bozulur. Tibet Platosu ve Himalayalar'ın Hindistan üzerindeki muson yağmurlarını güçlendiren etkilerini 8. bölümde göreceğiz. Diğer taraftan bu yüksek dağların Pamir, Kunlun, Tian Shan Dağları gibi dalları da Hint ve Pasifik Okyanusları'ndan gelen nem yüklü havanın Orta Asya'ya girmesinin engellenmesinde rol oynar. İpek Yolu'nun aşmak zorunda kaldığı Gobi ve Taklamakan gibi çöllerin

çoğu bu yağmur perdesinin etkisiyle yaratılmıştır, bunun sonucunda Asya'daki çöl kuşağı diğer kıtalara göre ekvator'dan çok daha uzağa yayılır. Bu çöllerin bazıları değişken kum tepeleriyle kuşatılmış olmasına rağmen çoğu yanınızda yeterince su varsa kolayca aşabileceğiniz, çoğunlukla sert, dağılmış çakılla kaplı bir yüzeye sahipti – Taklamakan, Güney Arabistan Yarımadası'nın büyük bir kısmını kaplayan Rubülhali'den sonra dünyanın en büyük ikinci kayan kum çölüdür–.

Yani son 40-50 milyon yıl içinde yaşanan tektonik yükselme sadece Himalayalar'ın geniş yayını ortaya çıkarmakla kalmadı; arkasında çöller de oluşturdu. İpek Yolları'nın baştan başa kat ettiği arazi tanımlayan şey bu çöller ve dağ sıralarıdır. Burada bir hayvan, bu kurak iklim kuşağı boyunca hareket edip doğu ve batı arasındaki ticareti kolaylaştırmaya benzersiz biçimde uygundu: Deve. 3. bölümde gördüğümüz gibi, Kuzey Amerika'da evrimleşti ve birkaç milyon yıl önce bir buz devri sırasında Bering Kara Köprüsü'nü geçerek göç etti. Doğum yerinde yok olurken Eski Dünya'da iki farklı çeşidi geliştirdi: Asya'daki çift hörgüçlü deve¹⁹ (MÖ 3000'lerde evcilleştirilmiştir) ve Afrika'nın daha sıcak çöllerinde yaşayan tek hörgüçlü deve²⁰ (MÖ 2. bin yıl civarında evcilleştirilmiştir). Devenin yorulmadan önce uzun süre çok daha fazla ağırlık taşıyabilmesi ve çok daha az suya ihtiyacının olması, bu kurak bölgelerdeki ulaşım açısından onu at veya eşekten çok daha üstün kıldı.

Sanılanın aksine, develer hörgüçlerinde su saklamazlar, bu aslında bir vücut yağı deposudur. Develer birçok memelinin yaptığı gibi, yağı bir yalıtım tabakasının içinde bütün vücutlarına dağıtmak yerine, hayvanı serin tutarken enerji sağlayan bir yağ deposu olarak hörgüçlerini kullanırlar. Deve çöl hayatına benzersiz bir şekilde uyum sağlamıştır. Kurak bir arazi üzerinde bir hafta ya da daha fazla süren yürüyüşten sonra hiçbir hastalık belirtisi göstermeden vücudundaki suyun yaklaşık üçte birini kaybedebilir²¹ – deve, kanı tehlikeli biçimde yoğunlaşmadan böyle bir aşırı su kaybıyla başa çıkabilir. Deve böbrekleri ve bağırsakları yüksek yoğunlukta üre ve dışkı üretebilir, böylece kuruduğunda ateş yakmak için yakıt olarak kullanılabilir; aynı zamanda diğer türlü soluğuyla dışarıya vereceği nemi geri

alabilir²² ve su bir klimadan düşen damlalar gibi burun deliklerinde yeniden yoğunlaşır. Ayrıca devenin yastıklı ayakları çöl kumları, bataklıklar veya kayaların dağıldığı araziler gibi çeşitli kara parçalarının geçmesine olanak sağlar.²³

Yaklaşık dört bin yıl önce başlayan tütsü ticareti için develer son derece önemliydi. Arabistan, Dünya'nın çöl kuşağı içinde yer alsa da yarımadanın güneybatısındaki dağlar yaz aylarında yağan muson yağmurlarından, nadir bir bitki örtüsü oluşturmaya yetecek miktarda yağış yakalar. Buradaki dağların arasında yetişen küçük çalimsı ağaçlardan buhur ve mür elde edilebilir. Büyüme döngüleri Kızıldeniz'den yukarıya Mısır'a veya Hindistan'a doğru deniz ulaşımını kolaylaştıran mevsimsel muson rüzgârlarıyla uyumlu olmayan bu bitkilerin en iyi hasat zamanı ilkbahar ve sonbahar olduğu için deveyle karadan seyahat etmek çok daha doğrudur. Tütsü taşıyan kervanlar Kızıldeniz kıyılarından Arabistan Çölü'ne, oradan da Sina üzerinden Mısır ve Akdeniz'e kadar indiler ya da doğuya, Mezopotamya'ya doğru yola çıktılar.²⁴

Kuzey Afrika'da deve kervanları yaklaşık MS 300'lü yıllardan itibaren Sahra'yı geçerek²⁵ Sudan altınını Akdeniz'e getiriyordu. Tüccarlar geri dönüşlerinde, sofraya tuzunu (Sahra kururken kaybolan göllerde çökelmiş olan) kumların altından çıkarıp, kanolara yüklenecek nehir yoluyla Afrika'nın derinliklerine götürüldüğü güneydeki ticaret kasabası Timbuktu'ya taşıdılar. 13. yüzyılın başlarında, Nijer Nehri'yle kolları boyunca uzanan verimli toprak kuşağı ve zengin altın sahalarında yapılan madencilikle beslenen Mali İmparatorluğu ortaya çıktı. Timbuktu artık bir kraliyet başkentiydi.²⁶ Altına karşılık tuz ticareti yüzyıllar boyunca devam etti ve değerli metalin gizemli kaynağını bulmak 1400'lerin başında Batı Afrika kıyılarını keşfeden Portekizli denizcilerini harekete geçiren en önemli nedenlerden biriydi (bu konuya 8. bölümde geri döneceğiz).

Develer Asya'nın kurak enlem bölgesini geçen İpek Yolu için de büyük öneme sahiptir. Kayalarla kaplı zemin üzerinde yumuşak toynaklarıyla temkinli hareket eden ve çöllerle yüksek dağ geçitleri arasındaki iklim aşırılıklarına katlanabilen bu hayvanlar burada da çeşitli arazileri birbirine bağlamak için en uygun özelliklere sahiptir.²⁷

Sayısı kolayca birkaç bin hayvana çıkarılabilen kervanlardaki bir deve tek bir pakette 200 kilogram yük taşıyabiliyordu, bu haliyle bir kervan büyük bir yelkenli tüccar gemisine rakip olabilirdi.²⁸ Zorlu kara yolculuğu, genellikle Avrasya ticaret ağı boyunca taşınan şeylerin yüksek değerli ticari mallar olduğu anlamına gelse de, tek ürün ipek değildi.* Biber, tarçın, zencefil gibi baharatlar ve hindistancevizi batıya taşındı. Hindistan pamuk ve inci ticareti yaptı, İran halı ve deri ihraç etti, Avrupa gümüş ve keten gönderdi. Roma yüksek kaliteli cam, Kızıldeniz'den gelen topaz ve mercan ticareti yaptı. Güney Arap Yarımadası'ndan gelen buhurun yanı sıra değerli taşlar ve çivit gibi boyalar da Orta Asya'ya taşındı.³⁰

Ancak İpek Yolu'nun büyük tarihsel önemi sadece ticari mallarla sınırlı değildi. Avrasya'nın güney kıyıları boyunca uzanan deniz ticaret yollarıyla birlikte, bu geniş karayolu ulaşım ağı aynı zamanda fikirlerin, felsefelerin ve dinlerin yayılması için anayollar da sağlamıştır. Matematik, tıp, astronomi ve harita yapımındaki atılımların yanı sıra üzengi, kâğıt yapımı, matbaacılık, barut gibi yenilikler ve yeni teknolojiler bu ticaret yolları aracılığıyla Avrasya halkları arasında yayıldı.³¹ Sadece uzun mesafeler arasında ticaret yapmaya değil insan bilgisinin karşılıklı değiş tokuşuna da olanak sağlayan bütünleşmiş kara ve deniz ağları, kendi zamanının internetiydi.**

Ancak 16. yüzyıldaki Keşifler Çağı'ndan itibaren Avrupalı denizciler tarafından örülen küresel okyanus ağı yüzünden karayoluyla ticaret rekabet dışı kalırken İpek Yolu önemini kaybetmeye başladı. Bir zamanlar dünya üzerindeki en canlı yerlerden olan İpek Yolu ti-

* 550'li yıllarda ipek güvesi yumurtalarının Konstantinopolis'e kaçırılmasından sonra ipek doğu-batı ticaret yolları boyunca daha az önemli hale geldi ve Çin tekeli baltalandı yeni bir ipek endüstrisi başladı.²⁹

** Bu Amerika kıtasının yalıtılmış uygarlıklarının yoksun olduğu bir şeydi. 15. yüzyılın sonunda Avrasya ve Amerika halkları arasındaki temas, Bering Kara Köprüsü son buz devrinin sonunda ayrıldığından beri ilk kez, yeniden kurulduğunda Avrasya uygarlığı bilimsel anlayış ve teknolojik yetenek açısından çok daha gelişmişti. Bu hızlı gelişimin en önemli nedenlerinden biri, kara ve deniz ticaret yollarının sağladığı kolaylık sonucunda bin yıl boyunca paylaşılan bir mirastı.

caret merkezleri telaşını ve parıltısını kaybetti; her ne kadar bugüne Semerkant ve Herat gibi bazı kervan durakları kalabalık nüfuslu şehirler olarak kalmış olsa da, diğer birçok ticaret merkezi sadece kültürel hafızamızda yaşıyor. Artık küresel ticarete hâkim olmaya başlayan yerler kıyı limanlarıydı.

Yine de yüzyıllar boyunca kervanlarıyla dağ geçitlerini ve çölleri aşan İpek Yolu malların, insanların ve fikirlerin hareketi için son derece etkili oldu. Ayrıca kıtanın tarihine silinmez bir iz bırakarak toplumların örgütlenmesinde temel bir fark yaratan şey Orta Asya'nın ekolojik bölgeleri ve arazi yapısıydı.

Ot Denizleri

Dünyanın çevresini dolaşan çöl kuşaklarının Himalayalar gibi sıradağların arkasındaki yağmur perdesi etkisinin yanı sıra atmosferdeki dolaşım yapısının kuru ve alçalan havası tarafından nasıl oluşturulduğunu görmüştük. Ancak gezegenin kutuplarından ekvatora doğru sıcaklık değişimi de katmanlı iklim bölgelerinin bir dizisini ve içlerinde bulunan bağımsız ekosistemleri tanımlar.³² Gezegenimizdeki bu yatay şeritler her iki yarımkürede de bulunur ancak Kuzey Yarımküre'nin sahip olduğu çok daha büyük kara kütlesi nedeniyle daha belirgindir.

Burada kutba en yakın Kuzey Sibirya, Kanada ve Alaska boyunca uzanan en kuzey bölge tundradır. Çok soğuk sıcaklıklar ve kısa bir büyüme mevsimi, etrafa saçılmış cüce çalılardan ve kayalara yapışmış soğuğa dayanıklı likenlerden biraz daha fazlasının hayatta kaldığı kasvetli bir arazi üretmiştir. Buraya yalnızca rengeyiği çobanları veya karibu* avcıları yerleşmiştir.³³

Tundranın güneyinde, yoğun kozalaklı ormanların bir şeridi olan tayga uzanır. Bu yarı arktik ekolojik bölge Kanada, İskandinavya, Finlandiya ve Rusya'nın çoğunu kapsayarak güney sınırında yavaş yavaş Kuzey Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nin yaprak

* Kuzey Amerika'ya özgü bir rengeyiği. (Y.N.)

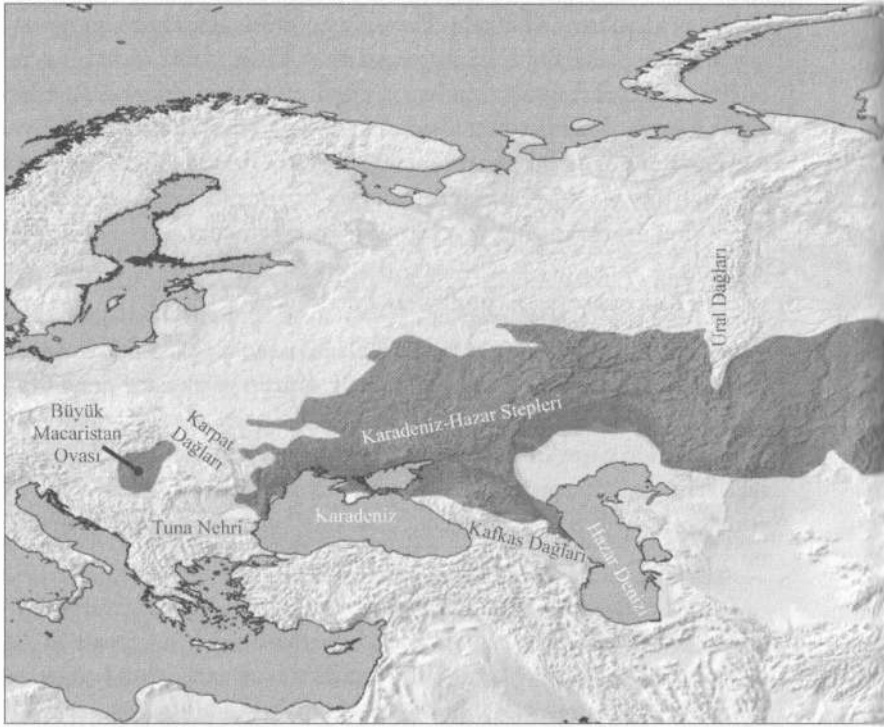
döken ormanlarına dönüşür. Tarım veya hayvancılık için uygun olmasa da tayga vizon, samur, ermin ve tilki de dahil olmak üzere önemli bir kürk kaynağı olmuştur. Modern tarihin erken dönemlerinde kürke olan talep, tuzakçıları bu tayga kuşağına sürükledi ve Moskova'yı büyük bir ticaret merkezine dönüştürdü. 15. ve 16. yüzyıllarda Rusya kürkün peşinde, Sibiryaya boyunca Pasifik kıyısına ve Çin Qing İmparatorluğu'nun kuzey sınırına kadar, doğuya doğru genişledi.³⁴ 17. yüzyılda, Fransız ve diğer Avrupalı tuzakçılar benzer şekilde Kanada ormanlarında ilerlediler.^{35*}

Tundranın güneyinde, tropikal ekvatora yaklaşımdan önce, gezegenimizin iklimi ılıman hale gelir. Kutup ve ekvator arasındaki şeritler gibi düzenlenmiş bu ekolojik bölgeler modeli, tarih boyunca içinde yaşayan insanların yaşam tarzlarını ve ekonomik olanaklarını belirlemiştir. Özellikle bir ekolojik bölge Avrasya'nın iç sınırları etrafındaki uygarlıklar üzerinde kalıcı bir etkiye sahip olmuştur.

Tayga'nın kuzeydeki soğuk iklim kuşağı ile güneydeki çöl zincirleri arasında sıkışmış geniş bir otlak arazisi vardır. Avrasya'da bu ekolojik bölge stepler olarak bilinir ve Kuzey Amerika'nın bozkırlarıyla Güney Yarımküre'de buna karşılık gelen kuşakta görünen Arjantin pampaları ve Güney Afrika bozkırlarıyla birlikte aynı enlem bandında yer alırlar.

Avrasya kıtasal kara kütesinin merkezinden geçen stepler nemli okyanus rüzgârlarından etkilenmezler ve bu yüzden çok az yağış alırlar. Bu onları çoğu ağacın hayatta kalamayacağı kadar kurak hale getirir bu yüzden hâkim bitki örtüsü kuraklığa dayanıklı otlardır. Buna karşılık çim (3. bölümde gördüğümüz gibi, çoğu aslında bu ekosistemde evrimleşmiş olan) çok sayıda toynaklı memeliyi besler. Uzunluğu altı bin kilometreden fazla olan stepler Mançurya'dan Doğu Avrupa'ya kadar geniş bir kuşakta yer

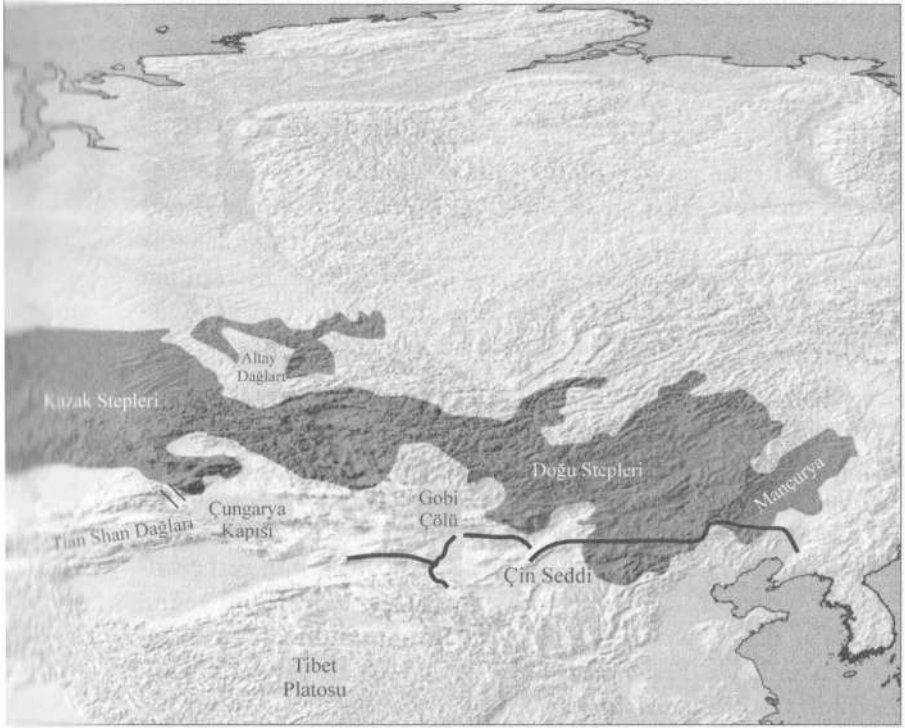
* Bu dönemde, Kuzey Yarımküre'de Küçük Buz Devri olarak bilinen yaygın bir soğuma yaşandı ve bu nedenle ısıtan kürkler çok rağbet gördü. Bugün yargıçların ve belediye başkanlarının kürklu resmi giysilerinde ve hepsi de o zamanlar tasarlanmış olan akademik cüppelerinde bu soğuk dönemin izlerini taşıyoruz.³⁶



Resim 19 Avrasya'nın belkemiğine ulaşan bozkırların ekolojik kuşağı.

alır. Stepler tüm ABD'nin kıtasal alanından daha büyük bir otlak denizidir ama dağ sıraları tarafından dar koridorlar içindeki yerlerde kısıtlanmışlardır, sonuç olarak kabaca üç ana alana bölünebilirler.

Batı veya Pontus-Hazar Stepleri, Karpat Dağları'ndan ve güneyde Karadeniz ve Kafkaslar'la sınırlanmış Tuna Nehri'nin ağzından, Ural Dağları'nın Hazar ve Aral denizlerinin birkaç yüz kilometre içine ilerlediği yere kadar uzanır (Büyük Macaristan Ovası batıda Karpat Dağları'nın ana kuşağından kopan bir otlak adası oluşturur). Orta veya Kazak Stepleri, aralarında İpek Yollarının kuzey güzergâhının geçtiği Çungarya Geçidi'nin bulunduğu Urallar'dan Tian Shan ve Altay Dağları'na ulaşır. Doğu Stepleri, Çungarya'dan



Moğolistan'a ve Gobi Çölü'nün kuzey kıyısı boyunca, Pasifik kıyısının sınırlarını çizen ormanlara ulaşana dek, Mançurya'ya doğru uzanır.*

Stepler insan yerleşimine uygun bir ortam değildir. Sıcaklıklar mevsimler arasında büyük ölçüde değişir. Yazın kurak sıcaklığında 40

* Bugün, seyrek nüfuslu Kazak Stepleri, Rusya'nın, geri dönen mürettebatının bu ot derenin boş düz ovalarına paraşütle inmelerini sağlayan kapsülleri taşıyan roketlerini Baykonur Uzay Üssü'nden fırlatması için mükemmel bir yer sunuyor. Karşılaştırarak olursak, NASA uzay mekiklerini Atlantik üzerinden doğuya doğru fırlatır ve mürettebatının gemiyle kurtarılması için, *space shuttle* önce kapsülleri Kuzey Atlantik veya Pasifik okyanuslarına iner.

santigrat dereceye kadar çıkabilir ve yağmur ağır bir gök gürültülü sağanak halinde yağar.

Kışın bulutsuz gökyüzünün altında stepler sıcaklığın -20 santigrat dereceye veya daha altına düşmesiyle iliklere işleyecek kadar soğuk hale gelir yer kar altında kalır ve uğuldayan rüzgârlar düz araziye süpürür. Fakat en önemlisi, midemizin sindiremediği sert otların ötesindeki çok az bitki örtüsüyle, avcı toplayıcılara sunacak pek bir şeyi olmayan stepler yürüyerek seyahat edenler için aşılmaz bir engel oluşturur. Steplerde hayatta kalmak için hareket kabiliyetinin yanı sıra yiyecek sağlamanın da bir yolunu bulmanız gerekir.

Deve, Dünya'nın çöl kuşağına ideal bir şekilde uysa da Avrasya'nın orta kesiminde uzanan çimenli stepler, at için mükemmel bir yaşam alanı sağlıyordu. Dünya çapındaki atların doğal çeşitliliği 10 bin ila 14 bin yıl önce son buz devrinin kapanmasıyla keskin bir şekilde azaldı. Kuzey Amerika'da at nesli tükendi ve dünya ısınırken Ortadoğu'daki türler de yok oldu. Buz tabakalarının geri çekilmesiyle birlikte Kuzey Avrasya'daki kuru otlakların yerini yoğun ormanlar aldı ve Avrupa'da at, sadece yalıtılmış birkaç doğal merada hayatta kaldı. Fakat Orta Asya steplerinde en yaygın otlayan hayvanlar haline gelen atlar ve onların tek toynaklı akrabaları burada Neolitik kabileler tarafından avlandı. Arkeolojik kanıtlar, diyetlerindeki etin yüzde 40'tan fazlasının tek toynaklılardan geldiğini gösteriyor.

Aslında, atlar ilk olarak ulaşım için değil, yemek için evcilleştirilmişti. Sığırlar, karın üzerindeki otları göremezlerse otlayamazlar ve koyunların hassas burunları sadece yumuşak kar üzerinden beslenmelerini sağlar. Bu nedenle her ikisi de bir kış merasında ayaklarının altı yemle dolu olsa da ayakta durup açlıktan ölmeye eğilimlidir. Ancak at, soğuk otlaklara iyi uyum sağlamıştır; altındaki kış otlarını çıkarmak için buzlaşmış, sıkışmış karı çıkarabilir; içecek için donmuş suyu da toynaklarıyla kırabilir. Aslında insanların atları evcilleştirmeye başlamasını tetikleyen şey Avrasya'ya soğuk kışlar getiren iklim değişikliği olabilir.³⁷ Bu muhtemelen MÖ 4800'lerde Karadeniz ve Hazar Denizi'nin kuzeyindeki steplerde gerçekleştirilmişti.³⁸

İnsanlar hayvanları kontrol etmeyi, onlara binmeyi öğrendi ve bunun tamamen dönüştürücü olduğu kanıtlandı. 3. bölümde gördüğümüz gibi insanlara otları besleyici ete ve süte dönüştürme yeteneği bağışlayan şey koyun ve sığır gibi otlayan memelilerin evcilleştirilmesiydi. Ancak yerleşmiş çiftçilerin hayvancılık için kullanabilecekleri otlakları sınırlıydı ve hayvanları otlatmak hızla yorucu bir hal alabilirdi. Ellerinde uçsuz bucaksız otlaklar bulunan at sırtındaki çobanlar çok daha uzağa gidebilir ve çok daha büyük sürüleri kontrol edebilirdi. Buna ek olarak, MÖ 3300 civarında Mezopotamya'dan öküzler tarafından çekilen kağnıların³⁹ ortaya çıkması, step halkına ihtiyaç duydukları her şeyi yanlarına alma –yiyecek, su, barınmak için çadır– ve sürüleriyle birlikte uçsuz bucaksız otlaklar boyunca serbestçe dolaşma fırsatı verdi.⁴⁰ Toynaklı otobur hayvanlar, hızlı hareket etmeyi sağlayan at biniciliği ve yürüyen evler gibi hizmet veren kağnılardan oluşan bu karma paket, stepleri geniş çaplı insan yerleşimine açtı.*

Ekin yetiştirmek için gereken sulu tarım, sadece stepleri geçen birkaç nehir boyunca uzanan daha verimli alanlarda mümkündür. Yani burada yaşamaya devam eden tüm insanlar, çiftlik hayvanları yetiştirip, mevsimleri izleyerek sürekli farklı otlatma alanları arasında sürüleriyle hareket eden göçebe çobanlardır.⁴³ Ayrıca step arazisi kara üzerindeki harekete çok az engel oluşturur. Asya'nın bu merkez bölgesi tektonik olarak antik bir arazidir, son plaka çarpışmaları tarafından katlanmamış ve aşınmayla düzleşmiştir. Avrasya'nın güney

* At yetiştirme ve tekerlekli taşımacılığın önemli bir bileşimi, yaklaşık MÖ 2000 yılında hafif tekerlekli ve hızlı hareket eden savaş arabası yapımıydı.⁴¹ İyi eğitilmiş atlardan oluşan bir ekip tarafından çekilen ve mızrak atıcısı veya okçu taşıyan bu arabalar, Tunç Çağı'nın yıldırım hareketi tankı oldu. Savaş arabaları, daha sonra barutun geliştirilmesiyle olduğu gibi, şehir devletleri ve imparatorluklar arasındaki savaşlarda köklü bir dönüşüme yol açtı. Fakat Troya Savaşı'ndan hemen hemen beş yüzyıl sonra, yaklaşık MÖ 800 yılında, Homeros *İlyada*'yı yazdığında, bu Tunç Çağı askeri teknolojisi, yerine mızrak kullanan piyadelerin sıkı düzeni veya birleşik yayla silahlanmış hızlı hareket eden süvarilerin geçmesiyle çoktan demode olmuştu.⁴² Savaş arabası sadece prestij ve gücün sembolü olarak hayatta kaldı; örneğin Pers, Hint, Greko-Romen ve İskandinav mitolojisinde tanrıların hepsi at arabalarına biner. Bugün bile bir şehirde Paris'teki Zafer Takı ve Berlin'deki Brandenburg Kapısı gibi üzerinde dört atlı savaş arabası taşıyan anıtlar bulunmaktadır.

kenarı büyük sıradağlardan oluşurken, kıtanın ortasından geçen stepler kuşağı bu tür engellerden büyük ölçüde arındırılmıştır. Bunun istisnası, Asya'nın kuzey-güney yönünde uzanan,⁴⁴ Batı ve Kazak bozkırlarını ayıran ve alt uçları ile Hazar Denizi arasındaki dar bir geçide sıkışarak yoluna devam eden nadir zincirlerden biri olan Ural Dağları'dır.*

Urallar'dan ayrı olarak, bataklıklar veya ormanlar gibi birkaç doğal engel vardır. Atlılar ve at arabaları kıtanın hemen her yerine yayılan ve bir bütün olarak Avrasya tarihini şekillendiren geniş bir doğal karayolu haline getirerek kolayca stepler arasında dolaşabilirler.

Bu göçebeler, kıtanın kenarlarında yerleşmiş olan tarım toplumlarıyla barışçıl ama gergin bir şekilde bir arada yaşamaktan silahlı çatışmaya kadar varan huzursuz bir ilişkiye girdiler. Sürülerini ve diğer hayvansal ürünlerini takas ettiler – sığır ve koyunlarından elde ettikleri yün ve özellikle otlaklarda çok sayıda yetiştirdikleri atlar. Ayrıca Avrasya uygarlıklarının ordularında paralı asker olarak çalışıp genellikle diğer göçebe kabilelerin akınlarına karşı sınırlarını korumaya da yardımcı oldular. Topraklarından geçen tüccar kervanlarından koruma parası istediler yoksa onları pusuya düşürürlerdi. Fakat kıtanın kenarına yerleşmiş uygarlıkların topraklarını işgal etmek için steplerin derinliklerinden çıktıklarında, Avrasya tarihinin gidişatı üzerinde en büyük etkiyi yarattılar.

Atlı göçebeler bu tarım ve denizcilik toplumları için zorlu bir düşmandı.⁴⁶ Zaman zaman haraç talep ettiler ve karşılığını aldılar; çiftliklere ve köylere baskınlar düzenleyip taşıyabilecekleri her şeyi yağmaladıktan sonra, otlakların uçsuz bucaksız genişliklerine geri döndüler. Tarım toplumlarının orduları, çok sayıda atlı süvarileri olmadan ot denizi içinde onları takip edemezlerdi; kurak ovalarda yaya askerlerden oluşan birlikleri besleyecek hiçbir yiyecek yoktu. Tarih

* 250-300 milyon yıl önce Sibiryâ Levhası Pangea'nın doğu tarafına yanaştığında oluşan ve süper kıtanın yapımındaki son aşamayı gösteren Urallar, dünyanın en eski sıra dağlarından biridir. 6. bölümde tartıştığımız Kıbrıs'ın tepesindeki bozulmadan korunmuş ofiyolit gibi Ural Dağları da uzun zaman önce yok olmuş bir okyanustan kalan kabuk parçalarını içerir ve bu yüzden zengin bakır madenlerinin mirasını barındırır.⁴⁵

boyunca büyük konfederasyonlarda gevşek bir şekilde, tekrar tekrar bir araya gelen göçebe kabileler, yerleşmiş uygarlıkları istila etmek ve fethetmek için steplerden fıskırarak, zaman zaman Asya boyunca uzanan büyük imparatorluklar kurdular.⁴⁷

Ancak step halklarının Avrasya kıyısı uygarlıkları üzerindeki etkisi sadece doğrudan askerî saldırıdan ibaret değildi. Göçebe çobanlar olarak, sürekli hareket halindeydiler, ancak çevrelerinin hassas dengesinde –nüfus sayısındaki artış veya iklim değişikliği nedeniyle otlatma alanlarının bozulması gibi– aksamalar olduğunda tüm kabileler daha iyi meralar aramak için mevcut arazilerinden göç etmek zorunda kaldılar. Bunun sonucunda, yerinden edilmiş kabileler birbirini izleyerek, düz ovalar boyunca ilerleyip komşularını kendi semtlerinden sürdüler ve bilardo toplarının birbirine çarparak geri tepmesi gibi, stepler karmaşasının dalgalarıyla çalkalandı. Sonunda bazı step halkları, örneğin doğuda Mançurya ve Kuzey Çin, batıda Ukrayna ve Macaristan gibi yerleşik toplumların topraklarına geçmek zorunda kalacaktı.⁴⁸

Böylece büyük Avrasya kara kütesinin kenarlarındaki –Çin, Hindistan, Ortadoğu ve Avrupa gibi– uygarlıkların tarihi ve kaderi, steplerin kalbinde ortaya çıkan göçebe kabilelere karşı tekrarlanan bir mücadelenin öyküsü olmuştur. İskitler, atlı savaşlarda uzmanlaşan ilk kavimler arasındadır. Altay Dağları'nın etrafında ortaya çıktılar ve MÖ 6. ve 1. yüzyıllar arasında Mezopotamya ve İran'daki Asur ve Ahemeniş imparatorluklarının karşısına çıkana kadar batıya doğru ilerleyerek, aynı zamanda Büyük İskender'le de savaşarak, step bölgesinin büyük bir kısmına hükmettiler. Çin step halklarıyla, Hiung-nu, Kitan, Uygurlar, Kırgızlar ve Moğollar da dahil olmak üzere, defalarca karşı karşıya gelmişti.⁴⁹ Hunlar, Avarlar, Bulgarlar, Macarlar, Kalmuklar, Kumanlar, Peçenekler ve Moğollar gibi göçebe gruplar MS 5. ve 6. yüzyıllar arasında steplerden Avrupa'nın içine adeta aktı.⁵⁰

Bin yıl boyunca stepler, kıtasal sınır çevresinde yerleşik tarım uygarlıklarının etki alanlarına dökülmek için, taşmak üzere ağzının kenarında sürekli kaynayan büyük bir göçebe çoban kazanı görüntüsü sergiledi. Avrasya tarihinin kalıcı bir dinamiği olan, göçebe ço-

banlarla yerleşik tarım toplumları arasındaki bu çatışma, temelde kuru otlaklar ve verimli tarım arazilerinin dünyasıyla besledikleri farklı yaşam tarzları arasındaki ekolojik ayırmadan doğmuştur. Bu göçleri ve istilaları zaman zaman aynı istikamette şekillendiren ve yönlendiren şey kıtanın arazisiydi.

Yerinden Edilen Halklar

İpek Yolu'nun dar koridorlardan, vadilerden ve dağ geçitlerinden geçmesiyle aynı şekilde, arazi silahlı akıncıların uygarlık topraklarına geçmesi için elverişli geçitler sağladı. Bu geçitler karayolları boyunca ticareti kolaylaştırmış olsa da Avrasya kıyısı etrafındaki yerleşik toplumları da baskınlara ve fetihlere karşı savunmasız hale getirmiştir. Hindistan büyük ölçüde büyük Himalayalar engeliyle korunuyordu ama Hindukuş üzerinden geçen, dar Hayber Geçidi işgalciler için bir giriş noktası oldu. Daha önce de gördüğümüz gibi, Çin genellikle doğal bariyerlerden de yararlandı ama merkezî ovaları steplerden kuzeye kadar göçebe akınlarına ve Kansu Koridoru boyunca Çin'in kalbine doğru giden yolu açan Çungarya Geçidi yoluyla batıdan gelen işgalcilere açtı.⁵¹

Çin Seddi, Çin'i steplerden gelen göçebe akınlarına karşı savunmak için inşa edildi. Birleşmeden sonra, Qin Hanedanı'nın ilk imparatoru MÖ 221'den itibaren bu kuzey sınırını tahkim etti⁵² ve MÖ 200 ile MS 200 arasında Han Hanedanı tarafından, Kansu Koridoru üzerinden Tarım Havzası'na geçen İpek Yolu'nun uzantısını korumak için duvarlar genişletildi. Ancak, duvarın en etkileyici kalıntılarının çoğu 14. yüzyıl ortalarındaki Ming Hanedanı döneminde var olan yapıya tarihlenmiştir. Görünüşe göre, Çin Seddi temelde iki farklı yaşam tarzı ve kültür arasında bir sınır çizgisi olarak hizmet vermiştir: göçebeler–yerleşikler ve barbarlar–uygarlar. Fakat daha derin bir anlamda bu surlar tarımı kolaylaştıran yağışlı, verimli topraklarla kıtanın kalbindeki kurak, sert stepler arasındaki asıl ekolojik sınır boyunca inşa edildi. Yine de Çin, genellikle Çungarya Dağ Geçidi'nden ve Kansu Koridoru üzerinden geçen step halkları tarafından defalarca işgal edildi, Hayber Geçidi'nin göçebe akıncılar için

Hindistan'a giriş noktası sağladığı gibi, Çin de İpek Yolu güzergâhı boyunca saldırıya uğradı. Ticaret geçitleri işgali de kolaylaştırdı.

Avrupa, Avrasya'nın batı ucunda yer alan, steplerden göçebelere erişim sağlayan düşük rakımlı birkaç anayol ve dağ geçidi boyunca gelecek akınlara ve istilalara karşı savunmasızdır. Batı steplerinden gelen bir yol Anadolu boyunca Kafkaslar'ın güneyinden ve Karadeniz'den geçer, bir başkası Karpat Dağları'na kadar Karadeniz'in kuzeyine sapar, sonra ya bu dağların arasından kuzeye ve Pripet Bataklıkları'na ya da Tuna Nehri'ni izleyerek güneye yönelir. İki yol da işgalcileri Kuzey Avrupa ovalarının kalbine taşır.⁵³ 4. yüzyıldan itibaren Roma İmparatorluğu'na meydan okuyan Hunlar, 7. yüzyılda Balkanlar'a göç eden Bulgarlar, 9. yüzyılda Macar ovalarına giren Macarlar ve 13. yüzyıldaki istilacı Moğollar, steplerden Avrupa'ya aslen bu koridorlar aracılığıyla ulaşırlar.⁵⁴

Göçebe kabileler ve yerleşik toplumlar arasındaki çatışmalar kendi yaşam alanlarından kaynaklanan yaşam tarzını yansıtıyorsa, doğal yaşam ve farklı ekosistemlerin dağılımı da bozkır göçbelerinin tarım arazilerini işgal ettikten sonraki hareket tarzını belirlemiştir.

At halklarından gelen korkunç tehdit büyük ölçüde onların hareket kabiliyetlerinden kaynaklanır. Göçebeler, yerleşik uygarlıkların yavaş hareket eden ordularının aksine, çok uzak mesafelere hızla harekât düzenleyebiliyordu. Ancak step akıncıları temel bir ekolojik kısıtlamaya bağlıydı. Askerî yetenekleri savaş alanına çok sayıda hızlı atlı savaşıyı çıkarabilmelerine bağlıydı ama atlarının beslenmesi gerekiyordu. Bu, steplerin uçsuz bucaksız otlaklarındaki doğal yaşam alanlarında basitti ama işgalciler Avrasya'nın göbeğindeki tarım arazilerine doğru çok uzağa ilerler ilerlemez binek hayvanlarını beslemek için mücadele etmek zorunda kaldılar. Sulu tarım arazilerinde insanları beslemek için küçük bir bölgeden bol miktarda tahıl ürünü elde edilir ama çok sayıda atı beslemek için otlak olarak etkili değildir. Doğa tarafından dayatılan kısıtlamalar, yerleşik ve göçebe yaşam tarzlarının özünde çelişkili olduğunu açığa çıkarır. Bu nedenle steplerden gelen işgalciler ya geniş doğal otlaklarına geri çekilmek zorunla kaldılar ya da yöntemlerini temelden değiştirip yerleşik toplu-

ma uyum sağladılar.⁵⁵ 5. yüzyılın ortalarında Avrupa'nın kalbini işgal eden Hunların, bozkır ve tarım alanları arasında ekolojik bir sınır alanı olan Macar ovalarını ve bozkır otlaklarının en batıdaki cebini harekât merkezi olarak seçmeleri bizi şaşırtmamalı.⁵⁶

Diğerleri göçebe yöntemlerini terk etti. 13. yüzyılda Cengiz Han'ın liderliğindeki Moğol yayılmasıyla Osmanlı Türkleri bozkırlardan Anadolu'ya doğru itildi. Burada Avrupa savaş tarzını benimseyerek kendilerine tahkimata dayanan bir yapı kurdular ve İslama dönmeleri için zorladıkları esir Hristiyan çocuklardan oluşan ünlü yeniceri ordusunu şekillendirdiler.⁵⁷ 13. yüzyılın sonlarında Osmanlılar, Hristiyan devletleri için büyük bir tehdit haline gelmiş ve 1453'te Konstantinopolis'i ele geçirerek Bizans İmparatorluğu'nu sona erdirmiştir.⁵⁸

Steplerden çıkan göçebe atlılar, dünya tarihinin en belirleyici iki ânı olan, Batı Roma İmparatorluğu'nun çöküşüne ve Asya'nın Moğollar tarafından işgal edilmesine neden oldular.

Roma İmparatorluğu'nun Gerilemesi ve Çöküşü

Daha önce, Roma İmparatorluğu'nun nasıl Akdeniz kıyılarına kadar genişlediğini, Kuzey Afrika çölleri ve Avrupa'daki dağ sıraları ve büyük nehirler tarafından belirlenen doğal sınırlarda durduğunu daha önce görmüştük. Ancak MS 300 yılına gelindiğinde, imparatorluğun Ren ve Tuna nehirleri boyunca uzanan kuzeydoğu sınırının tamamı, ötesindeki vahşi alanları işgal eden Germen kabilelerinin artan nüfusunun baskısı altındaydı. Birkaç on yıl sonra, kabileleri Roma sınırına doğru iten, steplerde ortaya çıkan atlı bir halk tarafından tetiklenen bir dizi şiddetli saldırı ve zorunlu göçlerle durum daha da kötüleşti. Bu atlı halkın, step kuşağının doğu sınırında MÖ 3. yüzyıldan beri Çin'e meydan okuyan göçebe kabileler birliği Hiung-nu olduğuna inanılır.⁵⁹ Hiung-nu batıda ortaya çıktığında "Hunlar" olarak anılmaya başlandı.⁶⁰

Büyük olasılıkla bölgesel bir iklim değişikliği döneminde daha iyi otlaklar arayan Hunlar step kuşağı boyunca batıya doğru hare-

ket etti – o zamanlar Kuzey Yarımküre’de stepelerde kuraklığa neden olan⁶¹ ve küçükbaş hayvan sürüleriyle atları besleyen ot kaynaklarının yok olduğu bir soğumaya dair kanıtımız var. Hunlar MS 370’lerde Don Nehri’ne ulaştı⁶² ve bu süreçte yerleşik köylülere dönüşmüş olan diğer göçebe grupları Doğu Avrupa’daki topraklarından sürdü.

Çok sayıda mülteci, Ren ve Tuna nehirlerini izleyerek Batı Roma İmparatorluğu’nun sınırlarına vardı ve çok geçmeden pek çok kabile –Burgondlar, Lombardlar, Franklar, Vizigotlar, Ostrogotlar, Vandallar ve Alanlar– Roma topraklarının içine doğru akmaya başladı.⁶³

Hunlar, 4. yüzyılın sonunda kabileleri önlerine katıp kovaladıktan sonra, insanlardan oluşan bir ok dalgası gibi yayından fırlayarak Roma İmparatorluğu’nun sınırlarına vardı. Daha önceki kabile göçleri ve istilalarından kurtulmuş olan Doğu Roma İmparatorluğu’na dönmeden önce Tuna’nın kuzeyinde yaşayan kabileleri fethetmek üzere yola çıktılar. 434 yılından itibaren muhteşem Attila’nın önderliğindeki Hunlar, peş peşe gelen hareketlerle Yunanistan ve Balkanlar’ı yağmaladılar ve Konstantinopolis’in duvarlarına ulaştılar. Şehrin aşılması güç surları tarafından durduruldular ama yine de imparatorluktan çok büyük miktarda haraç almayı başardılar.

Doğu’daki bu başarılardan cesaret alan Attila, şimdi saldırılarının yönünü Batı Roma İmparatorluğu’na çevirdi. Tuna ve Ren nehirleri boyunca ilerleyip şehir üzerine şehir yağmalayarak, aslında stepelerde Hunların ortaya çıkmasıyla yerinden edilmiş kabileler ve atlı halkların kurduğu bir ittifak tarafından yenilmeden önce, 451 yılında Roma Galya’sını (bugünkü Fransa) işgal etti. Ancak Attila ertesi yıl geri dönüp Kuzey İtalyan ovalarını tahrip etti ve imparatoru Hunların Roma’ya yürümesini engellemek için öne sürdüğü şartları kabul etmeye zorladı. Attila iki yıl sonra öldü ve Hun İmparatorluğu kısa bir süre sonra dağıldı ama Batı Roma İmparatorluğu’nu yıkacak olan çarkları çoktan harekete geçirmiş oldular.⁶⁴

Ancak yerinden edilmiş bu halkların ağırlığını hisseden sadece Roma değildi. İran da, Kafkasya’ya dağılan ve Mezopotamya ile

Küçük Asya şehirlerini yağmalayan göçebe kabileler tarafından şiddetli bir saldırıya uğradı.⁶⁵ 4. yüzyılın en sonunda, ortak bir düşmanla karşı karşıya kalan Doğu Roma İmparatorluğu ve İran, uzun süredir devam eden düşmanlıklarını bir kenara bırakıp, büyük bir istihkam duvarı ve askerî karargâh yapımında birlikte çalışmak zorunda kaldı. Karadeniz'den Hazar Denizi'ne yaklaşık 200 kilometre boyunca uzanan sur, ön cephesinde kazılan 4,5 metre derinliğindeki bir hendekle çevrilmiş ve uzunluğu boyunca 30 bin askerin bulunduğu 30 kaleyle güçlendirilmişti. Bu Pers duvarı, bugüne kadar inşa edilmiş en uzun savunma bariyeri olarak Çin Seddi'nden sonra ikinci sırada yer alır ve tamı tamına aynı amaca yönelik inşa edilmiştir: Yerleşik uygarlık ile barbar vahşi yaşamı arasındaki sınırı savunmak için.⁶⁶

Ne var ki Batı Roma İmparatorluğu için artık çok geçti. Ren ve Tuna nehirleri boyunca uzanan sınır dolup taşmış ve dalgalar halinde göç eden kabileler savunmayı ezip geçmişti. Vizigotlar İtalyan Yarımadası'na doğru yürüdü ve 410 yılında Roma şehrini yağmaladı.⁶⁷ Hunlar tarafından yerlerinden edilen başka bir kabile olan Vandallar, Orta Avrupa'ya doğru ilerledi, İber Yarımadası'nı geçti ve 439 yılında Kartaca şehrini ve Batı İmparatorluğu'na tahıl tedarik eden çevre bölgeleri ele geçirmek için Roma dönemi Kuzey Afrika'sını işgal etti. Fetihleri Sicilya, Sardunya ve Korsika'yı da içeriyordu ve 455'te Vandallar da Roma'yı yağmaladı. 476 yılına gelindiğinde, Batı Roma İmparatorluğu'nun merkezî kontrolü fiilen dağılmış; eski topraklar, imparatorluk sınırlarına doğudan akın eden Germen kabileleri tarafından yönetilen krallıklara bölünmüştü – Fransa ve Almanya'da Franklar, İspanya'da Vizigotlar ve İtalya'da Ostrogotlar. Bu krallıklar Ortaçağ'ın sonuna kadar modern Avrupa uluslarına dönüştü.

Batı Roma İmparatorluğu, steplerden yerleşik kabilelerin ve göçebelerin “büyük göç”üyle yıkılmıştı. Bir kez daha, tarihteki bu dönüm noktasını açıklayan şey, temel gezegensel nedenlerdir. Nihayetinde Roma'nın çöküşü, ata binen göçebe kabileleri besleyen Avrasya steplerinin kurak otlakları ile imparatorluğun yerleşik tarımını besleyen yaka etrafında yer alan yağışlı topraklar arasındaki

ekolojik farklılıktan ve steplerde yerinden edilmiş halkların dalgalar halinde yayılmasını tetikleyen iklim değişiminden kaynaklanıyordu.

Pax Mongolica

13. yüzyılda, steplerden gelen atlı halklar Avrasya'da tarihin akışını tekrar değiştirdi. Moğollar otlaklardan çıktı ve sadece 25 yıl içinde Roma'nın dört yüzyılda topraklarına kattığından çok daha fazla toprak fethetmeyi başardı.⁶⁸ Moğol İmparatorluğu sadece büyük Avrasya steplerinin kabilelerini birleştirmede; aynı zamanda Çin, Rusya ve Güneybatı Asya'nın büyük bir kısmını da dahil ederek dünyanın gelmiş geçmiş en büyük kara imparatorluğu oldu.⁶⁹ Bu muhteşem seferi başlatan lider, Doğu Moğolistan'da (muhtemelen "demirci" anlamına gelen) Temuçin adıyla doğan, tanınmış bir kabile reisinin oğluydu. Fakat onu (kötü) şöhretli yapan ve kabul edilen lakabı: "Yenilmez hükümdar," yani Cengiz Han'dır.⁷⁰

Cengiz Han, sadece Çin'in kuzey sınırında koyun güden birçok göçebe kabileden birinin üyesiydi ama 1206'da çevredeki kabileleri birleştirerek Moğol steplerinin efendisi oldu.⁷¹ Güç merkezinin birleşmesiyle birlikte atlı akıncı orduları artık Avrasya çevresindeki uygarlıklara saldırmak için büyük bir güçle steplerden dışarı çıktı. 1211'de Kuzey Çin'i işgal edip⁷² Orta Asya'yı silip süpürdüler.⁷³ Cengiz Han 1227'de öldü ama halefleri askerî yayılmada onun kadar başarılı oldular.⁷⁴ Aşiretler Rusya'nın güneyine ve Doğu Avrupa'nın içlerine doğru ilerlemeden önce Moğol fethi Ortadoğu boyunca devam etti.⁷⁵

Doğu Avrupa'da Polonya ve Macaristan ovalarına doğru ilerleyip Viyana sınırlarına ulaşarak⁷⁶ tüm Hıristiyan âleminin paniğe kapılmasına neden oldular.⁷⁷ Ancak Avrupa kaderin tarihi bir cilvesiyle kurtulmuştu. O zamanki büyük han olan, Cengiz'in oğlu Ögeday aniden öldü ve Moğol liderleri bir sonraki büyük hükümdarlarını seçmek için Karakurum'daki başkentlerine çekildi. Sonunda, hanlar Atlantik'e doğru yönelmiş fetihlerini sürdürmeye

çalışmadı ve Moğol İmparatorluğu fiilen step kuşağının batı sınırında sona erdi.⁷⁸ Bunun yerine tekrar doğuya döndüler, Çin'i bütünüyle fethettiler ve Yuan Hanedanı'nı kurdular.⁷⁹ Hanedanın ilk imparatoru Kubilay Han, tahtını Pekin'e taşımadan önce ülkesini –Coleridge'in ünlü şiirinde “Xanadu” olarak yazdığı– Shangdu'dan yönetti.^{80*}

13. yüzyılın sonunda Moğol İmparatorluğu Pasifik Okyanusu'ndan Karadeniz'e kadar tüm Asya boyunca uzandı. Bu inanılmaz genişleme sırasında, Moğollar hemen teslim olmayı reddeden şehir- lere yaptıkları muameleyle kötü bir üne kavuştular.⁸² Tüm yerleşik halkı –erkek, kadın ve çocukların yanı sıra ve çiftlik hayvanlarını– katlettiler – geride sadece boş sokaklar ve kafataslarından oluşan pira- mitler bıraktılar. Bu dehşet verici kasıtlı şiddet, güzergâhları üzer- inde bulunan bir sonraki şehirlerin savaşmadan teslim olmaları için tasarlanmıştı – vahşetlerine dair korkunç rivayetler orduların ilerle- mesinden daha hızlı yayılıyordu. Fakat Moğollar sadece yaygın gö- rüşün öne sürdüğü gibi vahşi savaşçılardan oluşan korkunç ordular- dan ibaret değildi. Direniş bastırıldıktan sonra, ele geçirilen kasaba ve şehirler Moğolların özenli yönetimi altında yeniden inşa edildi.⁸³ Hanlar aynı zamanda yönettikleri farklı halklara karşı son derece hoşgörülü, kültürel ve dinî özgürlüğe izin veren kişilerdi.⁸⁴ Moğollar ilk şok ve dehşet harekâtından sonra kalpleri ve zihinleri kazanmayı başardı.

Dahası, fetihlerin ilk öfkesi ve şiddeti geçtiğinde, Asya'nın bir- leşmesi, kıtanın geniş toprakları arasında ticaret patlamasının yaşan- dığı bir döneme yol açtı. Bin yıl önce Roma İmparatorluğu sırasında Akdeniz çevresinde yaşanan istikrar ve refah zamanı Pax Romana'yı** çağrıştıran bu dönem “Pax Mongolica”*** olarak bilinmektedir. 1260' tan itibaren yaklaşık bir yüzyıl boyunca Moğol hanlıkları, Asya ge-

* 13. ve 14. yüzyıllarda Moğollar Hindistan'ın kuzeybatı bölgesini defalarca işgal etti ama 1526'ya kadar Cengiz'in soyundan gelen kimse Hindistan Yarımadası'nda Moğol İm- paratorluğu'nu kuramadı.⁸¹

** (Lat.) Roma Barışı. Augustus döneminden Marcus Aurelius dönemine değin Akde- niz'de hüküm süren görece barış ortamı. (Y.N.)

*** (Lat.) Moğol Barışı. (Ç.N.)

nelinde tüccarların güvenli bir şekilde geçişini garantiledi ve vergiyi düşük tutma konusundaki yönetim ve tasarruf becerilerinin tümünü ticareti geliştirmek için bir araya getirdi.⁸⁵ Daha önceki göçebe işgalcilerin, tarım uygarlıklarından yağmalanan ganimetlere ya da haraçlara güvenen kap kaç taktiklerinin aksine; hanlar, yağmadan ziyade ticaretten daha çok kazanç elde edebileceklerini kavradı. İpek Yolu boyunca ticaret bu dönemde gelişti, kervanlar sadece Orta Asya'nın eski çöl yollarından geçip gitmiyor; aynı zamanda daha kuzeye dönerek Moğol başkenti Karakurum'a ve ota kaplı steplere kadar ilerliyordu.⁸⁶ Moğollar daha önce kimsenin yapmadığı bir şekilde doğu ve batı arasında bağlantı kurmayı başardı.

Sonuç olarak, baharatlar ve diğer lüks mallar Avrupa'ya aktı.⁸⁷ Yüksek fırın, Batı'ya Moğol Barışı sırasında geldi ve Moğollar aynı zamanda Avrupalılara savaşın doğasını sonsuza kadar değiştirecek olan Çin barutunu tanıttı.⁸⁸ Ancak Asya'nın birleşmesi ve kıtada boyunca hareket etme kolaylığının tarih açısından şiddetli bir diğer sonucu oldu. Avrasya boyunca iletişim damarlarında akan kan dolaşımına çok daha yıkıcı başka bir şey de girdi: Hastalık.

Kara Ölüm steplerde ortaya çıktı ve 14. yüzyılın ortalarında bu birbirine bağlı dünya boyunca dalgalar halinde yayıldı. Hıyarcıklı veba 1345 yılında Çin'e, 1347'de Konstantinopolis'e ulaştı. Oradan ticaret gemileriyle Cenova ve Venedik'e yolculuk etti⁸⁹ ve ertesi yaz Kuzey Avrupa'ya kadar yayıldı. Bir dizi başarısız hasat sonrasında –vebanın gelişi Küçük Buz Devri'nin ilk ani soğuk yükselişiyle çakışmıştır–⁹⁰ kötü beslenme yüzünden zaten zayıflamış insanlar hızla hastalığa yenik düştü. Kara Ölüm sadece beş yıl içinde, Avrupa ve Çin nüfusunun en az üçte birini öldürmüş,⁹¹ Ortadoğu ve Kuzey Afrika'yı da harap etmişti. Sadece Avrupa'da yaklaşık 25 milyon insan ölmüştür.⁹²

Veba, iç çekişmeler yüzünden iktidar üzerindeki hâkimiyetleri zaten zayıflamış olan Moğol hanlıklarını da aynı sertlikte vurdu. Çin'de, Yuan Hanedanı 1368 yılında Ming tarafından devrildi ve Avrasya genelinde büyük Moğol İmparatorluğu tekrar aralarında siyasi veya ekonomik birlik olmayan birçok devlete bölündü. Stepler bir kez daha göçebe kabilelerden oluşan bir mozaik haline geldi ve Doğu ile Batı arasındaki karayolu çöktü. Ancak Batı Avrupa'da, Kara Ölüm,

ardından bazı yararlı sonuçlar getirdi. Nüfusun keskin bir biçimde azalması; birçok lordun arazilerindeki kiracıları kaybettiği ve bu yüzden daha düşük kiralari, böylece daha hareketli bir köylü işgücünü kabul etmek zorunda kaldığı anlamına geliyordu. İşgücü sıkıntısı, esnaf ve tarım işçilerinin daha yüksek ücretler talep edebileceği anlamına da geliyordu. Bu durum feodal sistem altındaki serflik uygulamasını gevşetti ve daha kalabalık ticari kasabalarda loncaların zaten önemli bir etkisinin olduğu Batı Avrupa'daki sosyal hareketliliği artırdı.* Steplerde ortaya çıkan ve Moğolların sürdürdüğü ticaret altyapısının yardımıyla yayılan Kara Ölüm'ün durması feodalizmin temellerini sarsarak farklı ve daha hareketli bir toplumun esasının oluşmasına yardımcı oldu.⁹³

Moğol süper gücünün fetihlerinin Avrupa tarihi üzerinde geniş kapsamlı başka sonuçları da olmuştur. Batıya doğru dalgalar halinde yayılırken Orta Asya'daki büyük İslam imparatorluğu Harzemşah'ı yıktılar; Semerkant, Merv ve Buhara'daki ticaret merkezlerini katlettiler ve Abbasi Halifeliği'nin başkenti Bağdat'ı yerle bir ettiler. Fakat en önemlisi Moğollar Avrupa'ya doğru ilerlemelerini yarı yolda durdurdular. Venedik ve Cenova limanları Batı'nın en önemli ticaret merkezleri olarak kaldı ve daha sonraki Ortaçağ dönemi ve Rönesans boyunca zenginlik ve güç içinde büyüdü. Moğollar, Avrasya'nın eski Müslüman merkezini yok edip, Avrupa'ya merhamet ederek bölgedeki güç dengesini bozmuş, böylece Avrupa'ya İslam dünyasından daha hızlı ilerleme ve gelişmeye başlama fırsatı verilmişti.⁹⁴ Bununla birlikte Konstantinopolis 1453'te Osmanlıların eline geçtiğinde, Bizans İmparatorluğu bir asırdan fazla bir süredir, Doğu Akdeniz'in tamamına hâkim olan Müslüman hükümdarlar ve Doğu'dan Avrupa'ya giden ticaret yollarının kapanmasıyla, bir devletten geriye kalanların biraz daha fazlasından ibaretti.⁹⁵ Avrupalı denizcilerin, bir sonraki bölümde göreceğimiz gibi, Keşifler Çağı'nda Çin ve Hindistan'ın zenginliklerine giden yeni deniz yolları bulmak için batıya bakmaya başlamalarının nedeni buydu.

* Buna karşılık, Doğu Avrupa'daki toprak sahipleri daha fazla güce sahip oldu ve geri kalan köylü sınıfını daha sıkı serfliğe zorlamayı başardı.

Bir Dönemin Sonu

Stepler, bin yıl boyunca göçebe çobanlara ev sahipliği yapan uçsuz bucaksız bir vahşi doğayı temsil etmişti. Bu otlaklar, yıkıcı baskınlarda Avrasya'nın sınır çevresindeki tarım uygarlıklarına saldırabilen çok sayıda atlı savaşçıyı beslemişti. Fakat 16. yüzyılın ortalarından itibaren, önce Rönesans Avrupa'sının devletleri sonra Rusya ve Çin, ekili dünya ile step dünyası arasındaki güç dengesini kararlı bir şekilde değiştirmeye başladı. En önemli gelişme, Askerî Devrim* olarak bilinen, birbiriyle bağlantılı ilerlemelerden oluşan bir sistemdi. Yerleşik tarım devletleri; misket tüfeği ve top için etkili bir biçimde barut kullanmayı öğrendi, savaş alanında yıkıcı askerî gücü yerine ulaştırmak için eşgüdümlü askerî tatbikatlar geliştirdi, birliklerini desteksiz bırakmamak için geniş kapsamlı lojistik ağı kurdu ve giderek büyüyen ordularını ayakta tutmak için ekonomilerini dönüştürdü.⁹⁶ Bu yenilikler askerî gücü merkezileştirerek, hükümdarların kontrollerini pekiştirmelerine ve derebeylikleri büyük tek devletlerde birleştirmelerine olanak sağlayarak modern uluslarımızın başlangıcını belirledi.⁹⁷

Step toplumları bu askerî ilerlemeyle rekabet edemedi. Satın alma güçleri birleşmiş tarım devletlerinden çok daha az gelişmiş olan bir ekonomiyle sınırlanmış olmasaydı, tarih boyunca tarım toplumlarının steplerden at satın alması gibi onlar da ateşli silah alışverişi yapabilirdi. Bu durum dengeyi göçebe çobanlardan ilk kez tamamen uzaklaşan yerleşik toplumlar lehine olacak şekilde bozdu. Göçebe iktidarı, Çungarya'daki Moğol kabilelerinden oluşan bir konfederasyonun 1750'lerde Qing Çin'i tarafından yenilgiye uğratılmasıyla son nefesini verdi. Stepelerin askerî tehdidi nihayet kontrol altına alınmış ve Avrasya tarihinin uzun bir bölümü sona ermişti.⁹⁸ Bir daha asla bozkırlardan bir göçebe imparatorluğu ortaya çıkmayacak ve tarım uygarlıkları arasında varoluşsal bir krizi tetiklemeyecekti.

Tam tersine artık bu açık otlaklara giderek daha fazla nüfuz et-

* 16 ve 17. yüzyıllarda askerî strateji ve taktiklerdeki bir dizi radikal değişikliğin yönetim ve toplumlarda büyük, kalıcı değişikliklere neden olduğu teorisi. Teori, Michael Roberts tarafından tanıtıldı. (Y.N.)

meye, onları yerle bir etmeye ve toprağı biçmeye, böylelikle ekonomilerini daha da güçlendirmeye başlamış olanlar steplerin kenarlarındaki tarım uygarlıklarıdır.⁹⁹ Rusya ve Çin sınırları birbirine bitişene kadar bu orta alana doğru genişledi.¹⁰⁰ Özellikle Rusya, hayvan ve atlar için otlak aramak amacıyla değil; bu büyük bölgenin zengin mineral kaynaklarını sömürmek ve onu yüksek verimli tarım arazilerine dönüştürmek için, eskiden Moğol İmparatorluğu'nun yönettiği steplere doğru genişleyip, burada binlerce yıldır yetişen otlar tarafından besinlerle zenginleştirilmiş verimli bir lös toprağından yararlanarak büyük bir süper güce dönüştü.¹⁰¹ Genişleyen Rus İmparatorluğu Karadeniz ve Hazar Denizi'nin kuzeyindeki Pontus-Hazar Stepleri'ni yavaş yavaş sallanan buğdaylardan oluşan altın rengi tarlalara dönüştürdü.¹⁰² 1930'lara gelindiğinde bu topraklar büyük bir stratejik öneme sahip olmuştur.*

Hitler'in Haziran 1941'de Sovyetler Birliği'ni işgalinin en büyük nedeni sadece Kafkasya bölgesinin hayatı petrol sahalarını ele geçirmek değil, aynı zamanda kuzeydeki eski steplerin verimli tarım arazilerine el koymaktı. Bunların her ikisi de büyük tarımsal imkânlarını ele geçirmek ve Hitler'in, Alman halkının sürekli hayatta kalması için "yaşam alanı" anlamına gelen, *Lebensraum*'u güvence altına alma vizyonunu tatmin etmek içindi.¹⁰⁵

* Bu bölümde Avrasya'nın belkemiğindeki steplere odaklandık, ama aynı ekolojik bölge Kuzey Amerika'da da ortaya çıkıyor. Preriler [Kuzey Amerika'nın karasal iklimlerinde görülen otsu bitki topluluğu], ABD'nin merkezinde geniş bir şerit halinde uzanır ve kıtanın içlerindeki kurak bölgelerle Rocky Dağları'nın yağmur gölgesini işgal eder. Daha önce de keşfettiğimiz gibi, Avrasya'yla karşılaştırıldığında, Kuzey Amerika biyolojik miras bakımından yoksuldu. Atın doğduğu yerde nesli tükenmişti ve step göçebelelerini destekleyen inekler ya da koyunlar yoktu. Prerilerin baskın memelisi bizon, yerli Amerikan kabileleri tarafından avlandı, ama evcilleşmeye direndi. Kabak gibi bitkilerin yanı sıra günebakan gibi tohum taşıyan çeşitli türler, yaklaşık dört bin yıl önce Kuzey Amerika'nın doğusunda evcilleştirilmişti¹⁰³ ama bozkır kuşağı Dünya üzerinde tarım için hiç değerlendirilmemiş olan büyük bir alanı kaplıyordu.¹⁰⁴ Tüm bunlar Avrupalıların fethinden sonra, eski dünyada evcilleştirilen çiftlik hayvanlarını ve ekinleri de beraberinde getiren sömürgecilerin kıtaya varmasıyla değişti. Baudaki daha kuru preriler açık sığır çiftlikleri için mükemmel olduklarını kanıtladı ve son iki yüzyıl içinde, çelik kenarlı pulluklar, gelişmiş sulama teknikleri, yapay gübreler ve pestisitlerin yardımıyla doğru preriler gezegendeki en verimli tarım arazilerinden biri haline geldi.

Barbarossa Harekâtı sonunda başarısız oldu ve Wehrmacht'ın* geniş mesafelerde yaşadığı lojistik zorluklar kadar, step kışının acı soğğunun başlangıcı ve Kızıl Ordu tarafından yenilgiye uğratıldı. Ancak Hitler'in hırsları; step arazisinin –Avrasya'nın yerleşik uygarlıklarını tehdit eden atlı göçebe çobanların yaşadığı ıssız bir doğadan, aynı tarım toplumlarını beslemek için hayati önem taşıyan zengin, ekili tarım arazilerine kadar–, son birkaç yüzyıl içinde nasıl derinden değiştiğini güçlü bir şekilde gösteriyor.**

Birbirine zıt koşullardaki bölgelerin ya atlı göçebeliği ya da yerleşik tarımı desteklemesi yüzünden etrafındaki uygarlıklarla sürekli çatışan göçebe step toplumlarıyla birlikte Avrasya tarihinin uzun bir dönemi ekolojik ve iklimsel farklılıklardan doğmuştur. Kuzey Afrika ve Arabistan çöllerinden geçen kara ticaret yolları ve Avrasya'nın tümünü birbirine bağlayan İpek Yolu, –aynı zamanda dünya atmosferindeki büyük döngü düzenlerinden birinin kuru, alçalan kolu tarafından oluşturulan çöller kuşağından meydana gelen– belirli bir iklim bölgesinin hâkimiyetindeydi. Dünya çapında hâkim rüzgarların da nedeni olan küresel döngü düzenleri, aynı zamanda haritalarını çıkarıp onları kullanmayı öğrenen Avrupalıların Keşifler Çağı sırasında büyük okyanus ticareti ağları ve güçlü denizasıırı imparatorluklar kurmalarını sağlamıştır.

* 1935-1945 yılları arasında Nazi Almanyası'nda orduya verilen isim. (Y.N.)

** Rusya 2016 yılında, dünyanın en büyük buğday ihracatçısı oldu, Ortadoğu ile Kuzey Afrika'ya arz edilen hasadın büyük bölümü Karadeniz'in kuzeyindeki step bölgesinden geliyordu.¹⁰⁶

KÜRESEL RÜZGÂR MAKİNESİ VE KEŞİFLER ÇAĞI

Keşifler Çağı, Avrasya'nın en batı ucunda, kıta boyunca yapılan mal ve bilgi alışverişinin dış kenarında yer alan İber Yarımadası'nda başladı. Sonradan Portekiz ve İspanya haline gelecek olan krallıklar, sadece Akdeniz boyunca ticari zenginlikleri kısınılan Cenova ve Venedik gibi limanlarla saygı kazanabilirdi. Ortaçağ boyunca, Emevi Halifeliği 711 yılında Cebelitarık Boğazı'nı işgal ettikten sonra, İberya'nın büyük bir kısmı Müslümanların kontrolü altındaydı.*

Portekiz'in 13. yüzyılın ortasından itibaren tüm batı kıyısını güvence altına almasıyla birlikte yarımadadaki Hıristiyan krallıkları Reconquista'nın** sürdüğü yüzyıllar boyunca geri itildiler. Ancak

* Cebelitarık'ın modern adı, bu istilaya öncülük eden İslam generalinden sonra Tarık Dağı anlamına gelen Arapça Jabal Tarık'tan türetilmiştir. Antik dünyada Cebelitarık, Hercules'in iki sütunundan birini (diğeri Kuzey Afrika kıyısındaki Abila Dağı) oluşturmuştur ve bu da bilinen dünyanın sonunun başlangıcıdır. Avrupa'nın Atlantik'e genişlemesi ile Cebelitarık Boğazı, Akdeniz'e geçişi kontrol eden hayati bir dar geçit haline geldi.

** (İsp.) Yeniden Fetih. Ortaçağ'da İber Yarımadası'ndaki Hıristiyan devletlerin 8. yüzyılın başlarında Müslümanların (Mağripliler) eline geçen bölge topraklarını geri almak amacıyla düzenledikleri bir dizi sefer. (Y.N.)

daha büyük ve zengin komşusu Kastilya tarafından köşeye sıkıştırılan Portekiz yalnızca Atlantik'in bilinmeyen enginliğiyle karşı karşıya kaldı.

Portekizliler kutsal savaşlarını Cebelitarık Boğazı boyunca sürdürdü ve 1415'te Sahra ötesi kervan yollarının bitiş noktalarından biri olan Fas'ın kuzey ucundaki Ceuta'yı ele geçirdi. Portekiz'in, eğer Müslümanlara üstün gelip bu altın ve köle ticaretini kendi gemilerine taşıyabilirse, elde edebileceği serveti ilk kez tattığı yer burasıydı.¹ Altın kaynaklarını bulmak için Batı Afrika kıyı şeridini keşfetmeye başladılar ve çok geçmeden bazı denizciler Hindistan'a ve baharat ticaretinin zenginliklerine ulaşmak için Afrika'nın güney ucu etrafında yelken açma olasılığına kafa yordular.²

15. yüzyılın sonlarına doğru Kastilya ve Aragon krallıkları modern İspanya'ya dönüştü. 1492'de Granada'nın son Mağribî kalesini ele geçirerek yarımadanın Reconquista'sını tamamladılar ve Atlantik üzerinden yeni denizasıırı ticaret yolları ve topraklar aramak için Portekiz'e katıldılar.*

Volta Do Mar

Atlantik'te, Avrupa ve Afrika kıyılarından biraz uzakta, dört küçük takımda uzanır: Kanarya Adaları, Azor Adaları, Madeira ve Cabo Verde Adaları. Romalılar için Kanarya Adaları bilinen dünya-

* İspanya'nın Portekiz'den çok daha geç bir zamanda Keşifler Çağı'na katılmasının nedeni de levha tektoniğidir. Gördüğümüz gibi, Akdeniz tektonik olarak karmaşık bir bölgedir, Tetis Denizi'nin yok olmasıyla oluşan Afrika'nın kuzeyi Avrasya'ya çarpmış ve küçük kıtasal kabuk parçalarının allak bullak olmuş karmaşasıyla çarpışma bölgesinde sıkışmıştır. Bu parçalardan,, biri, 20 milyon yıl içinde İspanya'nın güneydoğu kenarına sıkışana kadar sürüklenen ve Sierra Nevada dağ sırasını yukarı iten Alborán mikro kıtasıdır.³ Burada, bu kolayca savunulabilir engebeli arazide, İber Yarımadası'nın geri kalanı Hristiyan Reconquista tarafından geri alındıktan sonra, İslam hâkimiyetinin son kalesi olan Granada Emirliği, 250 yıl daha dayandı. Yarımadanın batı yakasındaki düz araziye işgal eden Portekiz Krallığı, 13. yüzyılın ortalarında topraklarını güvence altına alıp enerjisini deniz keşfine harcarken, İspanya 15. yüzyılın sonuna kadar kendi daha zorlu yeniden fetihleriyle meşgul oldu.

nın sonunu işaret ederdi* ama karanlık çağlarda bunların bilgisi kaybolmuş gibi görünüyor. Yani kelimenin tam anlamıyla haritalardan kayboldular. 14. yüzyılın sonu ve 15. yüzyılın başlarında Portekiz ve İspanyol denizcileri İber Yarımadası'nın ötesine geçme girişimlerini başlattığında daha önceden bilinen diğer takımadalarla birlikte yeniden keşfedildiler.⁴ Fas kıyılarından sadece 100 kilometre açıkta, muhtemelen Kuzey Afrika'dan gelen Berberilerin torunları olan yerli kabileler tarafından çoktan yerleşilmiş Kanarya Adaları'nı buldular ama Portekizliler daha uzaktaki Azor Adaları ve Cabo Verde'yi bulduğunda ıssız durumdaydı.

Denize yelken açan İberyalı denizcileri kısa süre sonra onları Afrika kıyılarının güneybatısından aşağı taşıyan Kanarya Akıntısı ile karşılaştılar. 30° enlemde, kuzeydoğudan esen rüzgârlar onları Kanarya Adaları'na taşımak için toparlandı. Yaklaşık 30° enlemde, onları yukarıya doğru Kanarya Adaları'na taşımak için kuzeydoğu rüzgârları etkili oldu. Fas kıyı şeridi boyunca uzanan elverişli akıntıların ve rüzgârların olduğu bu yol, Fenikeliler tarafından Afrika'nın kuzeybatı kıyıları boyunca kürek sıralarıyla donatılmış kadırgalarıyla ticaret için kullanılan eski bir deniz güzergâhıydı. İki bin yıl sonra, denize açılma girişiminde bulunan Avrupalı denizcilerin sorunu eve nasıl döneceğiydi. Yelkenli gemiler kürekçi takımlarına ihtiyaç duymaz, bu nedenle daha fazla erzak ve ticari mal taşıyabilirler ancak ters akıntılara veya rüzgârlara karşı yol almakta zorlanırlar.

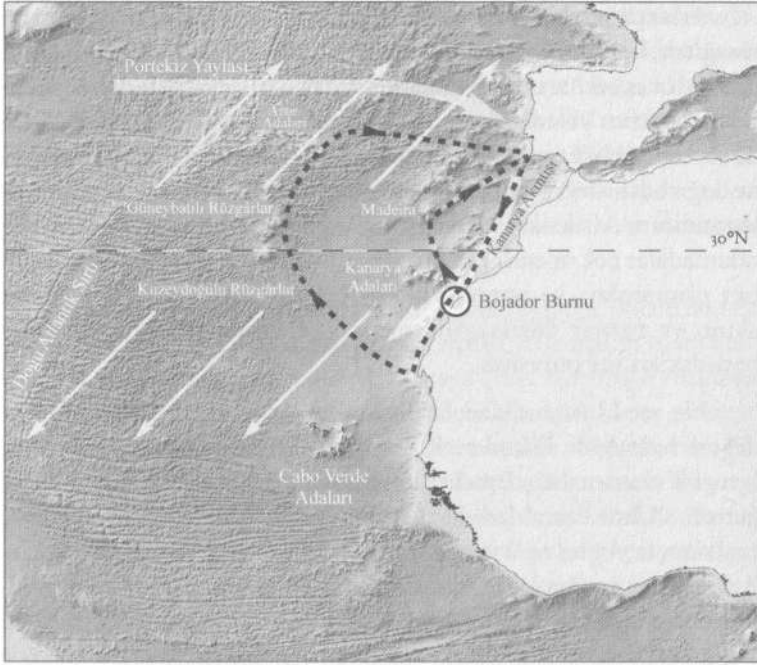
Portekizli denizciler tarafından geliştirilen can alıcı yenilik, denize dönmek ya da denizden dönmek anlamına gelen *volta do mar* olarak bilinir. Fas kıyı şeridinden ya da Kanarya Adaları'ndan kuzeydoğuya doğru Portekiz'e dönmek için batıya, Atlantik Okyanusu'nun enginliğine doğru açıldılar. Bu ilk başta oldukça mantıksız görünüyor ama Kanarya Akıntısı daha açıkta zayıflar ve en kısa sürede gemiler yaklaşık 30° enleminin kuzeyindeyken hâkim güneybatı rüzgârları toplayabilir ve onları eve ulaştırabilirdi. Yani bu denizciler

* Bu isim aslında bir zamanlar takımadaların plajlarını dolduran büyük foklara atıfta bulunuyor olsa da Latince "Köpek Adaları"ndan türetilmiştir. Kanaryalar da isimlerini yerlisi oldukları bu adalardan almıştır.

Kanarya Adaları'na dönüş yolculuklarında okyanus akıntılarının ve atmosferik rüzgâr döngüsünün farklı mıntıklarından yararlandılar. Burada olan şey, Kanarya Adaları'nın Dünya üzerinde kuzeydoğulu ticaret rüzgârlarının güneybatılı rüzgârlara yol verdiği bölgeye yakın bir yerde olmasıdır. Bu konuya daha sonra geri döneceğiz ama bu noktada rüzgârların ve okyanus akıntılarının adlandırılmasında şaşırtıcı bir tuhaflığı açıklamaya değer. Bir rüzgâr estiği yöne göre belirlenir, bu yüzden kuzeyli bir rüzgâr kuzeyden güneye doğru eser. Diğer taraftan, okyanus akıntıları ise tam tersi şekilde, yönlerine göre adlandırılır. Yani kuzeyli bir akıntı güneyden gelir ve sizi kuzeye taşır. Bu muhtemelen çok kafa karıştırıcı ama bir hassasiyet derecesi taşıyor. Karadayken işin önemli tarafı bir rüzgârın geldiği yönüdür, yani önemli olan fırtınanın nereden geldiği veya yel değirmeni çevirmeniz için gereken yöndür. Ama bir okyanus akıntısı tarafından taşınan bir gemi için önemli olan, sizi nereye götürdüğüdür – özellikle de sizi mahvedebilecek bir resife veya sığlığa doğruysa.⁵

Eğer Kanarya Adaları'ndan İber Yarımadası'na dönmek için açık okyanusa doğru geniş, döngüsel *volta do mar* yoluna yönelirseniz Madeira'ya varırsınız. Madeira aslında Portekiz'e daha yakın olmasına rağmen, Kanarya Adaları ilk olarak kuzeydoğu rüzgârlarının Avrupa gemilerini Cebelitarık Boğazı'ndan buraya taşımasıyla keşfedildi. Birbirini izleyen Portekiz seferleri giderek Afrika kıyısından daha da aşağı ilerlerken Orta Atlantik'teki daha geniş *volta do mar* yoluna yöneldiler ve bu süreçte Azor Adaları'yla karşılaştılar. Bu takımadada, İber Yarımadası'nın kenarından yaklaşık 800 kilometre uzaktadır ve başka bir okyanus akıntısı olan Portekiz Akıntısı gemileri buradan limana geri taşır. Son olarak, Sahra Çölü'nün yerini Orta Afrika'nın sık tropikal yağmur ormanlarına bıraktığı noktada, Afrika kıtasının batısındaki çıkıntının karşısında yer alan Cabo Verde Adaları –adaların ismi “Yeşil Burun” anlamına gelir– 1456 yılında Portekizliler tarafından bulunmuştur.

Kıta sahanlığı üzerinde bulunan ancak yükselen deniz seviyesiyle anakaradan kopan Wight Adası, Mayorka veya Sri Lanka gibi adaların aksine, okyanusta yalıtılmış biçimde duran bu Atlantik Takımadaları deniz tabanından yükselen volkanların uçlarıdır.⁶ Aslın-



Resim 20 Atlantik Takımadaları ve farklı rüzgâr ve akıntı mıntıklarını kullanan örnek *volta do mar* güzergâhları.

da Azor Adaları, İzlanda'ya kadar uzanan okyanus kabuğuna yayılmış büyük bir yarık olan Orta Atlantik Sırtı'nın en yüksek volkanlarının zirveleridir.^{7*}

* Okyanusun genişliği içindeki kara lekeleri olarak stratejik değer taşıyan yalıtılmış volkanik adalar tarihte önemli bir rol oynamıştır. Güney Atlantik'teki Saint Helena, Orta Atlantik Sırtı'ndan doğan ve dünyanın en uçra yerlerinden biri olan başka bir volkanik adadır. Hindistan ve Çin'den dönen Doğu Hindistan Şirketi gemileri için hayati bir mola noktası haline geldi ve İngilizler Waterloo Savaşı'ndaki son yenilgisinden sonra Napoléon'u burada hapsedti. Modern tarihte, Pasifik Okyanusu'nun ortasındaki Hawaii Takımadaları'nın volkanik zinciri, orada hava alanları ve deniz üsleri kuran ABD için büyük stratejik öneme sahipti. Japonlar Aralık 1941'de O'ahu Adası lagününde Pearl Harbor'da konuşlu gemilere saldırdığında, olay ABD'yi İkinci Dünya Savaşı'na çekti. Uzun Hawaii zincirinin en kuzeybatı adalarından biri olan Midway'den ve Amerikan uçak gemilerinden yapılan bombalı saldırılar altı ay sonra Japon filosunu felce uğrattı ve Pasifik'teki savaşın dönüm noktasında belirleyici olduğunu gösterdi.

Atlantik adaları İberyalı kâşifler için önemli yükleme merkezleri sağladı, bunlar okyanustaki sıçrama tahtalarıydı. Özellikle Kanarya Adaları, gemiye erzak ve tatlı su almak için hayati bir durak sunarak daha uzun yolculuklara çıkmalarını sağladı.⁸ Eve dönüş yolunda Azor Adaları benzer bir işlev gördü. Avrupalı denizcilere bilinmeye-ne doğru daha büyük yolculuklara girişmeleri için yeterlilik ve güven kazandıran, Afrika kıyıları arasındaki ilk deniz seferleri ve bu farklı takımadalar çok önemli eğitim alanları olarak hizmet verdi. Gezege-nin okyanusları ve atmosferindeki büyük ölçekli döngüyü ve bu akıntı ve rüzgâr düzenlerinden nasıl yararlanacaklarını anlamaya başladıkları yer burasıydı.

Ne var ki Atlantik adaları kendi başlarına ekonomik açıdan da değerli hale geldi. İklimleri ve zengin volkanik toprakları, onları şeker gibi ekinler yetiştirmek için mükemmel bir şekilde uygun hale getirdi.⁹ Adını Portekizcedeki “orman” sözcüğünden alan¹⁰ Madeira başlangıçta yoğun ormanlık bir alandı ama ormanlar hızla Portekizli denizciler tarafından temizlendi ve arazi şarap ve şeker yetiştiriciliğine dönüştürdü. 15. yüzyılın sonunda, her yıl neredeyse 1.400 ton şeker üretilen Madeira’da¹¹ tarlalarda Afrika anakarasından getirilen köleler çalıştırılıyordu. Yani Atlantik adaları Keşifler Çağı’nda merkezî bir rol oynadı ama onların “keşif”leri, Avrupa’nın genişlemesinin en çirkin yüzünün de habercisi oldu: ülkelerin fethedilmesi, sömürgecilik ve köle işçilerin çalıştırıldığı çiftlikler.

Ümit Burnu’na Doğru

Eğer bir haritaya bakarsanız, Bojador Burnu, Batı Afrika’nın bombeli kıyı şeridinde bir çıkıntıdan daha fazla olmayacak şekilde görünür. Ancak bir zamanlar bu zararsız görünümlü kumulsu burun, Afrika kıyıları boyunca yelken açılabilen en güneydeki nokta olarak kabul edilen ve yelken açmak için tehlikeli görünen bu burun Arapça “Abu Khatar”, Tehlikenin Babası, olarak bilinirdi.¹²

Zamanın denizcilik geleneği gemilerin kıyıya yakın yol almasıydı. Kıyı şeridine yakın kalmak yiyecek ve tatlı suya düzenli erişimi ve daha da önemlisi, deniz seferleri için doğal sınır işaretleri sağladı.

Ancak Bojador Burnu civarında Fas boyunca esen yumuşak rüzgârlar, doğudan gelen ve herhangi bir gemiyi okyanusun açıklarına sürüklenmekle tehdit eden güçlü rüzgârlara yol verir.* Buna ek olarak; burundaki geniş, batık bir kumluk kıyıdan denize 20 mil kadar uzanır ve su derinliğini sadece birkaç metreye indirir. Böylece bu tehlikenin etrafından dolaşmak için kıyı şeridinin görüş alanından çıkan bir gemi, daha güçlü akıntılar tarafından yakalanma ve okyanusa doğru sürüklenme riski taşır.¹³

Fakat sonra Portekizli denizci Gil Eanes, Bojador Burnu'nun etrafından dolaşmasını sağlayan –bugün akıntı yelkenciliği olarak bildiğimiz– yeni bir devrimci teknikle ortaya çıktı. Karmaşık rüzgârlar ve okyanus akıntılarında istenilen yönde yelken açmak için geminizi yolundan saptıran görünmeyen akıntıları hesaba katmalısınız. Eanes'in bunu yapabilmesinin tek yolu, yola çıkmadan önce Kanarya Adaları'ndaki akıntının hem yönünü hem de hızını titizlikle ölçmek ve daha sonra yol boyunca birkaç noktada yelkenlerini çekerek veya yerel akıntı hakkında bir ölçüm almak için çapa atarak güzergâhında gerekli düzeltmeleri yapmaktır. Eanes, ilk başta seyir yaparken zaman kaybetmesini önleyecek yolu tahmin etmiş, hatta belki de modern denizciler gibi deniz haritasına bir üçgen çizerek hesaplama yapmış olabilir: Mevcut konumuyla hedefi arasındaki çizgiyi işaretleyip, akıntıdan sapma hattı ve bu akıntıyı karşılamak için yönelmesi gereken gerçek güzergâhı gösteren üçüncü bir çizgiyle birleştirerek. Böylece Bojador Burnu denizin düzenini anlamaya çalışan Portekiz denizcileri tarafından fethedildi ve bu düzene hükmetmeye başladıkları kıyıda daha uzağa yelken açacak özgüveni kazandılar.

Bir kez Bojador Burnu'nu geçtikten sonra birbirini izleyen Portekiz seferleriyle, Batı Afrika kıyılarında giderek daha da aşağıya doğru ilerleyerek Senegal Nehri'ni ve 570 kilometre açıkta bulunan Cabo Verde Takımadaları'nı buldular. 1460'a gelindiğinde Portekiz-

* Hava akımlarının çoğu görünmezdir ama bu durumda Sahra Çölü'nden kaldırdığı tozla yoğunlaşan rüzgârlar uzaydan açıkça görülebilir. Toz yüklü havanın Atlantik'i geçmesi yaklaşık bir hafta sürer, sonra parçacıklar Amazon Yağmur Ormanları'nın zengin topraklarını dölmek için yere iner.

liler Afrika kıyılarında üç bin kilometre yol kat etmişlerdi ve şimdi Gine Körfezi'ne girmek için Batı Afrika'nın bombeli büyük çıkıntısının kenarına doğru ilerliyorlardı.¹⁴ Burada Gine Akıntısı onları doğuya taşıdı, ama kâşifler Kanarya Adaları'ndan ayrılmalarından bu yana güneye kadar güvenilir bir yoldaş olan kuzeydoğulu rüzgârların hâkim olduğunu buldular. Şimdi okyanusun ekvatora yakın sakin bölgelerinin hafif ve değişken rüzgârlarıyla uğraşmak zorundalardı.

1474'te Portekizli kaptanlar Afrika kıyılarının tekrar güneye döndüğü noktaya ulaştılar ve ekvatoru geçtikten kısa bir süre sonra "Kutup Yıldızı" Polaris'i gözden kaybettiler. Bu, Ursa Minor (Küçük Ayı veya Küçük Kepçe) Takımyıldızı'nda bulunan ve Kuzey Kutbu'nun hemen üzerinde yer alan parlak bir yıldızdır. Bulunduğunuz enlemin ekvatorun ne kadar kuzeyinde olduğunu hesaplamak istiyorsanız basitçe gece gökyüzündeki Polaris ile ufuk arasındaki açıyı hesaplırsınız. Fakat şimdi yıldız gözden kaybolduğunda, denizciler sadece keşfedilmemiş sulara değil; artık seyir tekniklerinin bile işe yaramadığı dünyanın yeni ve garip bölgelerine giriyorlardı. Polaris'i gözden kaybetmek anlamında kullanılan Portekizce kelime, *desnortado* idi –"kuzeysiz" olmak– ve kısa sürede kaybolmanın ya da kafa karışıklığının daha genel karşılığını üstlendi.^{15*} Ancak Portekizli denizciler, Afrika kıyılarından aşağı doğru yollarına devam ederken ters taraftaki ufukta, Güney Yarımküre'de aynı kılavuz işlevini görebilecek parlak bir takımyıldızı olan Güney Haçı'nı** yakaladılar.¹⁶

Portekizliler bu gizemli kıtanın güney ucunu bulma arayışlarını devam ederken her görev yerel coğrafya, diller ve en önemlisi ticareti yapılabilecek mallar hakkında bilgi toplamak için belli aralıklarla durduruldu. Gemiler her seferde ulaştıkları kıyı boyunca diki-
lecek olan taş sütunlarını da beraberinde götürdü. Bunlar sadece Portekiz tacının zaferi için toprak iddiasında bulunmayı amaçlamakla kalmadı, aynı zamanda sonraki yolcular tarafından aşılması gere-

* Eşanlamlı İngilizce kelime Fransızcadan türetilmiştir, yönünüzü kaybetmek anlamında *disoriented* [şaşırmış] hale gelmek, Güneş'in doğduğu yerden doğuya doğru yönünü kaybetmiş olmak demektir.

** Crux. (Y.N.)

ken görünür bir işaret görevi de üstlendi.¹⁷ Yeni sınırlara doğru yelken açan gemilerin ambarlarında sallanıp yuvarlanan bu küçük anıtlar, ABD astronotlarının Apollo uzay araçlarında Ay'a taşıdıkları bayrakların 15. yüzyıldaki karşılığıydı.

Ancak tamamen yeni ve her şeyi kökten değiştiren bir yaklaşım gerekiyordu ve Afrika'nın ucundan ilk başarılı geçiş, bu yavaş ilerlemede bir kademe atlanmasına yol açtı.

1487 yazının sonunda, Bartolomeu Dias*, Lizbon'dan yola çıktı, Kanarya Adaları'nı geçti, Bojador Burnu'nu dolaştı ve artık Portekizli denizciler için on yıllardır tanınan, Afrika kıyı şeridi boyunca uzanan güzergâhı takip etti. Denizde dört ay geçirdikten sonra, Dias önceki seferlerin ulaştığı en uzak noktayı işaret eden taş sütunu geçmişti. Kıyı şeridini takip etmeye devam ederken, haritadaki ilerlemesini işaretleyen zaman damgaları gibi, Azizler Günü'nden sonra karşılaştığı koy ve burunlara isim verdi: Santa Martha Körfezi (8 Aralık), São Tomé (21 Aralık), Santa Vitória (23 Aralık) ve benzerleri. Noel günü, gezginlerin koruyucusu St. Christopher Körfezi'ni vaftiz etti.¹⁸ Bu kıyı şeridi boyunca Dias'ın gemileri hem güneydeki sabit bir rüzgâra hem de kıyı şeridinin kuzeyine doğru iten ters akıntılara karşı ilerliyorlardı. Sonra Dias mükemmel bir karar verdi. Sahilin konforunun ve güvenliğinin ufukta uzaklaşmasını izleyerek, gemilerini karadan uzaklaştırdı ve uçsuz bucaksız okyanusa doğru yola çıktı. Umudu, Kanarya Akıntısı'na karşı Kuzey Afrika kıyılarından eve dönmek için gerekli olan hilenin aynısının –batı rüzgârlarını yakalamak için döngüsel *volta do mar* yolu üzerinden denizde daha açığa ilerlemek– Güney Atlantik'te de çalışarak onları Afrika'nın güney ucuna taşıması ve böylece doğuya giden geçidi bulmaktı. Dias'ın parıltılı öngörüsü işe yaradı ve yaklaşık 38° güneyde umutla beklenen batı rüzgârlarını yakalamaya başladı. Nihayet gemiler bu rüzgârlarla doğuya döndüler ve Güney Atlantik'in özelliiksiz genişliklerinde yaklaşık bir ay kaldıktan sonra, sonunda karaya ayak bastılar. Kıyı şeridini takip ederek kıyıların artık kuzeydoğuya doğru ilerlediğini fark ettiler, Afrika'nın

* (1450-1500): Portekizli kâşif, denizci. Ümit Burnu'nu aşarak Atlas ve Hint okyanusları üzerinden Asya'ya giden yolu bulmuştur. (Y.N.)

güney ucunu başarıyla dolaşmış ve uçsuz bucaksız kıtanın uzak tarafına varmışlardı. Fakat gemideki erzaklar tükenirken, Dias son işaret sütununu dikip eve dönmek zorunda kaldı. Sadece geri dönüş yolunda gözüne takılan şey, kıtanın ucu olduğuna inandığı yerdı. Burayı Atlantik ve Hint okyanuslarının kesiştiği noktadaki çalkantılı koşulları yansıtmak için Fırtınalar Burnu olarak adlandırdı. Dias'ın eve dönüşünde Kral II. João, sonraki kâşif dalgalarının cesaretini kırmamak için adını Ümit Burnu olarak değiştirdi.^{19*}

Dias'ın yolculuğu tarihin akışını değiştirecekti. İlk olarak, klasik coğrafyacı Ptolemaios'un yanlışlığını ve Afrika'nın bir *sonu* olduğuna doğruladı. Avrupa'dan Hint Okyanusu'nun zenginliklerine ulaşan ve İslam dünyasını atlatan bir deniz yolunun olması son derece akla yatkındı. İkincisi ve daha da önemlisi, Güney Atlantik'te denizcileri kıtanın ucuna güvenilir bir şekilde taşıyabilen batı rüzgâr şeridini keşfetmişti.²¹ Çözüm, Afrika kıyı şeridinde yaklaşp ekvatoru geçtikten sonra Kuzey akıntılarına karşı savaşmak yerine, Orta Atlantik'e doğru geniş bir döngü güzergâhına yönelmektir. Kuzey ve Güney yarımkürelerdeki rüzgâr bantları birbirlerinin yansımalarıdır, bu yüzden Kuzey Atlantik'te Kanarya Adaları'ndan dönmek için geliştirilen aynı *volta do mar* hilesi Güney Atlantik'te de işe yarar. Bu, Avrupalı denizcilere gezegenin okyanuslarındaki ve atmosferindeki, kısa sürede daha derinden kavrayıp yararlanmaya başladıkları, büyük ölçekli dolaşım kalıplarının ilk ipucunu verdi.

Yeni Bir Dünya

Portekizliler Afrika'nın güney ucunda bir yol bulurken, Cenevizli bir denizci ters yöne doğru yapacağı bu yolculuk için destek toplamaya çalışıyordu: Batıya yelken açarak doğuya ulaşabileceğine inanıyordu. Krallıklarını birleştirip sonunda İspanya'yı kurmak için 1469'da Aragon Kralı II. Ferdinand'la evlenen Kastilya Kraliçesi Isa-

* Tarihin belki de en büyük övgüsü, daha sonra İspanya'yı birleştiren Kastilya kraliçesi Isabella tarafından Kral II. João'ya yapıldı. Ondan sadece "Adam"²⁰ diye bahsediyordu (Bruce Springsteen'inkinden çok daha iyi bir lakap)...

bella'nın himayesine girdi. Himayesine girdiği insanlar tarafından Cristóbal Colón olarak tanınıyordu. Biz ona Kristof Kolomb diyoruz.

Bugün yaygın olan bir görüşün aksine, Ortaçağ Avrupa'sında hiçbir eğitilmiş insan Dünya'nın düz olduğuna inanmadı. MÖ 3. yüzyılda İskenderiye Kütüphanesi'nde çalışan Yunan coğrafyacı, astronom ve matematikçi Erotosthenes, Dünya'nın bir küre şeklinde olduğunu ve çevresinin –gerçek değerine oldukça yakın bir doğrulukla– 250 bin *stadium** yani yaklaşık 44 bin kilometre olduğunu hesapladı. Gerçekten de denizcilerin bulundukları enlemi yıldızlara bakarak çizmesi için kullanılan göksel navigasyon teknikleri, Dünya'nın yuvarlak olduğu prensibine dayanmaktadır. Kolomb, Avrupa'dan batıya yelken açarak Hindistan'a ulaşabileceğini söyleyen ilk kişi değildi, Romalı coğrafyacı Strabon da MS 1. yüzyılda aynı şeyi önermişti. Suyla kaplı ufkun ötesinde bir şeylerin bulunduğuna dair kanıtlar vardı. Atlantik adalarından gelen raporlar, batıdan sürüklenerek gelen enkazlardan bahsediyordu: yabancı ağaçlar, kanolar ve görünüşleri ne Avrupalı ne de Afrikalı olan insan bedenleri.²²

Kolomb, keşfi için mali destek sağlamak amacıyla olası hamilelerini, önerilen yolculuğun ulaşılabilir olduğuna ikna etmek zorundaydı. Fakat böyle bir yolculuğu tamamlamadan önce Avrupa kıyısından batıya doğru Çin'e ya da Hindistan'a yapacağınız seferin mesafesini nasıl tahmin edebilirsiniz? Çözüm, Dünya'nın hesaplanmış çevresiyle başlamak ve daha sonra Avrupa'dan Doğu'ya olan kara mesafesini bundan çıkarmaktı – Avrasya'nın yaklaşık genişliği İpek Yolu üzerindeki gezginlerden biliniyordu. Sorun, bu hesaplamalarla okyanus üzerinden batıya doğru ulaşmak için gidilecek mesafenin yaklaşık 19 bin kilometre olduğu, bir başka deyişle, düzenli rüzgârlarla dört aylık gemi yolculuğu gerektirdiği sonucuna varılmış olmasıydı. O zamanlar böyle bir yolculuk tamamen imkânsızdı. Gemiler, taze erzak için karaya inmeden mürettebatını açık denizlerde bu kadar uzun süre hayatta tutacak kadar yiyecek ve temiz su taşıyamazdı.

Kolomb, engellenmemek için, kendi inançlarının gücünü özüm-

* Antik Yunan'da spor stadyumunun çevresine dayalı uzunluk birimi. (Y.N.)

semiş her uzlaşmaz müminin yapacağı bir tür kurnazlıkla hileye başvurdu. Rakamlarla oynadı. Kolomb, Avrasya'nın genişliğine dair yapılmış olan en yüksek tahminle birlikte Dünya'nın çevresi için o dönemde mevcut en düşük hesaplamasını yaparak batıya olan deniz mesafesini önemli ölçüde kısalttı. Sadece Dünya'nın çevresini gerçekte olduğunun üçte biri oranında eksik hesaplamakla kalmayıp; Japonya'nın, Çin'in 2.400 kilometre doğusunda olduğuna inanan yani uzun deniz yolculuğunu kısa kesme şansını sunan, Floransalı matematikçi ve haritacı Paolo dal Pozzo Toscanelli'nin ölçümlerini kullandı. Kolomb, Kanarya Adaları'ndan sonra sadece 3.900 kilometre yol kat ederek Japonya açıklarındaki adalarda karaya çıkacağını savundu. Bu sefer, sadece bir aylık bir zaman alacaktı. Gerçekten de Kolomb, Doğu'nun Azor Adaları'ndan çok da uzak olmadığını iddia etti.²³ Yol üzerinde bilinmeyen bir kıtanın uzanıyor olma olasılığını hiç düşünmemişti, yaptığı hesaplamalara göre Batı denizlerinin de böyle bir şey için yeterli alan yoktu.

Ancak Portekizliler girişime finansal destek sağlamayı reddetti. Kral II. João'nun danışmanları Kolomb'un rakamlarını tehlikeli bir yanlış değerlendirme ve gözü kara bir teklif olarak ele aldılar. Yine de Bartolomeu Dias, Ümit Burnu'nu başarıyla dolaşmış ve Portekiz'e Afrika yolu üzerinden Hint Okyanusu'na açılan kapıyı göstermişti. Venedikliler ve İngilizler de bu işe karışmayı reddettiler ama sonunda Kolomb'un İspanyol sarayındaki sürekli lobi faaliyetleri meyvelelerini verdi. Kraliçe Isabella'ya, teklifin yüksek riskli olmasına rağmen muazzam kazanımlar da sunabileceği, bu yüzden kabul etmesi gerektiği tavsiye edildi. İşte burası bir aşamada tarihin kör talihinin Kolomb'un kaderinden yana döndüğü yerdir.

1479'da Kastilya Veraset Savaşı'nı sona erdiren Alcaçovas Antlaşması'yla Portekizliler Madeira, Azor ve Cabo Verde Adaları'nı elinde tutarken Kanarya Adaları Kastilya'nın elinde kalmıştı. Kastilya gemilerinin bu takımadalara yelken açmasının yasaklanmasıyla, bu antlaşma açıkça Atlantik'teki Portekizlilerin lehine işledi. Gerçekten de Portekizlilere, Kanarya Adaları'nın güneyinde bulunan ya da bulunacak olan herhangi bir toprak parçası üzerinde ayrıcalıklı haklar verildi. Kastilya toprak ve ticaretle ilgili kendi çıkarlarının peşinden koş-

mak istiyorsa, kaptanlar batıya yönelmek zorunda kalacaktı. Tesadüfe bakın ki, Kanarya Adaları, Atlantik boyunca bu yönde seyreden gemiler için mükemmel bir başlangıç noktası sağlıyordu.

Kolomb'un teklifi Kral II. João tarafından kabul edilmiş olsaydı, batıya doğru cüretkâr yolculuğuna Azorlar Adaları'ndan çıkmış olacaktı. Madeira ve Kanarya Adaları'nın yaklaşık 850 kilometre batısında uzanan bu adaların Avrupa'nın kenarından Amerika kıyılarına giden yolun yaklaşık üçte birinde yer aldıklarını biliyoruz. Ancak Azorlar aynı zamanda diğer Atlantik adalarından daha kuzeyde yer alır ve bu enlemde doğuya doğru esen hâkim rüzgârlar herhangi bir Atlantik geçişi için elverişsizdir. Fakat Kanarya Adaları, Karayipler'e kadar esen kuzeydoğu ticaret rüzgârları bölgesi içinde uzanır. Tamamen tarihî bir rastlantı sonucunda Isabella'nın hamiliği –ve Alcaçovas Antlaşması– Kolomb'un rüzgârın Amerika kıtası yönünde estiği bir takımadadan geçmeye çalışması anlamına geliyordu. Eğer denize Azor Adaları'ndan açılsaydı büyük ihtimalle okyanusun derinliklerinde yok olacaktı.²⁴

3 Ağustos 1492'de Kolomb'un üç gemisi Palos de la Frontera Limanı'ndan demir aldı ve Kanarya Adaları'na doğru güneybatıya yelken açtı. Kolomb burada erzaklarını yeniden stokladı, bazı onarımlar yaptı ve gemilerinin pruvasını günbatımına doğru çevirdi. Atlas Okyanusu'nun özelliği olmayan sonsuzluğu üzerinde doğu ticaret rüzgârları tarafından taşınarak, beş hafta sonra Bahamalar'da karaya çıktılar.*

Kolomb daha sonra Küba ve Hispaniola kıyılarını bulmak üzere daha uzağa, güneybatıya doğru devam etti. Burada İspanyolların *Cariba* veya *Caniba* adını verdikleri Küçük Antiller adalar dizisinde yaşayan bir halk olduğunu duydu ki biz de “Karayipler”*** ve “yam-yam”*** sözcüklerini buradan alıyoruz.****

* Bu şekilde, Kolomb'un, levha tektoniğiyle açılması 100 milyon yıldan fazla süren okyanusu aşması bir aydan sadece biraz fazla sürdü.

** İngilizcesi Carribean. (Ç.N.)

*** İngilizcesi *canibal*. (Ç.N.)

**** Ayrıca burada Batı Hint Adaları yerlilerinden yüzyıllar boyunca güvertede uyuyan Avrupalı denizcilerin uyuma şeklini değiştiren hamakları öğrendi.

Bu adaları bulduktan dört ay sonra Kolomb, umduğu zenginlik ve şöhrete ulaşmak için eve dönmeye hazırdı. Fakat daha önce deniz yoluyla ulaşılmamış bir yerden nasıl geri dönülebilir ki? Kolomb ilk önce basitçe geldiği yoldan geri dönmeye çalıştı ama kısa süre sonra gemilerinin, onları aynı doğu rüzgârlarına karşı dışarı doğru iten bir yolu izlemekte zorlanacağını ve karaya ulaşmadan önce erzakın tükenme riskiyle karşı karşıya olduklarını fark etti. Onun yerine kuzeye dönmeye karar verdi ve orta enlemlerde, Azor Adaları'nı geçen ve onu Avrupa'ya geri taşıyan aynı batı rüzgâr şeridini yakaladı. Bu nedenle Portekizli denizcilerin, hâkim rüzgârların komşu enlem kuşaklarında zıt yönlerde doğru estiği ve henüz o doğmamışken bile, on yıllar boyunca Afrika kıyılarından aşağı ilerlemek için sarf ettikleri düzenli çabalarla başarılı oldukları bilgisine sahip olmasaydı Kolomb'un seferi imkânsız hale gelecekti.²⁵ Kışın ortasında Atlantik'i geçmek yorgun denizcileri şiddetli fırtınalara maruz bıraktı ama bir ay süren yolculuktan sonra Kolomb'un gemileri Azor Adaları'na sağ salim vardı²⁶ ve oradan İspanya'ya döndüler.

Kolomb, Karayipler'deki tropik ada zincirlerini haritalayarak batıya toplam dört sefer yaptı ancak bugünkü Venezuela'da Amerikan anakarasına fiilen ayak basması üçüncü sefere kadar sürdü. Yine de Kolomb hayatının sonuna kadar doğruya ulaşmış olduğunu savundu.²⁷

1500'lü yılların başında, iç kesimlerdeki geniş bir alanın suyunu taşıdıkları varsayılan büyük nehirlerle, ekvatoru geçerek devam eden uzun Güney Amerika kıyı şeridinin yanı sıra, onlarca tropik ada Avrupalı denizciler tarafından haritalandırılmıştı. Diğer kâşifler de kuzeyde büyük kara kütleleri bildirdi. İspanya'nın Kanarya Adaları enlemi üzerinden Asya'ya kadar ulaşan sözde yeni güzergâhı yüzünden paniğe kapılan İngiltere Kralı VII. Henry, Venedikli denizci Giovanni Caboto'yu (veya John Cabot) Kuzey Atlantik üzerinden başka bir yol bulması için, sonunda Kuzey Amerika'daki Newfoundland'e ulaşan, bir keşif seferine yolladı.

Kolomb'un Doğu'ya ulaşamadığı ortaya çıktı ama tam olarak ne keşfedilmişti? Avrupalılar, batıdaki toprakların belki de bir dizi yeni ada değil; tek bir kıyı şeridi olduğu ve bütün bir kıtayı tesadüfen bulduklarını anladılar – tam bir Yeni Dünya.

Küresel Rüzgâr Makinesi

Portekizliler, sonunda güney ucunu ve Hint Okyanusu'na açılan geçidi bulmadan önce, yüzyılın en iyi dönemini Afrika kıyılarından aşağı santim santim ilerleyerek geçirmişlerdi. Şimdi, 1492'de Amerika kıtasının keşfinden bir nesil sonra Avrupalı denizciler tüm dünya okyanuslarını boydan boya geçtiler ve Dünya'nın etrafını dolaşan ilk gemi yolculuğunu tamamladılar. Bu, günümüzün küresel ekonominin doğuşunu müjdeleyen bir devrimdi.

Tüm bunlar sadece denizcilerin dünya çapındaki güvenilir rüzgâr ve akıntı düzenlerini anlayarak Avrupa'ya büyük zenginlikler getiren ticaret yollarını belirlemeleri sayesinde mümkün oldu. Ama dünyanın dört bir yanında hâkim olan bu değişken rüzgâr şeritlerine ne sebep oluyor?

Dünya'nın en sıcak bölgesi, yıl içinde Güneş ışığını en doğrudan alan yer olan ekvatordur. Ekvatorial yüzeye yakın olan hava ısınır ve yükselir ama yükselirken soğur, nem bulutların içinde yoğunlaşır ve sonra yağmur olarak düşer. Yüksek irtifada soğuyan hava kütlesi, atmosferdeki yüksek bir T-kavşağı gibi kuzey ve güneye doğru birbirinden uzaklaşıp ayrılır. Artık çok kurumuş olan bu kolların her biri kuzey ve güney yarımkürede, yaklaşık 30° enleminde tekrar yere inmeden önce –ekvator ve kutup arasındaki yolun kabaca üçte birini geçerek– üç bin kilometre civarında yol kat eder. Dünya'nın çevresindeki bu iki kuşağa, “alt tropikal yüksekler” denir çünkü burada havanın aşağı doğru bastırılmasıyla az miktarda yüksek basınç oluşur. Diğer taraftan, ekvatordan yükselen sıcak hava ise geride bir alçak basınç bölgesi bırakır.

30° enlemdeki alt tropikal yükseklerden gelen hava, bu büyük dikey çevrimi tamamlamak için yüzey rüzgârları halinde ekvatora doğru geri döner. Avrupa'dan Amerika kıtasına geçiş için çok önemli olan bu düzenli rüzgârlar bölgesi, son bölümde tartıştığımız dünyanın en büyük tropikal yağmur ormanları ve orta enlem çöllerini üreten aynı atmosferik dolaşım örüntüsünün bir göstergesidir. Bu iki büyük atmosferik dolaşım örüntüsü, tıpkı evdeki radyatörün-

zün etrafındakiler gibi, Hadley hücreleri olarak bilinen çevirim akımları ve ekvator tarafından ayrılmış ve zıt yönlerde dönen çiftle dişliler gibi çalışırlar. Ekvatorial ısınmayla yönlendirilen –temelde bir buhar motorundan veya arabanızdaki içten yanmalı motordan farklı olmayan ama yaklaşık 200 milyon watt’lık bir güç oranına sahip–²⁸ Hadley hücrelerinin hareketi büyük bir ısı motorudur ve bugünün küresel insan uygarlığının tüm güç kullanımından on kat daha büyüktür.

Gezegeneğimizin yeryüzündeki rüzgârları etkileyen önemli bir yönü daha var. Gezegeneğimiz ve atmosferi dönüyor. Dünya katı bir küre olduğu için bu ekvatordeki yüzeyin daha yüksekteki enlemlerdeki yüzeyden daha hızlı hareket ettiği anlamına gelir. Böylece hava alt tropikal yükseklerden ekvatora doğru geri dönerken, yer doğuya doğru giderek daha hızlı döner. Yer ve yüzeyle birlikte havayı da sürüklemeye başlayan atmosfer arasında az miktarda sürtünme vardır ama hava hareket ettikçe yan taraflar yeterince çabuk hız kazanamaz ve ekvatora doğru esen rüzgârlar dönen yüzey tarafından geride bırakılır. Sonuç olarak, etkin bir şekilde, batıya doğru hafifçe kavis çizen bir yöne saptırılmış olurlar. Bu Coriolis etkisi olarak bilinir ve örneğin balistik füzelerin yörüngesi gibi dönen bir kürenin yüzeyinde hareket eden her şeyi etkiler. Ya da başka bir deyişle, kendinizi tropik sularda sallanan bir gemide hayal ederseniz, hâkim rüzgârlar doğudan esiyor gibi görünür ama daha doğru bir açıklama, sizin ve Dünya’nın yüzeyinin atmosferin içinden geçerek hızla dönüyor olması olacaktır, yani doğu rüzgârları üstü açık bir arabayla yokuş aşağı hızla yol aldığınızda saçınızı savuran rüzgâr gibidir.

Kuzey Yarımküre’de esen rüzgârlar Coriolis etkisiyle sağa, güneydekiler ise sola doğru yön değiştirir. Böylece 30° kuzey ile ekvator enlemi arasındaki hâkim rüzgârlar güneybatıya doğru kavisli bir yol izler ve terminolojide kuzeydoğu rüzgârları olarak adlandırılırlar. Aynı şey Güney Yarımküre’de de geçerlidir, yüzey boyunca ekvatora doğru kuzeye dönen hava tekrar batıya doğru yön değiştirir ve hâkim güneydoğu rüzgârlarını meydana getirir. Bu doğu rüzgârları, ticaret rüzgârları olarak bilinir ve tropikal ku-

şaktan esen güvenilir rüzgârlar olarak denizciler için kesinlikle çok önemlidirler.*

Kuzeydoğu ve güneydoğudan dönen ticaret rüzgârlarının ekvator çevresinde birbiriyle buluştuğu şerit, modern atmosfer bilimciler tarafından İntertropik Yakınsama Bölgesi (İYB)** olarak adlandırılır. Fakat denizciler tarafından sakın ekvatorial kuşak*** olarak bilinir. İlk kez 15. yüzyılın sonlarında Afrika kıyılarından aşağı yelken açan Portekizli denizcilerin ekvatoru geçerken karşılaştıkları bu düşük basınçlı hava bölgesi, hafif rüzgârlar veya ölüm sükûnetine sahip dönemleriyle nitelenmiştir. Bölge, rüzgârın tekrar toparlanmasını veya onları taşıyacak bir okyanus akıntısının gelmesini bekleyen gemiler için bir felakete dönüşebilir. Kendilerini haftalarca hareketsiz ve ekvatorun bu durgun kuşağına sıkışmış halde bulabilirler. Sıcak ve bunaltıcı iklime sahip bu ekvatorial bölgede, bu durum sadece taşınan malların zamanında teslim edilememesi değil; aynı zamanda gemideki tatlı su kaynağı bittiğinde ölmek anlamına da gelir. Samuel Taylor Coleridge, “Yaşlı Gemici”de Pasifik’teki durgun kuşakta hareketsiz kalan denizcilerin çaresizliğini anımsatır:

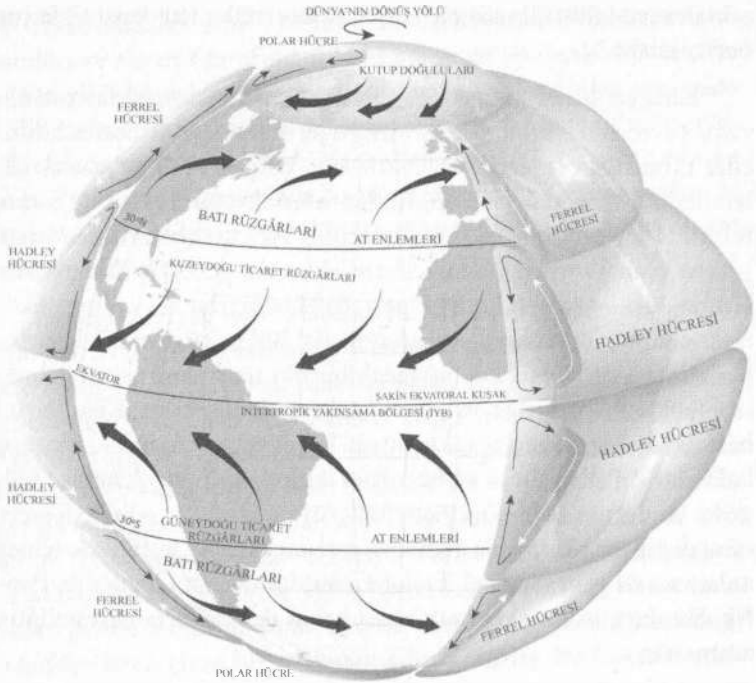
Günler boyu, günler boyu,
Mahsur kaldık ne bir nefes ne hareket;
Resimdeki bir gemi gibi eylemsiz
Resimdeki bir okyanus üzerinde.

Su, su, her yerde,
Ve bütün kalaslar suyu çekti;
Su, su, her yerde,
İçecek bir damla yok

* Şaşırtıcı olsa da bu rüzgârların adı alım satım anlamındaki “ticaret”ten türetilmemiştir. Aslında terim 16. yüzyıldaki farklı bir kullanımdan kaynaklanmaktadır: “Ticaret esen” bir rüzgâr, onun sabit bir yönde estiği anlamına gelir. Yani sözcük anlayışımızda keşif ve ticaret için çok kullanışlı olduğunu kanıtlayan ticaret rüzgârları, sabittir.

** Intertropical Convergence Zone (ITCZ.) (Y.N.)

*** İngilizcesi, *doldrum*. (Ç.N.)



Resim 21 Dünya atmosferindeki hâkim rüzgârların değişken şeritlerini oluşturan büyük döngü akımları.

İYB'nin konumu Güneş tarafından ısıtılan yükselen havayla belirlenir, bu nedenle mevsimlerle birlikte ekvatorun geometrik çizgisinin kuzey ve güneyine kayar. Kara, yaz aylarında okyanustan daha hızlı ısındığı için, İYB şeridi kıtalar tarafından ekvator'dan daha uzağa çekilir. Bu nedenle dünyanın bel kısmı etrafında tamamen sinüs eğrisi şeklinde yılan gibi kıvrılan bir yol izler. Bu İYB'nin kesin konumunun ve genişliğinin tahmin edilmesini zorlaştırır ve gemicilerin sakin ekvatorial kuşağa yakalanma riskini artırır.

Hadley hücrelerinin alçalan kollarının bulunduğu 30° enlemin ötesinde, yüzeye yakın havanın yaklaşık 60° kuzey veya güneyinde, ekvator'dan daha soğuk olsa da atmosfere yükselmek ve başka bir çevrim döngüsünü kullanmak için hâlâ yeterince sıcaktır. Tıpkı

Hadley hücrelerinde olduğu gibi, bu döngünün altındaki ekvatora doğru esen yüzey rüzgârlarının yönü Coriolis etkisiyle sağa doğru düzgün bir şekilde değişir ve kutup doğruları* adı verilen rüzgâr şeridini oluşturur. Dünya atmosferindeki üçüncü ve son büyük döngü akımı çifti, 30° ile 60° arasındaki orta enlemlerde hareket eden iki Ferrel hücresidir. Ancak diğer ikisinin aksine, doğrudan kendi içindeki havanın yükselmesiyle değil, aralarına yerleştiği Hadley ve Polar hücrelerinin dönmesiyle yönlendirilen Ferrel sistemi hareketsizdir. Neredeyse iki güçlü dışı tarafından iki ucuna doğru boşa dönen bir dışı gibi hareket etmeye zorlanır. Ferrel ve Hadley hücrelerinin alçalan kollarının yaklaşık 30° kuzey ve güneyde birleştiği yerde, “at enlemleri” olarak bilinen iki alt tropikal yüksek basınç sırtı oluştururlar. Bu bölgeler aynı zamanda hafif, değişken rüzgârlar veya sakin koşullarla nitelendirilir bu yüzden denizciler, durgun kuşaklar gibi onlara karşı da dikkatli olmayı öğrenmiştir.

Ferrel hücreleri Hadley ve Polar hücreleri tarafından yönlendirildiği için her iki tarafta zıt yönlerde doğru dönerler. Bu gerçek Yelken Çağı’nda son derece önemli olmuştur. Ferrel hücrelerinin yüzey rüzgârları ekvatora değil kutuplara doğru eser ve bu yüzden Coriolis etkisine girmek yerine onları ters yönlerde saptırır. Burası batı rüzgârlarının bölgesidir. Rüzgârların iki farklı enlem kuşağı –Hadley hücresinin ticaret rüzgârları ve kutup doğruları– batıya doğru eser ama doğuya gitmek istiyorsanız bunu ancak iki Ferrel hücresinin ve ürettikleri batı yüzey rüzgârlarının alanları içinde yapabilirsiniz. Bu, ilk kez eve dönmek için bu bölgeye doğru kuzeye yelken açması gerektiğini fark eden Kolomb tarafından kullanılan, Orta ve Kuzey Amerika’dan Avrupa’ya dönüş yoludur.

Batı rüzgârları bölgesi Güney Yarımküre’de de son derece yaşamsal bir öneme sahipti. Daha önce de belirttiğimiz gibi, kıtaların levha tektoniği nedeniyle oluşmuş mevcut dağılımının bir cilvesi nedeniyle, Kuzey Yarımküre kara kütleleri ve rüzgâr akışını bozan sıradağlarla doludur. Diğer taraftan açık okyanusun hâkimiyetindeki

* (İng.) *Polar easterlies*. (Y.N.)

Güney Yarımküre’de rüzgâr hiç kesilmez. Batı rüzgârlarının çevresindeki kesintisiz koşuşturmaları sadece Güney Amerika’nın alt ucu ve Yeni Zelanda’nın iki adasının yaklaşık 40° aşağısında engellenir. Bu yüzden, denizcilerin “Kükreyen Kırklar”^{*} adını verdikleri bu bölgedeki güneybatı rüzgârları kuzeydeki muadillerine göre çok daha güçlü olma eğilimindedirler. Denizciler, şiddetli rüzgâr ve dalgalar, soğuk iklim ve buzdağlarından gelen tehditlerin riskini alarak daha da güneye itmeye cesaret ederlerse, çok daha güçlü Öfkeli Elliiler veya Haykıran Altmışlar’dan yararlanabilirler.^{**}

Ekvator ve kutuplar arasındaki değişken rüzgâr şeritlerinin bu düzeni dünyamızı büyük ticaret ağlarıyla örmek için son derece önemli olan okyanus akıntılarını da yönlendirir. Doğu ticaret rüzgârlarının komşu bölgeleri ve batı rüzgârları yüzey suyunu zıt yönlere üfürür. Bu durum, kıtaların sadece dünyayı çevreleyen suyu engellediği ve küre boyunca kuzeye veya güneye doğru hareket eden suyun da Coriolis etkisini hissettiği gerçeğiyle birleştiğinde okyanus girdapları olarak bilinen, dönen yüzey akıntıları oluşturur. Kuzey ve Güney Atlantik, Kuzey ve Güney Pasifik ve Hint Okyanusu’nda beş büyük girdap vardır. Bu okyanus girdapları kuzey yarımkürede saat yönünde, güneyde ise saat yönünün tersine döner ve rüzgâr şeritlerinin yönü gibi ekvator üzerinde birbirlerini ayna görüntüsü gibi yansıtırlar.

Daha önce gördüğümüz gibi, Kuzey Afrika kıyıları boyunca akan Kanarya Akıntısı, Fenikeli ve daha sonraki İberyalı denizciler tarafından çok iyi biliniyordu. Bu, Kuzey Atlantik’te dolaşan girdabın doğu koludur, Karayipler’den Kuzey Avrupa’ya kadar sıcak su taşıyan Gulf Stream ise batı kolunu oluşturur. Gulf Stream, 1513 yılında Florida kıyıları boyunca güneye yelken açan İspanyol kâşiflerin güçlü bir rüzgârla denize açılmalarına rağmen, geriye doğru itildiklerini fark etmeleriyle keşfedildi. Çünkü su havadan çok daha yoğun olduğu için, yumuşak bir okyanus akıntısı bile bir yelkenli

* Güney Yarımküre’de 40° ile 50° enlemleri arasında şiddetli rüzgârların görüldüğü bölgeler. (Ç.N.)

** Dünyanın 50° ile 60° güneyinde şiddetli rüzgârların görüldüğü bölgelere “Öfkeli Elliiler”, 60° ile 70° güneyindekilere ise “Haykıran Altmışlar” denir. (Y.N.)

gemi üzerinde rüzgârdan çok daha büyük bir etkiye sahip olabilir. Gulf Stream'in ticari etkileri çabucak fark edildi, ağır yüklü kalyonların, sadece onları kolayca kuzeye taşıyıp sonra batı rüzgârlarıyla döndürerek eve götürecektir olan, okyanusun içindeki bu geniş ve hızlı akan nehrin içine girmeleri gerekiyordu.²⁹ Güney Amerika'nın doğu kıyısı boyunca uzanan Brezilya Akıntısı, Gulf Stream'in ayna görüntüsünün karşı tarafıdır ve gemileri güneye, sonradan Hint Okyanusu'na varmak için Afrika'yı dolaşmalarını sağlayan batı rüzgârlarının olduğu bölgeye taşır.*

Yani genel olarak, her yarımkürede gezegeni saran atmosfer, dünyanın etrafına sarılmış dev tüpler gibi, her biri olduğu yerde dönen üç büyük döngü hücrelerine ayrılır, bu hücreler mevsimlerle birlikte kuzey ve güneye doğru biraz yer değiştirir. Bunlar gezegenin dolaşan okyanus akıntılarını yönlendiren ana rüzgâr bölgelerini –doğu ticaret rüzgârları, batı rüzgârları ve kutup doğuluları– oluştururlar. Bu nedenle Dünya'daki tüm rüzgâr düzeni üç basit gerçekle açıklanabilir: Ekvator kutuplardan daha sıcaktır, sıcak hava yükselir ve dünya döner.

Bu, dünya çapında belli bir kuşak boyunca esen rüzgârların genel modelini özetler. Fakat dünyanın, Avrupalılar onunla karşılaşmadan çok önce gelişen bir deniz ticaret ağını yönlendiren benzersiz rüzgâr sistemine sahip bir bölgesi var.

Muson Denizlerinin İçinde

“Muson” sözcüğünü duyduğunuzda zihniniz bereketli, ağır damlalar halinde şiddetle yağın yağmur tarafından kırbaçlanan yem-

* Okyanusun bu dönen geniş girdaplarında akışkan dinamiğinin rolü, yüzeydeki cisimleri girdabın merkezine çekmektir. Sargasso Denizi, Kuzey Atlantik Girdabı'nın ortasında yer alır ve açık okyanusun deniz olarak sınıflandırılan tek bölgesidir. Sık yosunlarla kaplı mavi sulardan oluşan bu bölge bine üç bin kilometrelik bir alan oluşturur. Aynı alanda toplanma süreci son zamanlarda büyük miktarda plastik atığın Kuzey Atlantik Çöp Alanı adı verilen bölgede yoğunlaşmasına neden olmuştur, Pasifik Çöp Girdabı'nda da benzer bir kirlilik yoğunlaşması bulunur.

yeşil ve çamurlu bir Hindistan manzarasıyla dolabilir. Sözcük Arapça *mausim*'den türetilmiştir ve anlamı "mevsim"dir³⁰ ve elbette musonlar Güneydoğu Asya boyunca tarımı şekillendiren yağışlı ve kuru mevsimler için büyük öneme sahiptir. Ama bilimsel olarak konuşacak olursak, muson yağmurları Güney Asya'daki farklı atmosferik koşulların ve hâkim rüzgârların yönündeki belirgin ritmik geri dönüşlerin bir sonucudur. Burada, Portekizli denizcilerin daha önce Akdeniz'de ya da Atlantik'te karşılaştıkları her şeye tamamen yabancı bir rüzgâr sistemi vardı.

Başka bir Portekizli kâşif olan Vasco da Gama, Bartolomeu Dias'ın ayak izlerini (veya gemisinin izini) takip ederek 1497 yazında Hindistan deniz güzergâhını tamamlamak için Lizbon'dan yelken açtı. Vasco da Gama kuzeybatı Afrika kıyıları boyunca alışılmış olan yolu seçti, Cabo Verde Adaları'nda yeniden suya açıldı ve Afrika'nın çıkıntısının etrafından dolaştı. Ama tanıdık Afrika kıyı şeridini Gine Körfezi'ndeki durgun kuşağın kıyısından geçmek yerine, gemilerini güneybatıya, Atlantik'in açık alanına çevirdi ve Dias'ın *volta do mar*'ını genişleterek, karadan binlerce kilometre uzağa götüren büyük bir döngü güzergâhına dönüştürdü.³¹ Denizde çok uzak bir yerde bulunan, Dias tarafından on yıl önce keşfedilmiş olan ve onu, Afrika'nın ucuna kadar doğuya doğru kolaylıkla götüren batı rüzgârlarını alana dek sürekli güneye taşıyan Brezilya Akıntısı'yla karşılaştı. Da Gama ve mürettebatı Atlantik boyunca yaklaşık on bin kilometre yolculuk yaparak denizde üç aydan fazla zaman harcamıştı, bu da o zamanlar açık okyanusta yapılan açık ara en uzun süreli yolculuktu. Karşılaştırıldığında, Kolomb, gergin mürettebatının isyan edip geri dönmek istemesinden önce batıya doğru sadece 38 gün yelken açmıştı – yalnızca iki gün sonra tesadüfen karayı görene kadar.

Da Gama şimdi Güneydoğu Afrika kıyılarının etrafından geçen akıntıya karşı ilerleyerek burnu dolaşmaya çalışıyordu. 16 Aralık 1497'de Dias tarafından dikilen son taş sütunu geçti. Bir sonraki martta Mozambik'e ulaştı ve Arap deniz tüccarlarının diyarına girdi. Günümüz Kenya'sındaki Malindi Limanı'nda, ilk kez Hintli tüccarlarla karşılaştı ve da Gama burada Hint Okyanusu'nda yelken açma

konusunda bilgisi olan bir Gucerat'lı* kılavuzunun hizmetlerini güvence altına alabilmeyi başardı.³² Nisan ayı sonlarında kuzeydoğuya doğru yola koyulduklarında sabit bir rüzgârla kutsanmışlardı –Da Gama muson rüzgârlarının doğasını ve yolculuğunun tesadüfi zamanlamasını henüz takdir edememişti– ve filo Hint Okyanusu'nu çapraz keserek, Malabar Sahili'ndeki Calicut'a** doğru yol aldı. 29 Nisan'da ufukta Kuzey Yıldızı'nı fark ettiler yani Kuzey Yarımküre'ye tekrar girmişlerdi. Sadece 25 günde dört bin kilometrelik açık okyanusu geçtikten sonra, Vasco da Gama'nın gemileri 20 Mayıs 1498'de Calicut'a vardı. Sonunda Portekizli kâşiflerin onlarca yıllık hayalini gerçekleştirip Avrupa'dan Hindistan'a ve Baharat Adaları'nın zenginliklerine kadar uzanan bir deniz yolunun izini sürmüştü. Portekizliler ekim ayı başlarında eve dönüş yolculuğuna başlamadan önce Hint kıyılarını keşfetmek için biraz zaman harcadılar. Fakat bu yolculuk ne yazık ki Gama'nın muson rüzgârlarının ritmik düzeni hakkındaki kavrayışının yetersiz olduğunu gösterdi çünkü yerel bilgiye sahip hiçbir denizci, yılın bu zamanında güneybatıdan Afrika kıyılarına geçmeye çalışmazdı. Kendilerini rüzgâra karşı savışırken bulan Vasco da Gama'nın gemileri geriye ve ileriye doğru gidip gelmek zorunda kalarak çok yavaş ilerleme kaydetti. Daha da kötüsü sık sık hareketsiz kaldılar, içme suları kirlenirken mürettebat arasında iskorbüt hastalığı baş gösterdi.***

* Hindistan'da bir eyalet. (Y.N.)

** Hindistan'ın Kerala eyaletinde yer alan şehir. (Ç.N.)

*** Portekizliler tarafından yapılan bu ilk uzun mesafeli yolculuklar sırasında iskorbüt, denizcileri sürekli olarak rahatsız etmeye başladı. Kıtık zamanlarında ya da dengesiz beslenen ordular arasında ortaya çıkan iskorbüt o zamanlar bilinmiyordu. Fakat sonunda hastalıktan aslında kaçınılmaz biçimde büyük bir süreklilikle etkilenen kesim, denizlerde aylarca durmadan yolculuk eden denizcilerdi. Bugün iskorbütün vitamin eksikliğinden kaynaklandığını biliyoruz. C vitamini ya da askorbik asit vücudun bağ dokusu için kolajen üreten yaşamsal bir maddedir. Yetersiz C vitamini içeren bir diyetle bir ay ya da biraz daha fazla zaman içinde, diş etlerinde kanama, kemiklerde ağrı, yaraların iyileşmesinin gecikmesi, diş dökülmesi, kasılmalar gibi, ölüme kadar giden belirtiler giderek daha da kötüleşir. İlginç bir şekilde insanlar iskorbütten mustarip olan birkaç hayvan türünden biridir (bir diğeri Gine domuzudur). Evrimsel açıdan diğer primat türlerinden ayrılmamız sırasında bir noktada, genetik kodumuzun tek bir harfinde, kendi karaciğer hücrelerimizde askorbik asit yapmak için gereken anahtar enzimi devre dışı bırakan bir mutasyona uğradık. İskorbüt; narenciye hastalığı önleyebileceğinin tespit edildiği 18. yüzyılın sonuna kadar, uzun yolculuklarda denizcilerin en büyük katiliydi.³³

Sonunda Mogadişu'da Doğu Afrika kıyılarına ulaştılar. Berbat bir şekilde zamansız dönüş yolculukları 132 gün sürdü. Eğer yolculuğa çıkmadan önce iki ay bekleselerdi, kış muson rüzgârlarından önce seyredecek ve yolculuğu sadece birkaç hafta içinde tamamlamış olacaktı. Portekizliler sonunda eve döndüklerinde neredeyse tam iki yıldır uzaktaydılar ve 40 bin kilometre yol kat etmişlerdi.³⁴ Cesa-ret ve dayanıklılıklarının etkileyici başarısı mürettebatın üçte ikisinin hayatına mal olmuştu, çoğu iskorbüte yenik düşmüştü. Muson rüzgârlarının ritmine kulak verilmelidir.

Ne var ki gemileri tarçın, karanfil, zencefil, hindistancevizi, biber ve yakutlarla dolu bir şekilde geri dönmüştü; oysa Kolomb'un ilk seferinde çok az değerli şey bulunmuştu. Bugün en fazla Kolomb'un sekiz aylık seferi hatırlanıyor olsa da Gama'nın 1497'deki seferi pek çok açıdan çok daha etkileyiciydi. Kolomb'un bulmak için yola çıkıp bulmayı başaramadığı şeyi o bulmuştu: Doğu'nun zenginliklerine giden deniz yolunu.

Muson Metronomu

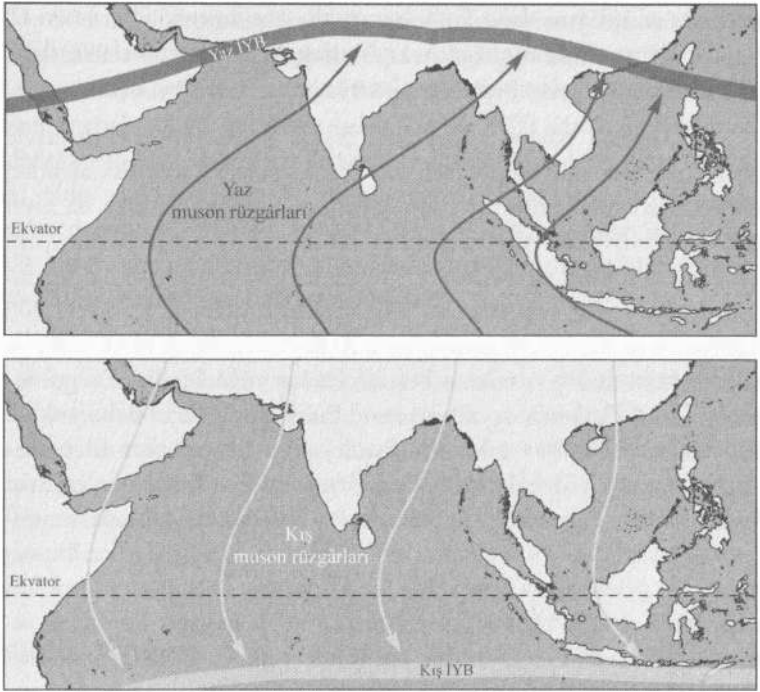
Muson rüzgârları, deniz kıyısına yaptığınız bir yolculuk sırasında değişen esintilerden de aşına olduğunuz, tamamen aynı süreçle yönlendirilir. Gün boyunca kara, deniz yüzeyinden daha çabuk ısınır ve maksimum sıcaklığa ulaşır. Bu, kara üzerindeki havanın yükselmesine ve deniz üzerindeki daha soğuk havanın denizden karaya doğru esen sürekli bir rüzgârla, yani bir kıyı esintisiyle birlikte çevirim akımlarını yönlendirerek geride kalan alçak basınç bölgesine doğru emilmesine neden olur. Diğer taraftan, günbatımından sonra kara çok daha hızlı soğur ve böylece karadan denize doğru bir esinti oluşturmak için daha sıcak, yükselen deniz havası tarafından içeri çekilir. Eğer günbatımında sahilde oturursanız genellikle rüzgârın yönündeki ani değişikliği belirgin bir biçimde hissedebilirsiniz. Tek fark musonların çok daha büyük bir ölçekte ve günlük değil; mevsimlik olarak meydana gelmesidir. Yaz aylarında kıtaların kara kütle-si çevredeki deniz yüzeyinden daha hızlı ısınır ve okyanusun üzerindeki nemli havayı çekerek bir muson rüzgârı estirir. Kış boyunca

okyanus sıcaklığını daha fazla korur, böylece konveksiyon hücresi* tersine döner, muson rüzgârları yön değiştirir ve atmosferin daha yükseklerinden gelen kuru hava kıtanın üzerine doğru alçalır.

Mevsimsel muson rüzgârları, çeşitli kıtasal kara kütleleriyle çevresinde yer alan okyanuslar arasındaki sıcaklık farklılıklarından oluşur. Batı Afrika'nın yanı sıra Kuzey ve Güney Amerika da zayıf muson deneyimleri yaşarlar ancak Hindistan ve Güneydoğu Asya üzerindeki muson rüzgârları dünyanın en güçlüleridir ve bu durum coğrafyaya kadar sirayet eder. Tibet Platosu, yaklaşık 2.500'e 1.000 kilometrelik alanıyla dünyanın en büyük ve en yüksek platosudur ve deniz seviyesinden ortalama beş kilometre yüksektedir. Yaz güneşinde Tibet Platosu'nun zemini ısındığında atmosferin daha yüksek katmanlarındaki havayı da ısıtır. Bu da yaz muson mevsiminin başında ve sonunda yükselen hava akımlarını büyük ölçüde güçlendirir. Güçlü muson rüzgârlarını yönlendirme konusunda daha da önemli olan şey yaylanın güney kenarındaki Himalaya Dağları'dır. Burası kuzeyden gelen soğuk, kuru havanın Hindistan üzerinde emilmesini engelleyen ve okyanustan gelen sıcak, nemli havayla karışarak atmosferik dolaşımı bastıran bir duvar işlevi görür. Himalayalar esas olarak Hindistan'ı yalıtır ve güçlü bir muson etkisi oluşması için gerekli koşulları sağlar.³⁵ Yani Güney Asya'nın güçlü muson rüzgârları levha tektoniğinin –yaklaşık 25 milyon yıl önce Hindistan'ın Avrasya'ya çarpmasıyla oluşan– başka bir sonucudur.

Hindistan, devasa bir “M” harfinin merkezindeki çıkıntı gibi onu saran okyanusa oturur ve yazın başlangıcıyla birlikte ısındığında, yükselen hava akımları onu çevreleyen okyanustan gelen nemli havayı emer; bu da daha sonra yükselir, soğur ve büyük miktarda muson yağmuru bırakan bulutlara dönüşür. Daha önce gördüğümüz gibi İntertropik Yakınsama Bölgesi kuzeyden ve güneyden esen tica-

* Bir sıvı veya gazın ısınarak yükselmesi ya da soğuyup ağırlaşarak aşağı inmesine konveksiyon denir. Gezegenel ölçekte de çok sayıda konveksiyon hücresinden söz edilebilir. Örneğin ekvatorial bölgeler kutuplara göre daha fazla ısı alır, ısınan hava yükselerek yüksek enlemlere doğru akar ve böylece büyük bir konveksiyon hücresi oluştururlar. (Y.N.)



Resim 22 Muson denizlerindeki ters rüzgârların mevsimsel düzeni.

ret rüzgârlarının birbiriyle karşılaştığı Dünya'nın bel kuşağı çevresinde yılan gibi kıvrılır. Yaz aylarında Hindistan'ın ısınması, Tibet Platosu ve Himalayalar'ın etkileri o kadar belirgindir ki İYB ekvatorun üç bin kilometre kuzeyine çekilir ve kışın tekrar güneye doğru döner. Böylece İYB kuşağı bölge boyunca ilerler, Güney Yarımküre'den gelen ticaret rüzgârları yazın ekvatorun üzerinden geçer ve kuzey rüzgârları kışın Hint Okyanusu ile Doğu Hint Adaları'na kadar uzanır.

Aslına bakılırsa, Hindistan coğrafyası dünyanın geri kalanında karşılaştığımız “normal” rüzgâr düzenlerinin bozulmasına yol açar. Güneydoğu Asya'nın tamamında rüzgârlar, tıpkı büyük gezegensel akciğerlerin nefes alıp vermesi gibi, bir mevsimden ötekine düzenli

olarak yön değiştirir. Portekizli denizcilerin gelişinden çok önce, 11. ila 15. yüzyıllar boyunca, bu rüzgârlardan yararlanarak Hint Okyanusu'nun ve Doğu Hint Adaları'nın sayısız adaları arasındaki güzergâhlar üzerinde konumlanmış canlı limanlarıyla hareketli ve kapsamlı bir ticaret ağı oluşturdular.³⁶ Muson rüzgârlarının tersine dönmesi bir metronom kadar düzenli ve öngörülebilirdir. Sadece yolculuklarınızı zamanlayarak, malları yükleyip geminize yeniden yiyecek ve içecek temin ederek elverişli rüzgârlarla yol alıp gitmek istediğiniz yere doğru yelken açabilirsiniz, sonra da rüzgârların yön değiştirmesini ve sizi eve götürmesini bekleyebilirsiniz. Bu yüzden Hint Okyanusu'nda veya Doğu Hint Adaları çevresinde gezinmek Atlantik veya Pasifik'te yelken açmaktan farklıdır. Atlantik ve Pasifik'teki püf noktası ya tropik doğu ticaret rüzgârlarıyla ya da orta enlemdeki batı rüzgârlarıyla, komşu atmosferik dolaşım hücreleri arasında kuzeye veya güneye doğru yol almaktır – böylece uzayda bir değişikliklerle ihtiyacınız olan rüzgâr yönünü yakalarsınız. Muson denizlerinde yol almanın püf noktası ise mevsimsel dönüşümleri beklemek ve geldiğiniz yoldan geri dönmektir; böylece zamanda bir değişiklik rüzgâr yönünü yakalarsınız. Vasco da Gama'nın 1498'de Hint Okyanusu'na girdiğinde kavrayamadığı bir şeydi bu.

Su İmparatorluğu

Portekizliler Da Gama'nın dönüşünden sonraki yıl bulduğu yeni güzergâh boyunca Hindistan'a yıllık seferler düzenlemeye başladılar.* Aynı zamanda Da Gama'nın zorluklarla dolu dönüş yolculuğundan da ders alan bu denizciler, Hint Okyanusu ve Güneydoğu Asya adaları boyunca yelken açma takvimlerini belirleyen muson rüzgârlarının ritimleri hakkında hızlı bir şekilde bilgi edindiler. Artık bu çok önemli seyir anlayışına sahip olan, toplarla donanmış büyük gemileri ve Avrupa'da yüzyıllardır süren savaşlardan doğan güçlü tahkimatlar inşa etme deneyimiyle Portekizliler, hızla bölgedeki

* Da Gama'nın Hindistan'a giden yolunu takip eden ilk filo, Güney Atlantik'ten geçerken geniş bir *volta do mar* döngüsüne girip Brezilya'yı keşfetti.³⁷

hâkimiyetlerini ilan ettiler ve baharatların kaynağını bulma görevlerini daha da doğruya doğru sürdürdüler. 1510'da Hint Okyanusu'ndaki faaliyetlerinin ana üssü haline getirdikleri Goa'yı fethettiler* ve ertesi yıl bu boğazlardan geçen deniz trafiğini kontrol etmek için Malakka'yı ele geçirdiler. Baharat Adaları'nın nerede olduğunu tespit ettiklerinde 1512'de Maluku'yu işgal etmek için bir keşif seferi düzenlediler. Portekizliler ayrıca 1557'de Güney Çin kıyılarındaki Makau'da ve 1570'te Japonya'nın Nagazaki kentinde ticaret merkezleri kurmak için izin aldılar. 1520 yılına gelindiğinde, Portekiz'in Hint Okyanusu'ndaki baharat ticaretinden elde edilen gelir, krallığın toplam gelirinin yaklaşık yüzde 40'ını sağlıyordu. Portekiz, geniş toprak alanlarına sahip olarak güçlenip zenginleşen değil; dünyanın diğer tarafındaki okyanus ticaret ağlarının stratejik kontrolünü elinde tutan yeni bir tür imparatorluk, bir su imparatorluğu, yaratmıştı.³⁹

İspanyollar ve Portekizliler yolu açtığında, Hollandalılar, İngilizler ve Fransızlar da onları izledi. Birbirlerini stratejik liman ve kalelerden kovmaya ve yaşamsal öneme sahip deniz geçitlerine hükmetmek için dar geçitleri zapt etmeye çalıştıklarında, deniz ticareti güçleri arasındaki bu rekabet dünya çapındaki sömürge savaşlarını tetikledi. Avrupa'nın ağırlık merkezi, keşif ve deniz ticareti sayesinde düzenli bir şekilde Doğu'dan Batı'ya doğru kaydı. Avrupa artık dünyanın batı ucu değil, Asya'yı boydan boya geçen İpek Yolu ağının uzaktaki son istasyonuydu. Şehir devletleri, krallıklar ve imparatorlukların egemenlik için birbirleriyle rekabetine bin yıl boyunca tanık olmuş bir içdeniz olan Akdeniz, daha önceki merkezî konumunun verdiği parıltıyı yitirip nispeten önemsizleşerek neredeyse mahalli bir hale geldi.

Yeni Dünya, Hindistan ve Doğu'ya giden yeni deniz yolları, Avrupalıların bitmez tükenmez görünen bir toprak ve kaynak hazinesiyle birlikte zenginlik ve güce erişimini sağladı. Avrupalı denizciler

* Sri Lankalılar; Portekizlilerle ve yabancı Avrupa yiyecek ve içecekleriyle ilk kez karşılaştıklarında, "Bir çeşit beyaz taş yiyip kan içiyorlar," dediler. İlk defa ekmek ve şarap görmüşlerdi.³⁸

gezegenin rüzgâr düzenlerinin ve okyanus akıntılarının sırlarını çözerken, dünya okyanuslarının engin genişliklerine ulaştılar, daha önce bağlantısız olan bölgeleri birbirine bağladılar ve küreselleşme sürecine başladılar.⁴⁰ Bu nedenle Keşifler Çağı sadece dünya haritasını garip yeni topraklarla doldurma süreci değil, aynı zamanda görünmez coğrafyaları bulma süreciydi. Avrupalı denizciler, onları gitmek istedikleri yere taşımaları için gezegensel rüzgârları ve dönen okyanus akıntılarının değişken kuşaklarını birbirine bağlı büyük bir taşıma bandı gibi kullanmayı öğrendiler.

Erken dönem keşif gemileri, ince gövdeliydi ve bilinmeyen kıyılar etrafında en geniş manevra kabiliyeti ve özellikle rüzgâra karşı koyabilmek için gerekli teçhizatla donatılmıştı. Fakat üçgen “Latin” yelkenleriyle bu küçük karaveller* çok sayıda uzman mürettebat gerektiriyordu ve gerekli erzakın dışındaki yükler için çok küçük bir depolama alanına sahipti. Denizaşırı ticaret için en mükemmel tasarımı büyük kare yelkenlerle donatılmış geniş bir gemidir, bu geminin kullanımı çok daha kolaydır; bu nedenle mürettebat sayısını en aza indirirken malzeme ve kâr getiren yüklerin depolandığı alanı en üst düzeye çıkarır. İspanyol kalyonları tarafından örnek alınan bu kare yelkenli gemiler büyük miktarda hareket gücü yakalar ama sadece her zaman rüzgârın estiği yönde kullanılabilirler, karşıdan gelen rüzgârı yenmeleri neredeyse imkansızdır.⁴¹ Bunun anlamı, keşiflerin ilk yıllarının aksine, denizaşırı ülkelerde Avrupa imparatorluğunun mevcudiyetini sağlamak için oluşturulan ticaret yollarının, hâkim rüzgârların estiği yön tarafından güçlü bir şekilde belirlendiği ve bunun sömürgeleştirmenin izlediği yol ile dünyamızın sonraki tarihi üzerinde derin etkileri olduğudur. Bu yollardan en önemli üçü Manila Kalyonları Güzergâhı, Brouwer Güzergâhı ve Üç Köşeli Ticaret’tir.**

* 15. yüzyılda ortaya çıkan üç yelkenli gemi türü. (Y.N.)

** Üç liman ya da bölge arasındaki ticareti belirten tarihsel bir terimdir. Üçgen ticaret; genellikle bir bölge, ana ithalatının geldiği bölgede gerekli olmayan ihraç mallarına sahip olduğunda gelişir. Tarihteki en bilinen örneği, 16. yüzyılın sonlarından 19. yüzyıl başlarına kadar olan dönemde Avrupa, Batı Afrika ve Kuzey Amerika üçgeni üzerinde gelişen “Afrikalı köle” ticaretidir. (Y.N.)

Küreselleşmeye Doğru

Portekizliler Güneydoğu Asya’da ticaret imparatorluklarını kurarken, İspanyollar Amerika kıtasındaki mülklerini keşfediyorlardı ve Baharat Adaları’nın zenginliklerine ulaşmak için batıya doğru kendi yollarını aramaya başladılar.

İspanyol bir kâşif Panama Kıştağı boyunca yürüyüş yapmış ve uzak taraftaki okyanusa göz diken ilk Avrupalı olmuştu.⁴² 2. bölümde gördüğümüz gibi, Ferdinand Macellan –Portekizli olması- na rağmen İspanyollar adına yelken açan- 1520’de, şimdi onun adını taşıyan, Güney Amerika’nın alt ucundaki boğazdan geçti ve bu yeni okyanusa “Mare Pacificum” –Huzurlu Deniz- adını verdi.⁴³ İspanya adına hak iddia ettiği Filipinler’e ulaşmak için batıya doğru ticaret rüzgârlarını yakalamadan önce, filosu Güney Pasifik Girdabı’nın Humboldt Akıntısı’yla birlikte kuzey kıyısı boyunca ilerledi. Macellan Mactan Adası’nda öldürüldü ama filosu yolculuğa devam ederek 1521’de Baharat Adaları’na ve küçük hindistancevizi ile karanfil dünyasının tek kaynağı olan Maluku Adaları’na ulaştı.*

İspanya’nın Baharat Adaları’na yaptığı yolculuktaki sorun, denizcilerin Pasifik’in batısına doğru giden bir yol bulmalarıydı ama Amerika’ya geri dönmek için rüzgârların doğuya dönmesi gerektiğini bilmiyorlardı. Macellan’ın keşif seferindeki gemilerden sadece biri

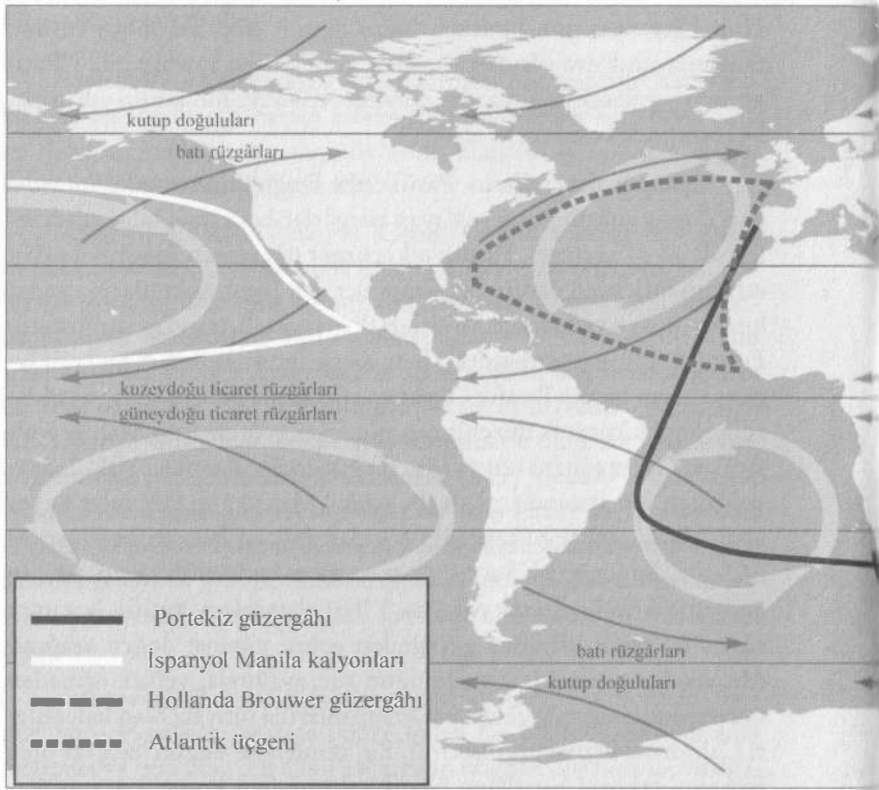
* Zamanın iki büyük deniz gücü, 1494’te dünyayı Portekiz doğusu ve İspanyol batısı olarak ikiye bölmek için bir antlaşma imzalamıştı. Tordesillas hattı olarak bilinen sınır, Cabo Verde Adaları’nın 370 fersah (iki bin kilometreden fazla) batısından Atlantik’e doğru kuzey-güney doğrultusunda ilerliyordu. Bu; özelliksiz, açık okyanustan geçen, harita üzerindeki bir çizgiden, kuramsal bir kartografik soyutlamadan başka bir şey değildi. Hindistan’a giden Portekizli denizciler Güney Amerika kıyılarını keşfettiklerinden, bunun sınırın kendi taraflarında olduğunu fark ettiler ve üzerinde hak iddia ettiler: Brezilya’nın Portekizce, Latin Amerika’nın geri kalanınınsa İspanyolca konuşmasının nedeni budur. 1520’lerde ortaya çıkan sorun, gezegenin diğer tarafında ne olduğuydu. Eğer Tordesillas hattı kutuplar ve Pasifik boyunca, Atlantik’in 180 derece ters tarafında, bir daire içine alınıp genişletilirse Maluku Adaları İspanyol veya Portekiz imparatorlukları sınırları içinde yer alır mı? Anlaşmazlık Fransa’yla devam eden savaşı finanse etmek için en kısa sürede acilen nakit paraya ihtiyacı olan İspanya’nın Maluku Adaları’ndaki hak iddiasını Portekiz’e satmasıyla çözüldü.⁴⁴

Hint Okyanusu'nun batısına doğru devam edip ilk dünya turunu tamamlayarak eve dönmeyi başardı. Kaptanının yazdığı gibi: “Batıya doğru giderek doğuya geri döndük ve Dünya'nın bütün yuvarlaklığı etrafında tam bir tur attık”.⁴⁵

İspanyol denizcilerin Pasifik'ten Doğu'ya, Amerika kıtasına geri dönüş yolculuğunu sağlayan rüzgârlar hakkında bilgi edinmeleri 40 yıl daha sürdü. Pasifik'teki rüzgâr düzeninin Atlantik'i taklit ettiğini fark eden denizciler, Filipinler'den Japonya kıyılarına kadar kuzeye doğru yelken açtı ve onları doğru yönde taşıyan, (atmosferin Ferrel döngüsü hücreesindeki) batı rüzgârlarını topladı.⁴⁶ Bu keşif İspanyolların büyük Pasifik Okyanusu üzerinde gidiş-dönüş yaptıkları bir köprü kurarak düzenli taşımacılığın yolunu açan Manila Kalyonları Güzergâhı'nı oluşturdu. Bu güzergâh, Acapulco'daki İspanyol kolonileri arasında çalıştı (bugünkü Meksika ve Filipinler'de yer alan Manila) ve 1565'ten 1815'e kadar 250 yıl işlevini koruyan ve Meksika Bağımsızlık Savaşı'yla sona eren bu Pasifik geçişi tarihin en uzun ömürlü ticaret yoluuydu.⁴⁷ Batı rüzgârları, Pasifik boyunca süren bu uzun okyanus geçişinden sonra güneye doğru aşağıya, Meksika'ya yapacakları yolculuğun son ayağında, yelken açmadan önce tedarik sağlayacakları yol istasyonlarına ihtiyacı olan kalyonları California kıyılarına ulaştırdı. Bu, isimleriyle bugün hâlâ var olan İspanyol etkisini hatırlatan büyük şehirler San Francisco, Los Angeles ve San Diego ile bölgedeki güçlü İspanyol kolonilerinin varlığını açıklar.

Bu güzergâhta Pasifik'in batısına taşınan ana kargo gümüştü. 1540'larda İspanyollar Meksika'da zengin gümüş damarların yanı sıra And Dağları'ndaki Potosí'nin “gümüş dağı”nı keşfettiler.^{48*} Çoğu Güney Amerika kıyılarındaki Humboldt Akıntısı üzerinden

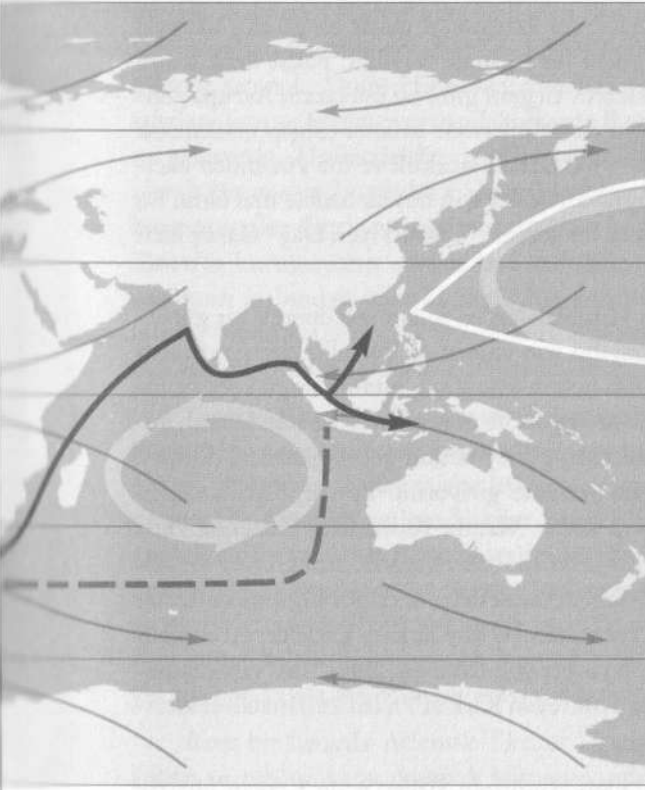
* Cerro Rico (İspanyolca “Zengin Dağ”) olarak da bilinen Potosí, yaklaşık 13 milyon yıl önce oluşan aşınmış bir volkanın çekirdeğidir.⁴⁹ Volkanik aktivite, gümüşün yanı sıra daha derindeki kayalardan kalay ve çinkoyu da yeryüzüne çıkaran bir yeraltı hidrotermal sistemi oluşturdu ve dağın kalbini delerek son derece zengin, kalın damarlar halinde yeniden biriktirdi.⁵⁰ Bu 100 yıldan fazla zamandır küresel üretimin yarısından fazlasını oluşturan, tarihteki en büyük gümüş madenidir.⁵¹



Panama Kışağı'na götürülen gümüş, bu dar kara köprüsü boyunca katırlarla taşınarak daha sonra İspanya'ya giden gemilere yüklendi.⁵² Hazine filolarıyla Atlantik'i geçen İspanyol kalyonları, Peg Leg* Le Clerc ve Francis Drake gibi unutulmaz isimlerin yönettiği Fransız, Hollandalı ve İngiliz korsanların avı oldular.

Çıkarılan Amerikan gümüşünün yaklaşık beşte biri, Pasifik üzerinden Manila Kalyonları Güzergâhı'na gönderildi ve Filipinler'de ipek, porselen, tütsü, Misk ve baharatlar gibi lüks Çin mallarıyla değiş tokuş edildi.⁵³ Sonuçta, Manila Kalyonları Güzergâhı üze-

* (İng.) Tahta Bacak. (Y.N.)



Resim 23 Dünyayı birbirine bağlamak: Farklı rüzgâr bantlarını ve okyanus akıntılarını kullanan büyük okyanus ticaret yolları.

rinden Çinlilerle ticaret yapmak için Filipinler'e gönderilmiş veya İspanya'ya dönüp Avrupa imparatorluklarından geçerek doğuya doğru yola devam etmiş olsa da bütün Güney Amerika gümüşünün üçte biri, bu değerli metale altından bile fazla ödeme yapan Çin'e aktı.⁵⁴ Gümüşlerin bir kısmı Hindistan'la takas edildi ve 17. yüzyılın başlarında Moğol hükümdarı Şah Cihan, eşi için Tac Mahal adında görkemli bir anıtmezar inşa etti. Aşkın bu kalıcı sembolü aynı zamanda Yelken Çağı ile yükselen erken küresel ekonomiyi de özetliyor. İspanyollar tarafından sömürülen ve Avrupalı tüccarlar aracılığıyla işlenen Güney Amerika gümüşü, sonunda Hindistan'daki anıtsal bir yapı projesini finanse etmişti.⁵⁵

İspanya bir süre Amerika kıtasından gelen bu gümüş akışıyla son derece zengin ve güçlü bir biçimde büyüdü. Fakat daha sonra geleceğimiz Atlantik Ticaret Üçgeni gibi, bu muazzam Avrupa zenginliği de Gümüş Dağ'ın derinliklerinde aylarca çalışıp madencilik yapan ve dört bin metre yükseklikte sıcaklık ve toz yüzünden akciğerleri deformasyona uğrayan işçiler için büyük bedele mal oldu. Bu nedenle Potosí unutulmaz bir şekilde “İnsan Yiyen Dağ” olarak tarif edilmiştir.⁵⁶

17. yüzyılda Doğu Hint Adaları'na açılan çok önemli bir güzergâh ortaya çıktı. 15. yüzyılın son yıllarında Portekizliler tarafından keşfedilen geçit Afrika'nın ucunu dolaşarak, kıtanın doğu kıyı şeridini takip ediyor ve Malakka Boğazı'na girmeden önce Hindistan'a geçiyordu. Güzergâh Afrika'nın güney ucunu geçen gemileri taşımak için yavaşça batı rüzgârı şeridine giriyordu. Bunlar, İspanyolların Filipinler'den Meksika'ya kadar Manila Kalyonları Güzergâhı'nda yol almayı öğrendikleri orta enlem batı rüzgârlarının Güney Yarımküre'deki ayna görüntüsüdür. Ancak daha önce gördüğümüz gibi, bu batı rüzgârları Güney Yarımküre'de büyük kara kütleleri tarafından engellenmemiştir ve dolayısıyla çok daha güçlüdür. 100 yılı geçmeyen bir sürede denizciler Kükreyen Kırklar'ı nasıl kullanabileceklerini anladılar.

1611'de Hollanda Doğu Hindistan Şirketi'nden Kaptan Henrik Brouwer Ümit Burnu'nu geçti ve Hindistan'a doğru kuzeydoğuya yönelip batı rüzgârlarının içinde daha derine ilerleyerek güneye döndü. Bu dönüş onu, hızlı hareket eden okyanus çevre yolundan çıkıp tekrar Java'ya doğru kuzeye dönmeden önce, tam yedi bin kilometre doğuya taşıdı. Kükreyen Kırklar'dan yararlanan Brouwer Güzergâhı, özellikle Hint Okyanusu'ndaki muson rüzgârlarını bekleme ihtiyacını ortadan kaldırdığından, geleneksel geçidi aşmak için gereken zamanın yarısından azını aldı. Baharat Adaları'na çok daha hızlı bir yolculuk sunmanın yanı sıra, tropik bölgelerden uzakta güney rüzgârlarının hâkim olduğu bu daha serin güzergâh, mürettebatın daha sağlıklı, erzakın da daha taze kalmasını sağladı.

Yeni pasajın gelişimi birtakım derin tarihsel sonuçlar doğur-

muştı. Brouwer Güzergâhı'nı kullanan denizciler ilk olarak Avusturalya'nın batı kıyısına göz diktiler. Hint Okyanusu'nun çevresinden güneye sapsmak, Doğu Hint Adaları'ndaki geçidin Malakka Boğazı'ndan, Java ve Sumatra arasındaki Sunda Boğazı'na kaydığı anlamına geliyordu. Hollandalılar 1619'da bölgedeki operasyon merkezi olarak Batavia'yı (bugünkü Cakarta) kurdular ve bu önemli boğazı kontrol ettiler. Güçlü rüzgârların estiği bu bölge aynı zamanda Cape Town'ın kuruluşunun arkasındaki nedendir çünkü yolculuklarının son uzun etabından önce Hollandalılara gemilerine ikmal yapacakları bir liman gerekiyordu. Bu yüzden, Kükreyen Kırklar rüzgâr şeridi bugün Güney Afrika'da Afrikaanca konuşulmasının nedenidir.*

Keşifler Çağı'nın ilk yıllarını ve Avrupa gemilerinin yürüttüğü küresel okyanus ticaretini yönlendiren şey baharatlardı ama 1700'e gelindiğinde yeni mallar talebe hâkim olmaya başlamıştı. Aslen Afrika ve Hindistan'da yetişen bitkiler Yeni Dünya'ya nakledilmişti ve artık Brezilya'da kahve, Karayipler'de şeker ve Kuzey Amerika'da pamuk büyük miktarlarda üretilmeye başlanmıştı.⁵⁸ Bu malların Avrupa piyasalarında kullanılmak üzere seri olarak üretilmesi için gereken işgücü talebi, muhtemelen bugünkü dünyanın şekillenmesine yol açan en kayda değer kıtalararası ticaret sistemini ortaya çıkardı.

Basit bir ifadeyle Atlantik Ticaret Üçgeni; ucuz pamuk, şeker, kahve ve tütüne karşı doymak bilmeyen açlıklarına hizmet etmek için Avrupa, Afrika ve Amerika'yı birbirine bağladı. Avrupa'dan yola çıkan gemiler, yerel şeflerle, giysi ve silahlar gibi bu gelişmiş ülkelerde üretilen mallara karşılık yakaladıkları köleleri değiştokuş etmek üzere Batı Afrika kıyılarına indiler. Daha sonra bu köleleri kolonilerde; Brezilya, Karayipler ve Kuzey Amerika'daki çiftlik sahiplerine

* Yelken Çağı'nın çoğunda en büyük sorun gemi kaptanlarının açık denizlerde kesin konumlarını belirlemekte zorlanmalarıydı. Astronomi kolayca bulunduğunuz enlemi söyleyebilir, sadece seçilen yıldızla ufuk çizgisi arasındaki açıyı hesaplamamız gerekir ama kesin ölçümlerin bulunuşundan önce doğru boylamınızı hesaplamamız neredeyse mümkün değildi. Kükreyen Kırklar boyunca doğruya doğru yol alan gemiler, Endonezya'ya kadar devam etmek için kuzeydoğuya ne zaman döneceklerini bilmek zorundaydılar. Çok uzun süre beklerseniz Avustralya'ya kadar sürüklenirdiniz ki kıtanın mercanlarla kaplı batı sahil şeridi dönüşlerini kaçırın gemilerin enkazlarıyla doludur.⁵⁷

satmak için Atlantik'in diğer tarafına taşındılar.* Bu ticari insan yükünün satılmasıyla biriken sermaye, kaptanlar tarafından, tarlalarda yetiştirilen, kölelerin emekleriyle üretilmiş malları satın almak için kullanıldı. Köle gemilerinin taşıdığı yükleri sirke ve çamaşır sodasıyla temizleyip daha sonra bu hammaddeleri Avrupa'ya geri götürerek döngüyü tamamladılar.⁶¹ Kıyı şeridindeki belirli bölgeler boyunca malları getirip götüren kısa mesafeli sıçrama noktalarının yanı sıra, yelken açılan kesin güzergâhlarda ve çıkışan seferlerin her etabında taşınan mallar değişiklik gösteriyordu⁶² ama köle ticareti, 16. yüzyılın sonlarından 19. yüzyılın başlarına kadar Avrupa'daki anavatanları ile sömürge toprakları arasında faaliyet gösteren Atlantik Ticaret Üçgeni'nin çekirdeğini oluşturuyordu.

Afrikalı köleler gönderilmek üzere Atlantik'te gemiye yüklenmeden önce, fabrika olarak bilinen kıyı kalelerinde tutuluyorlardı. Bunlar genellikle nehir ağızlarında kurulmuşlardı çünkü esirleri daha iç kesimlerden nakletmenin en kolay yolu buydu. Kölelerin büyük çoğunluğu –ekvatorla yaklaşık 15° güney enlemi arasındaki Orta Batı Afrika ve Altın Sahili kıyısı**, Benin Körfezi ve Gine Körfezi'nde yer alan Biafra Körfezi'nden alınmıştır. Büyük ölçüde bu da atmosferik dolaşım düzenleri ve okyanus akıntılarının işleyiş şeklinden kaynaklanmaktadır. Güneydoğulu ticaret rüzgârlarıyla bu konumlardan Güney Amerika'ya geçmek daha kolaydır. Sonra Brezilya Akıntısı'yla kıyıdan aşağı güneye, Brezilya'nın kahve tarlalarına veya kuzeydoğu ticaret rüzgârlarını izleyerek, kuzey ekvator akıntısıyla Karayip Adaları'nın şeker, Alabama ve Carolina'nın pamuk ve Virginia'nın tütün tarlalarına kolayca ulaşabilirsiniz. Atlantik köle ticareti 1807'de yasaklandı ama 1865'te Amerikan İçsavaşı'nın sona ermesiyle

* Portekizliler, Afrikalı köleleri 1400'lerin sonlarında Madeira ve Cabo Verde Adaları'ndaki şeker kamışı tarlalarına ithal etmeye başlamışlardı ve 1530'lardan itibaren onları Atlantik üzerinden Brezilya'daki kolonilerine taşıdılar.⁵⁹ Çok geçmeden, diğer Avrupalı denizci ülkeler de sözde Orta Geçit'in [Geçmişte Afrika ve Orta Amerika arasında köle taşımak için kullanılan, Atlantik Okyanusu üzerindeki köle yolu. (Ç.N.)] insan ticaretine karıştılar.⁶⁰

** Britanya'nın Batı Afrika kolonilerinden olan Altın Sahili, 1957'de bağımsızlık kazanarak Gana ismini almıştır. (Y.N.)

le köleliğin kaldırılmasına kadar kaçakçılar tarafından devam ettirildi. O zamana kadar on milyondan fazla Afrikalı zorla ele geçirilip Amerika'ya nakledildi⁶³ ve çoğu yolda ya da bir veya iki yıl içinde tarlalarda berbat koşullarda öldü. Yaklaşık yüzde 40'ı Brezilya'ya, yüzde 40'ı Karayipler'e, yüzde 5'i daha sonra ABD olan yere, yüzde 15'i ise İspanyol Amerika'sına götürüldü.⁶⁴

Gemi tüccarları yüklerini üçgenin her etabında kâr etmek için sattı ve böylece, sistem bir ekonomik devridaim makinesi gibi, efendilerine her fırsatta büyük mali kazançlar sağladı. Avrupa ülkeleri imalathanelerine ve fabrikalarına güç sağlamak için su çarkları ve buharlı motorlar kullanmaya başlarken, deniz aşırı hammaddeleri sağlayan köleleştirilmiş insan işgücü, sanayileşme ekonomisini yönlendiren işleyişin eşit derecede önemli bir bileşenydi. Tatlandırılmış çayın ya da sert bir romun tadı, sırtta temiz bir gömlek hissi ve pipo dumanından alınan canlandırıcı bir nefes; kölelik karşıtı kuvvetler güç toplamadan önce Avrupalıların zihinlerini, yaşam tarzlarını sürdürmelerini sağlayan insanların çektiği acılara kapatmalarına neden oldu.^{65*}

Avrupa'nın deniz aşırı sömürgelerindeki yeni toprakların büyüklüğü ve sağladıkları hammadde ile kâr, Sanayi Devrimi için gereken koşulların ortaya çıkmasına yardımcı oldu ama bu dönüşümü güçlendirmek için en önemli olan; şimdi ineceğimiz yeraltı dünyasından gelen, görünüşte sınırsız miktardaki enerjinin kullanılabilirliği idi.

* Bugün zihnimizin gerilerinde gelişmekte olan ülkelerdeki pek çok fabrika işçisinin katlanmak zorunda kaldığı korkunç koşulları bilerek heyecanla en son elektronik dokümanatik elranan cihazı veya ucuz tişörtü satın alan bizler de sorumlu tüketiciler değiliz.

On bin yıllık yerleşik insanlık tarihinin büyük çoğunluğunda, bir tarım toplumu olduk. Yerleşik halklar kendilerini yakındaki tarlalarda yetişen ekinlerle besleyip et, süt ve çekiş gücü için hayvan yetiştirdiler. Hayvancılık da kendimizi doğa şartlarından korumak için giysi yaptığımız, pamuk, keten, ipek, deri ve yün gibi lifleri sağlamıştır.

Özünde tarım, arazinin belirli bir alanından Güneş enerjisi toplayarak toplumumuz için hammaddeye ve vücudumuz için besin maddesine dönüştürür. Zamanla tarımsal üretimi ya tarım arazilerine yol açmak için –ormanları temizleyip, daha önce ekilmemiş arazileri ekmek üzere ağır saban gibi yeni alet ve teknikler geliştirip– ekili arazileri genişleterek ya da daha yüksek verimli ürün ve hayvanların seçici ıslahıyla ve ürün değişimini düzenlemek yoluyla artırdık. Tarih boyunca bu işte giderek daha da ustalaştık ve sonuç olarak bir nüfus patlaması yaşandı.

Kesilen ormanlar da yiyeceklerimizi pişirmek ve evlerimizi ısıtmak için ihtiyacımız olan odunları sağladı. Ayrıca kereste, doğal

çevreden topladığımız hammaddeleri çömlek, tuğla, metal ve cam gibi ürünlere dönüştürmek için gereken ısı enerjisini sağladı. Seramik fırınlarımızda, ocaklarımızda, demir imalathanelerimizde ve dökümhanelerimizde daha yüksek sıcaklıklar elde etmek üzere odun kömürü yapmak için odunu karbonize ettik. Bu yolla ormanlardan elde edilen kömüre güvenerek çelik ve cam üretimi bile ağaçların büyümesine bağlandı. Artan nüfusla kerestenin yakıt ve inşaat malzemesi olarak kullanılmasına olan talep arttıkça yakındaki doğal ormanları tüketmeye başladık ve nasıl başa çıkılacağını öğrendik. Korulaştırma; dişbudak, huş ve meşe gibi ağaçların kesilmesi ve gövdeden yeniden filizlenerek başka bir olgun ağaca dönüşmesi sağlanan, yönetilen ormancılık sistemidir. Korulaştırma, topraktan sürekli odun kaynağı sağlamak için tekrarlanan döngüler halinde yapılabilir.*

Ancak Avrupa’da nüfus büyümeye devam ederken, yakacak odun ve inşaat kerestesine yönelik doymak bilmeyen iştahı korulaştırma bile tatmin edemezdi. 17. yüzyılın ortalarından itibaren bu kıtlık daha şiddetli hale geldi ve odun fiyatı karşı konulamaz bir şekilde yükseldi. Avrupa “ağaç zirvesi”ne ulaşıyordu, uygun arazi hali hazırda yiyecek yetiştirmek için kullanılıyordu ve yakıt üretimi daha fazla artırılmazdı. Ancak daha sonra, sadece evdeki ateşleri yakmakla kalmayıp, aynı zamanda kas gücünü aşan enerji seviyelerini de sağlayan yeni bir enerji kaynağı keşfedilmeye başlandı.

Güneş Işığı ve Kas Gücü

İnsanlık tarihinin büyük bir bölümünde, uygarlığın inşası ve bakımı için gereken güç, ister insan emekçilerin ister koşum hayvanlarının olsun, kaslar tarafından sağlanmıştır. Uygun bir şekilde is-

* Gürgen, kayın, meşe, çınar ve söğüt de dahil olmak üzere Kuzey Avrupa’daki ağaç türlerinin çoğu kopmuş bir kökten yeniden filizlenebilir ve bu da onları korulaştırma için uygun kılan doğal bir yetenektir. Fakat bu kendi içinde; filler ve daha sıcak buzullar arası çağlarda kuzey enlemlerinde bile dolaşan dev hayvanların yiyecek ararken verdikleri hasara karşı evrimsel bir tepki olabilir.¹

tihdam edilip işbirliği yapmaları sağlanan kaslar, hepsi kas gücüyle rampalar ve vinçler gibi basit mekanik düzeneklerle inşa edilen, Gize Piramitleri, Çin Seddi ve Ortaçağ Avrupa'sının katedralleri gibi olağanüstü başarılarla imza atabilir. Fakat kasların yiyeceklerle beslenerek yakıtla doldurulmamaya ihtiyacı vardır, bu da tarım arazisi ve otlakları gerektirir. Bu nedenle nüfusumuz kabarıp tarım arazilerimiz giderek azaldıkça kas gücü pahalandı.²

Zaten kas gücüne seçenек oluşturabilecek doğal ve yenilenebilir enerji kaynakları mevcuttu. Çoğu su çarkı ve sonra yel değirmeni tarafından sağlanan dönme gücüyle çalışıyordu. Su çarkı yaklaşık 2.500 yıl önce icat edildi ve MS 1. yüzyılda Çinliler tarafından, yüksek fırınlarda demir eritmek için körükleri yönlendirmek amacıyla kullanılmıştır.³ En geniş su çarkı tesisi MS 100'den kısa bir süre sonra Güney Fransa'daki Barbegal'da Romalılar tarafından inşa edildi.⁴ Burada, toplam 30 kilovatlık güce eşdeğer çıkışa sahip, antik dünyada bilinen en büyük mekanik güç birleşiminden oluşan 16 su tekerleğinden kurulu bir sistem bulunuyordu.^{5*} Yel değirmenleri ilk olarak MS 9. yüzyılda İran'da ortaya çıktı ve Ortaçağ Avrupa'sına yayıldıkça sürekli olarak geliştirildiler. 4. bölümde gördüğümüz gibi, özellikle Alçak Ülkeler denizden kazanılan toprakların suyunu boşaltmak için kullandıkları yel değirmenlerini büyük bir coşkuyla benimsediler. Su çarkları ve yel değirmenleri, un için tahıl öğütmekten yağ için zeytin ezmeye, keresteleri doğramaktan metal cevherlerini ya da kireçtaşını parçalamaya ve demir çubukları şekle sokmak için silindirleri yönlendirmeye kadar her şey için hareket gücü sağladı.

11. yüzyıldan 13. yüzyıla kadar giderek hız kazanan bu mekanik devrim, Ortaçağ Avrupa'sını, üretkenliğini tek başına insan ya da hayvan kas gücünün uğraşıp didinmesine dayandırmayan ilk toplum haline getirdi. Fakat yine de su çarkları ve yel değirmenlerinin yarattığı enerjinin kullanılabilirliği nehir seviyelerine ve rüzgâr esintilerinin aşırılıklarına bağlı olduğu için verimlilikleri sınırlı kaldı. Su

* Zamanı için çok etkileyici olsa da bugün kullanmayı öğrendiğimiz olağanüstü enerji miktarları tarafından tamamen gölgede bırakılan bu su çarkı tesisinin tümü, tek bir aile arabasının motorunun sağladığından daha az güç ürettiyordu.

çarkları veya yel değirmenleri üretim süreçlerinin gerektirdiği fiziksel çabayı hafifletse de kas gücü ve Güneş ışığıyla çalışan bir dünyada yaşamaya devam ettik. Tarih boyunca ekosistemden aldığımız Güneş enerjisini başka bir şeye dönüştürmeyi ve bunun yerine bedenlerimize ve toplumumuza faydalı hale getirmeyi öğrendik. Ekinlerimizi olgunlaştıran ve ormanlarımızı besleyen şey Güneş ışığıydı. Gerçekten de tarihimizin büyük bir kısmında, uygarlığın üretkenliği fotosenteze bağlı kalmış ve yerleştiğimiz topraklarda bitkilerden ne kadar hızlı yiyecek ve yakıt üretebildiğimizle sınırlandırılmıştı.

Bu sisteme Organik Enerji Ekonomisi, Somatik Enerji Rejimi veya Biyolojik Eski Rejim* gibi çeşitli etiketler verilmiştir,⁶ ancak hepsi aynı gerçeği ima etmiştir: 18. yüzyıldan önce uygarlık tarihinin tamamı, ekinler ve ormanlar tarafından toplanan Güneş enerjisi ile insan emeği ve yük hayvanları tarafından sağlanan kas gücü tarafından oluşturulmuştur. Fakat eğer toplumun üretkenliği, Güneş ışığını ne kadar çabuk topladığınıza bağlı olarak, mahsullerin ve kollarının büyüme hızıyla yönlendiriliyorsa bu temelde elverişli arazinin kullanılabilirliğiyle sınırlıdır. Dahası, yediğiniz yiyecekler ve imalatla kullanmak için ihtiyaç duyduğunuz yakacak odunlar aynı arazi üzerinde birbirleriyle rekabet ederler. Tarım imparatorluklarının başarabileceği şeylerin bir tepe noktası vardır.

Bu sınırlamalardan kurtulmanın tek yolu, doğrudan Güneş ışığı toplamanızı gerektirmeyen enerji kaynaklarını bulmaktır ve bu 18. yüzyıl Avrupa'sında, ayaklarımızın altında depolanmış olan büyük enerji stoklarından yararlanılarak gerçekleştirildi. Yer yüzeyinden daha fazla enerji çıkarmaya çalışmak yerine, antik orman dallarının gizlendiği yerleri kömür olarak çıkarmak için yeraltına gömüldük. Kömür aslında yanıcı bir tortul kayadır ve tek bir kömür damarı orman dallarının geçirdiği birçok mevsimin yoğunlaşmış özünü temsil eder – o fosilleşmiş gün ışığıdır. Sadece bir ton kömür, bir dönümlük ormanlık araziden alınan bir yıllık yakacak odun kadar ısı enerjisi sağlayabilir. Modern dünyayı inşa eden, kömürdü.

* Organic Energy Economy, The Somatic Energy Rejime, Biological Old Rejime. (Y.N.)

Güç Devrimi

Sanayi Devrimi'nden çok daha önce kömür kullandık. Marco Polo 13. yüzyılın sonunda İpek Yolu boyunca Çin'e seyahat ettiğinde garip âdetleri olan Çinlilerin siyah taş parçalarını yakıt olarak nasıl kullandıklarını tarif etti.⁷ Britanya'da bile, MS 2. yüzyılın sonunda Romalılar metal işleme ya da yerden ısıtma sistemlerinde kullanılmak üzere İngiltere ve Galler'deki ana kömür yataklarının çoğunda madencilik yapıyorlardı.⁸

Sanayi Devrimi dediğimiz süreci harekete geçiren; tekstil sanayisiydi. 18. yüzyılın ikinci yarısındaki bir dizi icat, bu küçük ölçekli ev içi üretim sanayisini dönüştürdü, artık pamuğu bükerek ve yünü eğirerek iplik elde edip kumaş üretmek için makineler kullanılıyordu. Britanya'nın Amerika ve Hindistan'daki kolonilerinden –bu uluslararası ticaret ağlarını bir önceki bölümde incelemiştik– gelen ucuz pamuğun kullanılması değirmenlerin kapasitelerini hızla artırdı ve ilk su çarkları bunlara hareket gücü sağladı. Fakat Sanayi Devrimi'ni yönlendiren gerçek güç kömür, demir üretimi ve buhar motoru arasındaki verimli döngüeydi.

Sanayi Devrimi, yüksek fırınları körüklemek için kok kömürünün devreye girmesiyle ivme kazanmaya başladı. Topraktan çıkarılan kömür saf karbondan oluşan bir yakıt değildir, bunun yanında uçucu organik bileşikler, sülfür ve nem gibi yabancı maddeler içerir. Koklaştırma –pek çok açıdan odundan kömür elde edilmesine benzer şekilde– daha sıcak yanan bir yakıt yaratmak için kömürün alev almasına ve yanmasına izin vermeden ilk olarak ısıtılması ve içindeki yabancı maddeleri, özellikle de demiri bozunuma uğratarak kırılğan hale getirebilen sülfürü çıkarma işlemidir. Kok yakıtlı yüksek fırınlar; inşaat projeleriyle giderek daha çok yönlü hale gelen takım tezgâhları için malzeme sağlayarak, demir üretimini çok daha ucuza mal etti.

Büyük yeraltı kömür rezervuarlarının ve bundan üretilen kokun sömürülmesi, erken sanayileşen Britanya'yı korulaştırılmış ormanların sınırlamalarından kurtardı ve toplumun ihtiyaç duyduğu ürünleri yaratmak için muazzam bir enerji kaynağı sağladı. Fakat hayvan kas gücüne ihtiyaç olmadan kuvvet ve hareket sağlayan şey, muazzam bir ilerlemeye işaret eden buhar motoruydu. Temelde bu-

har motoru, termal enerjiyi kinetik enerjiye çeviren bir dönüştürücüdür kısacası, ısıyı harekete dönüştürür. İlk buhar motorları kömür madenlerindeki yeraltı sularını dışarı pompalamak için kullanıldı, böylece daha derin kömür damarları kazılabilirdi. Kömür ocağına yerleştirilmiş oldukları düşünülürse, en erken, ilkel tasarımların yakıta son derece aç olması önemli değildi. Fakat bir dizi yenilik ve iyileştirme buhar motorlarını giderek artan biçimde enerji tasarruflu ve güçlü hale getirdi.

Buhar motoru, genel amaçlı bir güç santrali haline geldi. Tek bir makinenin tavana asılı bant ve zincirlerden oluşan bir sistem aracılığıyla takım tezgâhlarından kurulu bütün bir atölye zeminini çalıştırdığı fabrikalarda “itici güç” olarak hizmet verdi. Ulaşım için daha küçük ve yakıttan tasarruf sağlayan yüksek basınçlı buhar motorlarının geliştirilmesiyle, demiryolu raylarının döşenerek kayda değer ağırlıkları yüzeye yayıldı veya gövdenin kaldırma kuvvetiyle taşındıkları bir gemiye monte edildiler. Buhar kısa sürede dünyanın dört bir yanına yük ve yolcu taşıyor hale geldi. 1900 yılına gelindiğinde, tüm taşımacılığın demiryoluyla yüzde 90’ını, deniz yoluyla yüzde 80’ini gerçekleştiren buhar motorları Britanya’da ihtiyaç duyulan gücün yaklaşık üçte ikisini sağlıyordu.⁹ Bu, sanayileşmenin hızlanan adımlarını yönlendiren üç yönlü sürecin özünü oluşturunuyordu. Buhar çok daha fazla miktarda kömür çıkarmamıza olanak sağladı. Kömürle çalışan dökümhaneler ve izabe tesisleri giderek daha fazla demir üretti. Hem kömür hem de demir, kömür çıkarmak ve demir üretmek için daha fazla buhar makinesi yapıp çalıştırmak için kullanıldı. Sonunda her zamankinden daha fazla artan oranlarda makine tezgâhı kuruldu. Böylece kömür, demir ve buhar makinesi verimli bir üçgen oluşturdu.

Bu sınıai dönüşümün tarihimizde bu kadar önemli olmasının nedeni, bizi insan uygarlığı üzerinde daha önce var olan enerji kısıtlamalarından kurtarmış olmasıdır. Kömür korulaştırmaya ihtiyaç olmadan olağanüstü miktarlarda ısı enerjisi sağladı ve buhar makinesi hayvan ve insan kas gücüne olan bağımlılığı ortadan kaldırdı. Aslında toprağın altına gömülü büyük yakıt rezervleri olmasaydı uygarlığın bir tarım devletinden öteye geçmesi mümkün olmayacaktı. Öyleyse Dünya bizi bekleyen bu kullanıma hazır enerji kaynağını nasıl sağladı?

Fosilleşmiş Güneş Işığı

Hiç şüphesiz kömürün eski ağaçların gömülmesi sonucu oluştuğunu bilirsiniz ve bu kitap boyunca defalarca gördüğümüz gibi, bir kez daha kömür oluşumunun en verimli ve yaygın dönemini gören jeolojik dönemle ilgili ilginç bir şey vardı. Bu hâkim koşullar yeryüzündeki yaşam üzerinde derin sonuçlar doğurmuştu. Göllerde yetişen yeşil yosun dallarından evrimleşen bitkiler karayı yaklaşık 470 milyon yıl önce kolonize etmiş olsa da¹⁰ bitki örtüsünün en erken ve hâlâ en az düzeyde olan kömür yataklarını meydana getirecek kadar birikmesi uzun bir zaman aldı. Neredeyse 400 milyon yıl içinde gezegenimiz zengin orman alanlarıyla kaplanırken, yaklaşık 300 milyon yıl önce sona eren 60 milyon yıllık bir dönem olan Karbonifer'de açık ara en büyük ve en yaygın kömür yatakları oluştu. Gerçekten de bu jeolojik döneme adını veren şey kömür oluşumudur. Gezegenimizin tarihinde kömür oluşumunun daha sonraki başka dönemleri olmuştur ama Karbonifer, biriken kömür miktarı ve yaygınlığıyla tümüne baskın gelir. Sanayi Devrimi'nden bu yana kullandığımız kömürün yaklaşık yüzde 90'ı jeolojik tarihin bu kısa dönemine tarihlenir.

İster bir meşe isterse baykuş olsun, normalde canlı organizmalar öldüklerinde vücutlarında bulunan organik moleküllerdeki karbon serbest bırakılıp havadaki karbondioksit'e tekrar karışması için çürüyüp ayrıştırılır, bu da fotosentez yapan bitkiler tarafından tekrar yakalanır. Karbonifer Dönemi sırasında bu kadar büyük miktarda karbonun kömüre dönüşmesi için bir şeyin çürüme sürecini engellemiş olması gerekir ve bu dönemde bir nedenle Dünya'nın karbon döngüsü düzeni sekteye uğramış gibi görünüyor. Ağaçlar ölmüş ama çürümemiştir. Düşen bitki örtüsü yerde birikip daha sonra gezegenin iç ısıyla kömüre dönüştürülmek üzere yeraltında giderek daha derinlere gömülerek turba haline gelmiştir. Turbanın birikmesi için temel önkoşul bitki örtüsünün, ölü maddenin çürüme nedeniyle yok olma oranından daha hızlı büyümesi veya daha uzun bir zaman ölçeğinde tortuların fiziksel olarak aşındırılmasıdır. Burada dengeyi bozan şey; su seviyesinin altında, ölü ağaçların tamamen çürümeden önce oksijenden mahrum biçimde dibe çöktüğü bataklık ortamında, güçlü bir şekilde büyüyen yemyeşil ormanlarmış gibi görünüyor.

Karbonifer Dönemi'nde dünyamız çok farklı görünüyordu. Zamanında bu kadar geri gidildiğinde, levha tektoniğinin etkisi altında yeryüzünün etrafında sürekli olarak batan kıtaların düzeni tamamen farklı bir şekildedir. Bu dönem boyunca büyük kara kütleleri tek bir bütün halinde sıkışıp kenetlenerek, süper kıta Pangea'yı bir araya getiriyorlardı. Şu anda Doğu Kuzey Amerika ile Batı ve Orta Avrupa'da bulunan büyük, alçak havzalar ekvator boyunca toplandılar ve yoğun ormanların geliştiği tropikal bataklıkları oluşturdular. 3. bölümde tarif ettiğimiz gibi, bu bataklık ormanlarını dolduran ve hâlâ sporlarla çoğalan bu ağaçlar bize rahatsız edici bir şekilde yabancı görünürlerdi. Onlar bugünün ormanlarının gölgeli alt bitki örtüsünü alçakgönüllükle oluşturan at kuyrukları, kurt ayakları, kirpi dikenleri ve eğreltiotlarının antik akrabalarıydı. Sonuçta oluşan kömürün çoğu bugünün kurt ayaklarıyla akraba olan likofitler^{*1} tarafında üretilmişti. Birkaç yan dalı olan, bir metre kalınlığında düz bir gövdeye sahip, ender görülen bir yeşil renkte ve eski yapraklarının çürüdüğü yerlerde düzenli gamze deseni dokusuyla bu ağaçların fosilleri neredeyse tekerlek izleri gibi görünüyordu. 30 metreden fazla büyüyen bu ağaçların tepelerinde bıçak benzeri yapraklardan oluşan dolgun bir taç bulunuyordu.

Bu yemyeşil sulak ekosistemler garip hayvan yaşamıyla da doluydu. Karbonifer çalılıkları, bugünkülere oldukça benzeyen dev hamamböcekleri, henüz ağ örmüyor olsalar da at nalı yengeçleri büyüklüğünde örümcekler ve 1.80 santimetrelilik kırkayaklarla titrediler. At kadar büyük semender benzeri amfibiler¹² bu bataklıklarda geniş uzuvlarıyla, yayılan bir yürüyüşle salına salına yürüdüler. Kanat açıklıkları 75 santimetreye kadar ulaşan dev yırtıcı yusufçuklar¹³ sıcak ve nemli havaya yükseldiler. Ama bu yemyeşil ormanlarda bir gezintiye çıkmak için zamanda geriye gidebilseydiniz, fark edince ürkütücü hissedeceğiniz, kuşların ötüşleri gibi bazı belirgin seslerin tamamen yok olmasıyla sarsılırdınız. Bu antik göklerde sadece böcekler göğe yükselirken kuşlar 200 milyon yıl daha ortaya çıkmaya-

* Karbonifer Dönemi'nin baskın bitki türlerinden biridir. Yaklaşık 425 milyon yıl önce soyu tükenmiştir. (Y.N.)

caktı. Bu tür bir ortamda bulunmasını beklediğiniz diğer pek çok canlı da yeni yeni evrilmeye başlamıştı, ılık havuzlar arasında vızıldayan hiçbir sivrisinek mevcut değildi aynı zamanda karıncalar, böcekler, sinekler ve yabanarıları da yoktu.¹⁴

Karbonifer Dönemi yemyeşil ağaçların büyümesi için mükemmel ortamı sağlamış olsa da daha sonraki dönemler de sıcak ve rutubetliydi yani bu tek başına, bu dönemden kalan büyük kömür yataklarını açıklamaz. Açıklanması gereken şey, bu yatakların ölü ağaçların çürümemiş ve kalın turba tabakaları halinde birikmiş olması gerçeğinden daha hızlı büyümüş olmalarıdır. Karbonifer ekvatorunun çevresindeki gevşek bataklıklar tabii ki yardımcı olacaktı, bu kötü kokulu oksijen yoksulu toprak çürütücü mikropların hareketliliğini yavaşlatıyordu. Fakat bataklıklar gezegen tarihi boyunca var oldu, onlar benzersiz bir Karbonifer Dönemi özelliği değildi.

Öyleyse yaklaşık 325 milyon yıl önceki yeryüzüyle ilgili özel olan şey ne olabilirdi? Neden devrilen ağaç gövdeleri çürümeye bu kadar dirençliydi? Karbonifer Dönemi sırasında karbon geri dönüşümü neden bu kadar olağanüstü bir şekilde başarısız oldu ve Sanayi Devrimi'ni ateşleyen kömürün büyük bir kısmının yaratılmasına yol açtı? Son yıllarda popüler hale gelen bir açıklama, çürüme sürecinde merkezî bir rol oynayan Karbonifer mantarının, düşen ağaçları bozunuma uğratmak için biyokimyasal açıdan donanımlı olmamasıdır.

Erken ağaçlar daha da uzayarak büyümek için kendilerini ayakta tutacak daha fazla içsel güç geliştirmeye ihtiyaç duydu. Tüm bitkiler selüloz içerir, hücre duvarlarını güçlendiren şeker birimlerinin uzun zincirlerinden oluşan bir molekül, keten ceket, pamuklu gömlek ve şu anda okuduğunuz kâğıt sayfa gibi, selülozdan oluşur (bir e-kitap cihazında gezinmediğiniz sürece. Bu durumda geldiği karton kutuyu düşünün). Fakat bu yükselen gövdelere güçlerini veren şey ikinci bir molekülün biyolojik icadıydı: Lignin.* Bu, erken Devonien Dönemi'ndeki** küçük yosun benzeri bitkilerin neden Karboni-

* Odun özü. (Ç.N.)

** Günümüzde yaklaşık 417 milyon yıl önce başlayıp 354 milyon yıl önce sona erdiği kabul edilen dönem. Paleozoik zamanın dördüncü alt bölümüdür. (Y.N.)

fer'in yükselen ağaçlarına dönüştüğünü açıklar. Daha da önemlisi lignin selülozdan çok daha zor bozunuma uğrar.¹⁵

Bugün bir ormanda yürürseniz, burnunuz humus zengini toprağın ve yaprakların baş döndürücü kokularıyla dolarken, yolun kenarındaki bir kütüğün solgun bir renk aldığını yumuşadığını ve dokusunun süngerimsi bir hale geldiğini fark edeceksiniz. Bu, koyu renkli lignini odunun içinde çürüten beyaz çürükçül mantarlardan kaynaklanır (özellikle lezzetli çeşitleri istiridye mantarı ve şitake mantarını içerir). Fakat bu teorinin işlediği Karbonifer Dönemi sırasında ağaçlar, gövdelerini güçlendirmek için gereken lignini yeni yeni formüle ediyordu ve mantarlar henüz onu çürütmek gereken enzimlerden oluşan bir alet çantasına sahip değildi. Ağaçların katı kütlelerinin çoğu sindirilemez hale gelmişti ve milyonlarca yıl boyunca düşüklerinde üst üste yere yığıldılar.

Ama bu tatmin edici bir hipotez olsa da ne yazık ki daha yakın zamana ait kanıtlara dayanmıyor. İlk olarak, Karbonifer bataklıklarında kömür oluşturan ağaçların en yaygın türü aslında çok lignin içermedi. Her ne kadar Kuzey Amerika ve Avrupa, Karbonifer'den hemen sonraki jeolojik dönem olan Permian'de çok fazla kömür oluşturmamış olsa da Çin'deki bazı bölgeler bunu yaptı ve bu lignini çürüten mantarların varsayılan ortaya çıkışından sonra gerçekleşti.¹⁶ Eğer bu, ormanların kendilerini ligninle güçlendirip mantarlarla onu sindirebilme yeteneğini geliştirmeleri arasındaki evrimsel bir zaman gecikmesi değilse, Karbonifer'de ağaçları kömüre dönüştürmek konusunda onu bu kadar çok ve çabuk ürer hale getiren şey neydi?

Görünen o ki sebep, büyük Karbonifer kömür yataklarının öncelikle biyolojik değil jeolojik olmasında yatıyor.

Ekvator çevresindeki tropikal bölge sıcak kalırken, geç Karbonifer Dönemi aslında Gondwana'nın güneyinde oluşan büyük buz tabakaları ile yeryüzü tarihinin oldukça soğuk bir dönemiydi; yani popüler anlayışa karşın Karbonifer, Dünya'nın tamamen sisli ormanlarla kaplı olduğu bir dönem değildi. Bu buzul koşulları kıtaların o dönemdeki dizilişlerinden kaynaklandı. Bir araya gelen kara kütleleri Güney Kutbu'ndan ekvatora ve Kuzey Kutbu'na kadar olan mesafenin büyük çoğunluğuna kadar uzanıyordu. Bu, ekvator dan ku-

tuplara ısı transferini engelleyerek sıcak tropikal ve soğuk kutup okyanus sularının dünya çapındaki dolaşımını engelledi –8. bölümde karşılaştığımız taşıyıcı kuşak–. Aslında Gondwana’nın Güney Kutbu’nda yer almış olması, bölgede kalın buzul buzlarının birikmesini de sağladı, gördüğümüz gibi, buz tabakaları açık okyanus üzerinde bu kadar genişleyerek büyüyemezler.

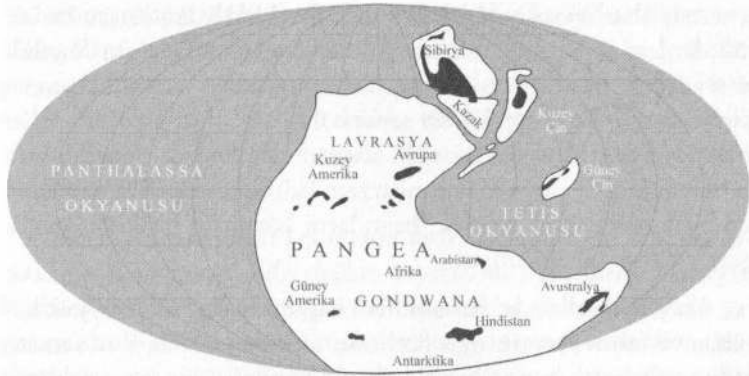
Hızla büyüyen Karbonifer ormanları da bu büyümeden kısmen sorumluydu.¹⁷ Ağaçlar fotosentez yapabilmek için havadaki karbondioksiti emiyordu ve öldükleri zaman, organik maddelerinin çoğu çürüyerek yok olmak yerine turba olarak sıkıştığında, o karbonu tekrar gökyüzüne salamadılar. Sonuç olarak, atmosferdeki karbondioksit miktarı önemli ölçüde düştü ve düşük seviyedeki bu sera gazı küresel soğumaya da katkıda bulunmuş oldu. Ölü organizmaların çürümesi bu karbondioksiti üretmek için havadaki oksijeni tüketirken turba üretimi de artar ve bu da atmosferdeki oksijen miktarında yaklaşık yüzde 35’lik bir artışa neden olur¹⁸ (bugün atmosferdeki oksijen oranı yüzde 20’dir). Bu yüksek oksijen seviyelerinin daha önce karşılaştığımız büyük kanatlı yusufçuklar gibi dev böceklerin evrimine katkıda bulunduklarına inanılıyor.

Bu nedenle Karbonifer’in ortasından itibaren yeryüzü bir buz-hane haline geliyordu. Küresel sıcaklıktaki dalgalanmalar ve bu yüzden buzullarda tutulan su miktarı, tıpkı son 2,5 milyon yılın buzul çağlarında olduğu gibi, yükselen ve düşen deniz seviyelerinin döngülerine (2. bölümde gördüğümüz gibi, Dünya’nın yörüngesindeki yalpalama tarafından yönetilir) neden oldu. Karbonifer, denizi yükselip alçalırken tekrar tekrar ilerledi ve sonra deniz seviyesinin altındaki bataklıkların geniş bölümlerinde geri çekildi. Bu süreçte bitkisel maddeler, bir gün kömür damarlarını oluşturmak üzere, sürekli olarak deniz tortusu katmanlarının altına gömüldü. Gerçekten de bir kömür tabakasındaki kayaların açıkta kalan katmanlarına bakarsanız dikey olarak birbiri ardına dizilmiş kömür damarlarını, killi şist gibi deniz tortularını, şeyl gibi gölet tortularını ve yeni bir toprak tabakasının olduğu nehir deltalarından gelen kumtaşlarını izleyen başka bir kömür damarını görürsünüz. Kömür tabakasında yığılmış bu katmanlar, bataklık havzalarında tekrar tekrar gerçekleşen sel baskınlarının öyküsünü anlatan jeolojik bir elyazması olarak okunabilir.

İngiltere'deki Güney Galler ve Midland gibi kömürün demir filizlerinin yanında bulunduğu yerlerde hem yakıt hem de cevher aynı yerden elde edilebilir, bu yeryüzünün bize “2 al 1 öde” indirimi uygulaması gibidir. Bazen “3 al 1 öde” anlaşması bile yapabiliyoruz. Kömür tabakalarının hemen altında yatan ve çevredeki arazide sıklıkla yüzeyde bulunan kireçtaşları, küresel okyanus seviyelerinin yükseldiği, sıg, sıcak denizlerdeki su seviyesinin altında kalan arazilerin de sele teslim olduğu Erken Karbonifer Dönemi'nde oluşmuştur. 6. bölümde de gördüğümüz gibi, kireçtaşı demir eritmede metalin erimesine ve yabancı maddelerin giderilmesine yardımcı olmak için cüruf olarak kullanılır. Ayrıca, bataklık ağaçlarının fosilleşmiş köklerini koruyan her kömür damarının hemen altındaki taban kili katmanları genellikle sulu alüminyum silikatlar açısından zengindir. Bu mineraller kil tabakasını ısıya son derece dayanıklı hale getirir ve 1.500 santigrat derece veya daha yüksek sıcaklıklara dayanabilir, böylece doğa bize, fırınların içini kaplamak için ateş tuğlası ürettiğimiz veya ergimiş metali dökmek için kullanılan potaları yaptığımız mükemmel bir yapı malzemesi sağlamış olur.¹⁹ Böylece Karbonifer Dönemi boyunca değişen koşullar Sanayi Devrimi'nin hammaddelerinin bazen aynı alandaki birbirini izleyen katmanlarda bir araya gelmesini sağlamıştır.

Turbayı koruyan ve kömür oluşturmak üzere birbirini izleyen tortu tabakalarının altına sıkıştıran şey, su seviyesinin altındaki alçak bataklıkların dönemsel olarak su altında kalması ve gömülmesiydi. O zamanki buzhane koşullarını yansıtan, buzul çağı düşük, buzullar arası çağı yüksek deniz seviyeleri arasındaki salınım, levha tektoniğinin ve kıtaların konumunun doğrudan bir sonucudur. Fakat kömür oluşumuna katkıda bulunan Karbonifer Dönemi sırasında gezegenimizin ikinci bir sıra dışı özelliği daha vardı: Kara kütleleri henüz Kuzey ve Güney kutupları arasında bir küme halinde düzenlenmiş değildi ve hâlâ aktif olarak birbirlerine çarpıyorlardı.

Karbonifer Dönemi, (Kuzey Amerika ile Kuzey ve Batı Avrasya'nın bazı kısımlarını içeren) büyük kuzey kıtası Lavrasya'nın ekvator boyunca, (Güney Amerika, Afrika, Hindistan, Antarktika ve Avustralya'dan oluşan) Gondwana'yla çarpışması sonucunda Süper Kıta Pangea'nın oluşumuna şahit oldu. Bugün ABD ve Kanada'nın doğu kıyısında uzanan Apalaş Dağları, Fas'taki Küçük Altas Dağları –At-



Resim 24 Süper kıta Pangea'nın inşası sırasında büyük kömür oluşumu havzaları.

lantik Okyanusu'nun açılması nedeniyle dağ sıralarının birbirinden ayrılmasından önce Apalaşlar'ın devamı olabilir– ve bugünkü Fransa ve İspanya arasındaki Pireneler gibi Avrupa boyunca uzanan diğer birçok dağ sırası da dahil olmak üzere kalın bir kuşak oluşturan bu yavaş sıkışma olayı, Variskan Orojeni* olarak bilinir.** Sonra Geç Karbonifer'de Sibirya, Doğu Avrupa'ya kaynayıp birleşirken Ural Dağları'nı oluşturarak kuzeydoğudan gelip bu kıtasal yiğine doğru kaydı.

Görmüş olduğumuz gibi, kıtaların çarpışması sadece yüksek dağ zincirlerini yukarı doğru kıvrırmaz, aşağı doğru esneyen kabuk boyunca deniz seviyesinin altına batmış zeminler oluşturur. Buna iyi bir örnek, Himalayalar'ın eteklerinde oturan ve dağlardan denize doğru akan İndus ve Ganj nehirlerini tutan Hint-Avrasya Levhası'nın çarpışması ile oluşan, Ganj Havzası'dır. Karbonifer'in tektonik çarpışmalarıyla oluşan bu tür aşağı çökmüş önülke havzaları da dönemsel sel baskınlarına yatkın olduğu için su altında kalarak turbayı

* Orojeni, tektonik levhaların dalması veya çarpışması sonucu bir dağ sırasının oluşumu için kullanılan jeolojik bir terimdir, ancak hayal kırıklığı yaratacak şekilde sıfat formu "orojenik" değil "orojen"dir.

** Orojeni, daha önce gördüğümüz gibi bronz üretimi için gereken kalay ve porselen yapımı için gereken kaolin kilini sağlayan Cornwall'daki kayaların arasına zorla girmiş olan graniti de meydana getirdi.

korumuş olan, su seviyesinin altındaki bataklıklardan oluşan bu büyük alanlara ortam sağlanmıştı. Ancak kömür yataklarının oluşabilmesi ve birikme döngüsü devam ederken aşınmaya maruz kalmaması için sürekli olarak alçalan bir zemine ihtiyacınız vardır. Karbonifer sırasında Pangea'nın devam eden oluşumunda bu kadar önemli olan da budur, kıtasal çarpışmalar muazzam kalınlıkta kömür damarlarının birikmesine izin vererek, havzaların kömürün biriktiği oranda aşığı çökmesini sağlamıştır.

Yeryüzü tarihinde, Karbonifer'i bağımlı olduğumuz büyük kömür yataklarını yaratan eşsiz bir dönem haline getiren, aynı zamanda ve yerde hareket eden birçok etkenin tesadüfen bir araya gelmesidir. Pangea Süper Kıtası henüz, ağaçların büyümesi için mükemmel sıcak ve nemli iklime sahip alçak sulak alanlardan oluşan önülke havzalarını yaratan tropik kuşak etrafında yer alan hareket halindeki sınırların çarpışmasıyla oluşuyordu. Bu bataklıklar, turbayı gömen ve koruyan buzul ve buzullar arası çağlar arasında salınan nadir zamanlarda deniz seviyesinin yükselmesiyle defalarca su altında kaldı, ve sürekli olarak alçaldılar; böylece tabakalar tekrar aşınıp yok olmadı. Levha tektoniği süreci tüm bunların arkasındaki en büyük güçtü. Dünyada kömür oluşumunun daha sonraki dönemleri olacaktı, ama hiçbirisi Pangea'nın Karbonifer Dönemi'nin onları bir araya getirmesi kadar verimli olmayacaktı.²⁰ Gezegenel etkenlerin bu birleşimi, sonunda Sanayi Devrimi'ni körükledi. Büyük Karbonifer kömür tabakaları olmasaydı insanlık üç yüzyıl önceki teknolojik gelişimiyle duruyor olabilirdi. Hâlâ su çarkları ve yel değirmenleri kullanıyor ve tarlalarımızı atlı pulluklarla sürüyor olabilirdik.

Kömür Siyaseti

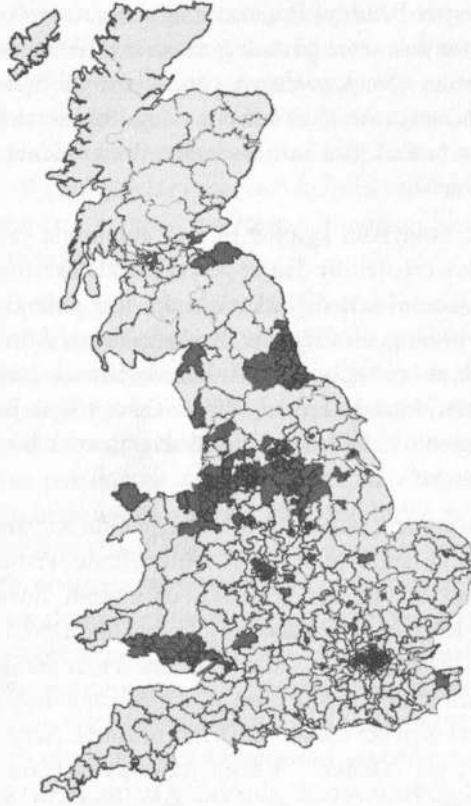
Sanayi Devrimi'nin İngiltere'de başlamasının birçok nedeni vardı. Odun kıtlığı ve yükselen odun fiyatı (buna bağlı olarak odun kömürü de), odun kömürünün taşkömürüyle yer değiştirmesini teşvik etti. Britanya'daki emek ekonomisi, pahalı zanaatkarların yerine yüksek başlangıç sermayesi yatırımı gerektirmesine rağmen daha az sayıda işçinin faaliyet göstermesini gerektiren makinelerin kullanıl-

masından yanaydı. Britanya İmparatorluğu'nun Amerika'dan ve daha sonra Hindistan'dan ucuz pamuk getirmesi iplikten daha hızlı kumaş üretilmesine olanak sağlayan yeniliklere yol açtı. İngiltere'de makinelerin piyasaya sürülmesi insan emeğinin yerini alsa da süreci yönlendirenler pamuk gibi hammaddeleri üreten denizaşırı tarlalarda çalışan kölelerdi.

Britanya, sanayisini kelimenin tam anlamıyla yakıtla doldurmak için –kolay erişilebilir dağlar ve yeraltında kazılmayı bekleyen Karbonifer Dönemi kömüründen oluşan– bir jeolojik şanstan yararlandı. 1840'lara gelindiğinde, Britanya'nın taşkömürü yatakları o kadar çok enerji sağlıyordu ki, karşılaştırmak gerekirse, odun kömürü kullanıldığında *her yıl* –tüm ülkenin üçte biri kadar bir alana denk gelen– 15 milyon dönümlük ormanlık bölgenin yakılması gerekiyordu.²¹

Doğduğu yerden, yoğun kömür madenciliği için araçlar, teknikler, teknolojiler ve demir çelik seri üretimi halinde ayrılıp yaygınlaşan Sanayi Devrimi Avrupa anakarasında benimsendi. Burada, Britanya sanayisini ateşleyen aynı Karbonifer kömürü oluşumu, Kuzey Fransa ve Belçika'dan Almanya'nın Ruhr bölgesine kadar yeraltında uzanır. Burası Bereketli Hilal'in antik dünyanın merkezi olduğu gibi modern tarihin merkezi olan bir kömür hilali halini alarak Avrupa sanayiinin kalbinin attığı yer olacaktı.²² Kuzey Amerika'da kömüre geçiş çok sonra gerçekleşti: Doğu kıyısı boyunca daha az nüfuslu koloniler başlangıçta odun kömürü için büyük ormanlık alanlara erişebildiler,²³ bu yüzden Amerikan sanayisi 19. yüzyıla kadar büyük ölçekte odun kömürü yerine taşkömürü kullanmaya başlamadı.²⁴ Yine de, 1890'lara gelindiğinde ABD demir ve çelik üretiminde dünya lideri olarak İngiltere'yi geride bırakmıştı.²⁵ Özellikle, Andrew Carnegie gibi modern kapitalist çağın en zengin işinsanlarından bazılarının servetini sağlayan jeolojik bir rastlantıyla Pittsburgh, demir cevheri, cüruf için kireçtaşı veya Apalaş Dağları'nın verimli kömür tabakalarına ulaşmak açısından iyi bir yerde konumlanmıştı.

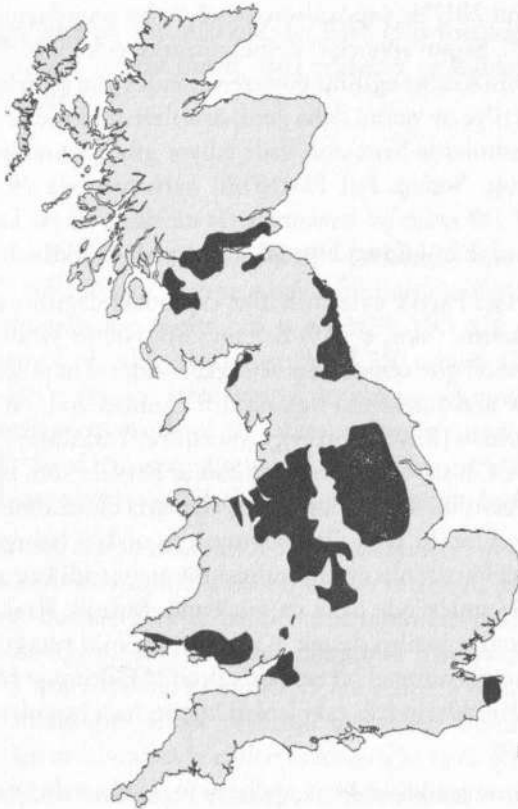
Bugün İngiltere'de Sanayi Devrimi'ni körükleyen kömür madenlerinin hemen hemen hepsi kapandı, kalan kömür damarlarına erişmek her zamankinden daha da zorlaşırken denizaşırı ülkelerde



Resim 25 2017 İngiltere seçim haritası (üstte). İşçi Partisi seçmenleri karanlıkta gösteriliyor ve Karbonifer kömür yatakları (sağda).

daha ucuz kömür kullanılır hale geldi ve çevreyi daha az kirleten veya yenilenebilir enerji kaynakları rağbet görmeye başladı.* Geride birkaç açık maden işletmesi kaldı ama İngiltere'deki derin madenlerin sonuncusu olan Yorkshire'daki Kellingley 2015'te kapatıldı.²⁷ Yine de şaşırtıcı bir şekilde, Birleşik Krallık'taki 320 milyon yıllık

* 21 Nisan 2017'de İngiltere, 1880'lerden bu yana ilk kez elektrik üretmek için kömür kullanmadan tam bir gün geçirdi.²⁶



Resim 26

kömür sahalarının dağılımı bugün hâlâ Britanya'nın siyasi haritasında iz bırakıyor.

İşçi Partisi* 1900 yılında, özellikle İngiliz kömür madencileriyle yakın bağları olan işçi sendikası hareketi içinden kuruldu. Son yüzyıl içinde Liberallerin gölgesinde İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra ilk kez ezici oy üstünlüğüyle seçim kazanan bir partiden Tony Blair yönetimindeki yeni İşçi Partisi'ne kadar çok şey değişmesine rağmen kömür ve siyaset arasındaki derin bağlantı nesiller boyunca sürmüş-

* Labour Party. (Y.N.)

tür. Örneğin 2017’de yapılan son genel seçim sonuçlarını ele alalım (bkz. s. 278). Seçim sonuçları yoğun nüfuslu, çok kültürlü, İşçi Partisi’ne olumlu bakma eğilimi gösteren Londra gibi şehirlerle, Muhafazakâr Parti’ye oy veren, daha geniş arazilere sahip ve seyrek nüfuslu kırsal kesimlerde haritanın ifade ediyor gibi görüldüğünden çok daha yakındı. Sonuç, İşçi Partisi’nin parlamentoda 262, Muhafazakârların* 318 sandalye kazanmasıyla meclisin askıda kalmasıydı – bu da çoğunluk hükümeti kurmak için yeterli değildi.

Fakat İşçi Partisi oylarının ülke çapındaki dağılımına daha yakından bakalım. (bkz., s. 279) Britanya’nın kömür yataklarının bulunduğu yerleri göstermektedir ve dikkat çekici olan politik ve jeolojik haritalar arasındaki sıkı bağlantıdır. Cumberland, Northumberland ve Durham (Büyük Kuzey), Lancashire, Yorkshire, Staffordshire, Kuzey ve Güney Galler’in geniş kömür havzalarının tümü seçimlerde İşçi Partisi’ni destekleyen geniş alanlarla mükemmel bir biçimde örtüşür. Önceki on yıllar boyunca da açıkça belirgin olan bu bağlantı İşçi Partisi’nin ezici yenilgisinin onu kendi kalesine hapsettiği 2015 Seçimleri’nde daha da güçlüydü. Birleşik Krallık’taki ana sol siyasi partiye verilen destek, Karbonifer kömür yatağı bölgeleriyle neredeyse mükemmel bir şekilde eşleşir.** Görünüşe bakılırsa yeraltının derinliklerindeki eski jeoloji bugün hala insanların hayatlarına yansıyor.

Kömür öncelikle elektrik, çelik ve beton üretimi için dünyanın enerji bileşiminin önemli bir parçası olmaya devam etse de kömür siyaseti başka bir fosil yakıt tarafından büyük ölçüde yerinden edilmiştir. Bugün dünyanın en değerli mallarından biri olan petrol insanlığının baskın enerji kaynağıdır ve küresel uygarlığımızın tükettiği toplam enerjinin üçte birini oluşturmaktadır.²⁸ Petrol üretimi ve ulaşımı konusundaki jeopolitik gerginlikler on yıllardır uluslararası ilişkilere hâkim olmuştur. 4. bölümde gördüğümüz gibi, petrol süper

* Conservative and Unionist Party (Muhafazakâr ve Birlikçi Parti). (Y.N.)

** İşçi Partisi ile kömür yatakları arasındaki ilişki, bir diğer büyük sol parti olan İskoç Ulusal Partisi’nin [Scottish National Party] yükselişiyle İskoçya’da daha az belirgin hale geldi.

tankerlerinin geçmek zorunda olduğu Basra Körfezi'nde ve dünya çapında deniz dar geçitlerindeki Batı çıkarları ve müdahalelerinin başlıca nedenidir.

Kara Ölüm

Bin yıllardır kömür gibi petrol de –kelimenin tam anlamıyla “kaya yağı”– kullanmışız. Yüzeye sızan asfalt (bitüm-zift) dört bin yıl önce Babil duvarlarının yapımında ve yaklaşık MÖ 625 yılında yol yapım malzemesi olarak kullanılmıştı.²⁹ MS 350 yılında Çinliler için sondaj kuyuları açıp yakıtı ateşe vererek tuz elde etmek amacıyla deniz suyunu buharlaştırıyorlardı ve 10. yüzyılda Pers simyacıları petrolü damıtarak lambalar için gazyağı yapıyorlardı.³⁰ Fakat 19. yüzyılın ikinci yarısına kadar endüstriyel ölçekte petrol kullanmaya başlamadık.

Ham petrol, damıtılarak farklı oranlarda ayrıştırılabilen değişik ölçeklerdeki karbon bileşiklerinin son derece karmaşık bir karışımıdır. Damıtılan bu maddeler ilk olarak buhar motorları ile diğer makineler için gresyağı ve şehirlerin aydınlatılması için gazyağı olarak kullanıldı. 1876'da Almanya'da modern içten yanmalı motorun geliştirilmesiyle insanlığın petrol tüketimi gerçekten başlamış oldu.³¹ Ham petrolden arıtılarak elde edilen benzin daha önce çok uçucu ve kullanım için çok tehlikeli olarak kabul edilmişti ama bu yeni makinelerin pistonlarına güç vermek için mükemmel bir yakıt olduğunu kanıtladı. Bugün bulutların üzerinde süzülen uçaklarımızda da uçak benzini kullanıyoruz. Bu sıvı yakıtlardaki uzun hidrokarbon bileşikler, kömürden çok daha fazla enerji ihtiva eder ve bu yüzden nakliye için inanılmaz yoğun ve taşınabilir enerji depoları sunar.³² Petrol sadece arabalarımızın yakıtı olmakla kalmaz, aynı zamanda üzerinde araç kullandığımız düzgün yolları döşemek de çok önemlidir, yol yapım malzemesi olarak kullanılan yüksek yoğunluklu asfalt, ham petrolün içindeki en uzun hidrokarbon zinciri moleküllerinden oluşur.³³

Petrol çok caziptir çünkü Enerji Yatırım Getirisi (EYG)* en-

* Energy Return On Investment (EROEI). (Y.N.)

deksinde yüksek oranlara sahiptir; yani petrol çıkarmak ve saflaştırmak için az miktarda enerji kullanmanız gerekir ama çok büyük miktarda enerji elde edersiniz.³⁴ Aynı zamanda, uzun mesafeler arasında sıvı ham petrol basınçla basitçe borulardan püskürtülerek nakledilen petrolün taşınması kömüre göre çok daha kolaydır. Bugün petrolü dünyadaki en önemli enerji kaynağı haline dönüştüren şey, yüksek enerji yoğunluğu, kolay taşınabilirlik ve göreceli bolluğu bu kazandıran bileşimidir. Ayrıca petrol sadece bir yakıt olarak yaşamsal öneme sahip değildir. Yıllık petrol üretiminin yüzde 16'sı yakıt olarak değil, çözücülerden yapıştırıcılara, plastikten ilaçlara kadar her şeyi üretmek için, organik kimyanın farklı alanlarında hammadde olarak kullanılır. Modern tarım da petrol olmadan imkânsız olurdu. Yüksek verim için çiftliklerin yapay çevrelerini kontrol eden böcek ve zararlı ot ilaçlarını sentezlemek için kullanılır, tarlaları eken traktör ve biçerdöverlere yakıt sağlar ayrıca suni gübreler de fosil enerji kullanılarak üretilir. Petrol arabanızı besler ama her öğünde onu içersiniz de. Kömür antik bataklık ormanlarının sıkışıp fırınlanmasıyla meydana gelirken, petrol ve doğalgaz mikroskobik deniz planktonlarının kalıntılarından oluşur. Bitkilerin kara kütlelerini kolonize etmelerinden çok daha önce yaşam denizlerde geliyordu ama 21. yüzyılda uygarlığımıza güç veren petrolün çoğu Karbonifer Dönemi ormanları oluştuktan yaklaşık 200 milyon yıl sonra meydana geldi. Bu petrol yaklaşık 115 milyon önceki Jura Dönemi sonlarında ve 100 milyon yıl önceki Orta Kretase Dönemi'nde gerçekleşen iki büyük çarpışmayla yok olan Tetis Okyanusu'nda oluştu.³⁵

Bugün dünya okyanuslarının güneşli yüzey suları, plankton olarak bilinen küçük yaratık sürüleri tarafından oluşan mikroskobik yaşamla doludur. Okyanus ekosistemlerinin temellerini oluşturan başlıca üreticiler diatomlar, kokolitler ve dinoflagellatlar gibi fitoplanktonlardır. Bu tek hücreli fotosentezciler içindeki karbonu yakalayıp şekerlere ve ihtiyaç duydukları diğer bütün organik moleküllere bağlamak için Güneş enerjisini emerek büyürler ve tıpkı kara bitkileri gibi onlar da yan ürün olarak oksijen salgırlar. Genellikle Amazon Yağmur Ormanları gezegenin akciğerleri olarak

tanımlansa da gerçekte soluduğumuz oksijenin büyük çoğunluğunu denizlerde sürüklenen fitoplankton yığınları üretir. Büyümeleri için uygun koşullar olduğunda, bu hücrelerin şaşırtıcı derecede yoğun toplulukları suda yığınlar halinde birikir, örneğin, su yüzeyini kaplayan sütlü turkuvaz rengindeki kokolitler uzaydan bile görülebilir.

Plankton âlemi, foram ve radyolaryalar gibi mikroskobik otoburlar ve yırtıcılarla doludur. Bu mikroorganizmalar karmaşık bir şekli olan kabuklarının arasından dokunaçlarını uzatarak daha az şanslı planktonları tuzağa düşürüp bir çırpıda mideye indirebilirler. Hem fitoplanktonlar hem de zooplanktonlar sırasıyla daha büyük balıklar tarafından yenen balıklar tarafından yenir ya da balinaların aldığı büyük yudumlarla sudan süzülürler; böylece tüm okyanus gıda ağını kurmuş olurlar. Planktonlar doğal yırtıcılarından yakayı sıyrıp doğal nedenlerle öldüklerinde, karbonu ve diğer ana besinleri sisteme geri dönüştüren çürütücü bakteriler tarafından tüketilirler. Birincil üreticilerinin yırtıcılar, leş yiyiciler ve çürütücüler olduğu bu planktonik ekosistem, en az otları, ceylanları, çitaları ve akbabalarıyla ama her birinin mikroskobik boyutlara küçültülmüş haliyle dünya okyanuslarının parıltıyan yüzeyinde oynastıkları Serengeti kadar karmaşıktır.

Planktonlar öldüğünde su sütunundan aşağı kayarak giderek daha da kararan derinliklere doğru sürüklenip, burada kıtalardan rüzgârla gelen veya nehirler tarafından taşınarak yavaşça batan mineral tanecikleriyle birleşirler. Çürüyen organik madde ve deniz tabanına doğru çöken inorganik döküntülerin bu sürekli çökeltisi deniz karı olarak bilinir. Günümüz okyanuslarının en derin yerleri bile deniz suyunun küresel dolaşımı tarafından iyi oksijenlendirilmiştir ve bu yüzden organik kalıntıların çoğu bakteriler ve geri dönüştürülmüş karbon tarafından sindirilmiştir.

Bugün okyanus alanının büyük çoğunluğunda olan budur. Fakat deniz tabanında sonunda petrole dönüşecek olan organik artıkları biriktirmek için okyanusun dibindeki sınırlı oksijenle karışan yüzey sularında yüksek plankton üretimine ihtiyacınız vardır. Bunun

yerine bakterilerin karbonu geri dönüştürmesini sağlamak için deniz tabanında organik açıdan zengin siyah bir çamur birikir, (daha önce gördüğümüz gibi, kömür damarları oluşturmak için gereken koşullara benzer). Siyah şist kaya içinde sıkışıp sertleşen bu karbon yüklü çamur daha sonraki tabakalara gömülür. Bu dünya çapında ham petrol ve doğal gaz için başlangıç malzemesini oluşturur. Şist derine gömüldükçe gezegenin iç sıcaklığı tarafından, “petrol penceresi” olarak bilinen 50-100 santigrat derece civarında bir sıcaklık aralığına kadar ısıtılır. Ölü deniz canlılarının yavaş yavaş kaynayan karmaşık organik bileşikleri petrolün uzun zincirli hidrokarbon molekülleri içinde bozunmaya uğrar. Eğer şistler yaklaşık 250 santigrat derece veya daha yüksek sıcaklıklara maruz kalırsa, derin kimya bu uzun zincirleri bile parçalayıp, çoğunlukla metan, aynı zamanda biraz etan, propan ve bütan yani doğalgaz olmak üzere karbon içeren küçük moleküllere ayırır. Petrol penceresi genellikle iki ila altı kilometre derinlikte oluşur ve şistin yukarıda devam eden çökeltme yoluyla bu derinliğe gömülmesi on milyon yıldan fazla sürebilir.

Bu derinlikteki muazzam basınç seviyeleri, sıvı petrolü kendi kaynak kayacının dışında sıkıştırır ve üstteki tabakalar boyunca yukarı çıkarır. Eğer dikey olarak yükselmesini engelleyecek ve onu yeraltında tutacak bir şeyle karşılaşmazsa petrol deniz tabanından dışarı sızar. Kumtaşı çok iyi bir rezervuar kayacı olarak iş görür, tekil taneciklerinin arasındaki gözenek boşlukları jeolojik bir sünger gibi petrolü emer ve diyelim ki üzerindeki ince tanecikli çamur kaya veya geçirimsiz bir kireçtaşı katmanıyla bir mühür gibi davranır, petrol veya gaz burada kapana kısılarak sondaj yapıp çıkarmamız için hazır hale gelir.³⁶

Gördüğümüz gibi, artık okyanuslarımızda bu süreç meydana gelmiyor. Peki 100 milyon yıl önce antik Tetis Okyanusu’nda bu kadar çok plankton artığının birikmesine ve petrole dönüşmesine neden olan tuhaf koşullar neydi?

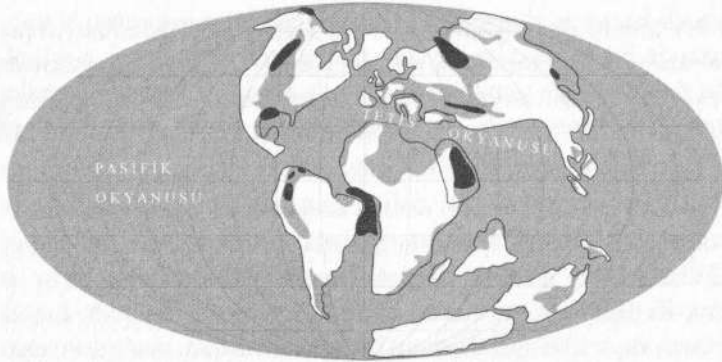
Kretase Dönemi’ne gelindiğinde, büyük süper kıta Pangea parçalanmış ve kıtalar tekrar ayrılmıştı. Artık ekvatoru kaplayan tek bir büyük kara kütlesi yoktu. Bunun yerine Tetis Okyanusu’nun devasa

su yatağı kuzey ve güney kıtalarını ayırarak dünyanın ortası boyunca uzandı. Bu o zamanlar okyanus döngü düzenlerinin çok farklı olduğu ve bir devirde tüm dünya etrafında akan bir akıntının engellenemediği anlamına gelir. Bu ekvator akıntısı tropik güneş banyosu yaptı ve çok sıcak bir hale geldi.

Gerçekten de ekvatorial deniz yüzeyinde en fazla 25-30 santigrat derece kadar ve hâlâ ılık kutuplarda, 10-15 santigrat derece sıcaklıklarla Orta Kretase dünyası kavurucu bir seraydı. Buzullar yoktu, Kanada ve hatta Antarktika sık ormanlarla kaplıydı. Büyük miktarda suyu kilit altında tutan buzullar olmadan, deniz seviyeleri de bugünkünden çok daha yüksekti. Buna ek olarak, o zamanlar kıtalar parçalanırken Kuzey ve Güney Atlantik'i oluşturan yerkabuğunda çok sayıda aktif yarık meydana geldi. Bu deniz tabanı yayılma merkezlerinde oluşurken hâlâ sıcak ve yüzer durumda olan yeni okyanus kabuğu, denizaltı dağ sıralarının büyük uzun sırtlarında yukarı doğru şişiyordu. Bu büyük okyanus ortası sırtları büyük miktarda suyun yerini değiştirdi ve deniz seviyeleri daha da yükseldi. Gerçekten de sıcak iklim ve faal deniz tabanı yayılmasının birleşimi, Geç Kretase Dönemi'nde, bugünkünden belki en az 300 metre daha yüksek olan, deniz seviyelerinin gezegenimizin tarihindeki son milyar yıl boyunca yaşanan herhangi bir döneme göre daha fazla olduğu anlamına geliyordu.³⁷

Sonuç olarak okyanus kıtaların büyük kısmını sular altında bıraktı. Avrupa büyük oranda suya batmıştı. Batı İçdeniz Yolu* taşıp Kuzey Amerika'nın tam ortasından geçerek Meksika Körfezi'nden Kuzey Kutbu'na kadar sular altında bıraktı (4. bölümde ABD'nin güneydoğusundaki oy kullanma şekillerine baktığımızda gördüğümüz gibi). Trans-Sahra Denizi, Tetis'ten Libya, Çad, Nijer ve Nijerya'ya kadar Afrika'yı süpürdü. Geniş bir alana yayılan yarıkla bağlantılı olan güçlü volkanizma da üzerini kaplayan planktonların çoğalmasını sağlamak için denizlere birçok besin maddesi bıraktı. Bu nedenle Geç Kretase sadece derin okyanusların değil; sıcak suları plankton-

* Western Interior Seaway. (Y.N.)



Resim 27 Kretase, Dünya'nın oksijensiz denizlerinde petrol oluşturan bölgeler.

lar için ideal büyüme koşulları sağlayan sığ kenar denizlerin de yer aldığı bir dünyaydı. Fakat bu Kretase denizlerinin zeminindeki koşullar da çok farklıydı.

Kutup buzlarının soğuk ve yoğun su yaratmadığı bir sera dünyasında, 3. bölümde araştırdığımız termohalin döngüsü kapanmıştı, artık okyanusun derinlikleri boyunca suyu dolaştıran küresel bir taşıma şeridi yoktu. En önemlisi, ılık su da çok daha az çözünmüş oksijen tutar ve derin sulara girmeyi başarmış olan her oksijen molekülü çürütme bakterileri tarafından çabucak tüketildi.

Tüm bunların sonucu, Kretase deniz tabanının bakterilerin organik maddeyi düzgün bir şekilde parçalayamadığı, oksijene aç ölü bir bölge haline gelmiş olmasıydı. Aynı zamanda, planktonların sıcağı, güneşli yüzey sularındaki çılgın üretkenliği, deniz tabanına inen gerçek bir deniz kar fırtınasına yol açtı. Organik maddeler çürütülmeden birikti ve aşağıya daha fazla tortu indikçe gömüldüler.*

Alçalan bataklık havzalarındaki Karbonifer kömür ormanlarının da olduğu gibi, Kretase deniz tabanındaki karbon geri dönüşüm sis-

* Benzer oksijensiz deniz tabanı koşulları bugün Karadeniz'in dibi veya Peru kıyılarının yukarı doğru yayılan bölgesi³⁸ gibi belli alanlarda bulunur ancak Kretase Dönemi'nde bunlar tüm dünyada yaygındı.

temi bozulmuş, on milyonlarca yıl boyunca organik maddelerin birikmesine izin vermişti. Sonuç olarak, oksijensiz deniz tabanı siyah şist kayalarından oluşan geniş birikintilere dönüşen, organik açıdan zengin, kalın bir çamur yığını haline geldi. Bu nedenle Tetis Denizi'nde büyük şist alanlarının biriktiği döneme "Kara Ölüm" adı verilmiştir.³⁹

Gezegelimiz ham petrol ve doğalgaz oluşumun hem daha eski hem de daha yakın bölümlerine şahit oldu ancak uzak ara en üretken olanlar, organik maddeyle dolu siyah şistlerin Tetis Okyanusu'nun kıta sahanlığında biriktiği Geç Jura ve Orta Kretase dönemleriydi. Bugün petrol ve doğalgazın en bol bulunduğu bölge olan Basra Körfezi'nin yanı sıra Batı Sibirya, Meksika Körfezi, Kuzey Denizi ve Venezuela'daki zengin yataklar o zamanki jeolojik süreçlerin birleşimi ile üretildi.⁴⁰

Aracıyı Aradan Çıkarmak

Kömür, Sanayi Devrimi'ne enerji sağlar ve petrol bizi modern teknolojik medeniyetimize taşıırken, bu fosil yakıtlarının insanlık tarafından sömürülmesi, köklü küresel sorunları da beraberinde getirdi. 17. yüzyılın başlarından beri, Dünya'nın on milyonlarca yıl boyunca yavaşça biriktirdiği bu gömülmüş antik karbonu tutkulu bir şekilde kazıyoruz ve sadece birkaç yüzyıl içinde büyük bir kısmını yaktık. Petrol üretiminin tepe noktasına ulaşması ve azalan ham petrol arzıyla ilgili endişeler olsa da yeraltında hâlâ erişilebilir durumda, mevcut tüketim oranlarıyla kesinlikle birkaç yüzyıl yetecek kadar bol miktarda kömür bulunuyor.⁴¹ Öyleyse şu anda başka bir enerji kriziyle değil, geçmişte enerji açlığımıza bulduğumuz çözümün bir sonucu olarak ortaya çıkan bir iklim kriziyle karşı karşıyayız. Şu anda Sanayi Devrimi öncesine göre oranı yüzde 45 daha fazla olan, fosil yakıtların yanmasıyla serbest kalan karbondioksitin atmosferdeki seviyesi hızla artıyor. Gerçekten de insan uygarlığından kaynaklanan sera gazı emisyonlarının mevcut oranı en azından son 66 milyon yılın jeolojik tarihinde eşi benzeri görülmemiş bir oranda. Belki de en yakın doğal örneği, 3. bölümde keşfettiğimiz, küresel sıcaklıkta hızlı bir artışın

görüldüğü Paleosen-Eosen Termal Maksimumu'ydu⁴² ve dünyayı bugünkünden 5-8 santigrat derece daha sıcak hale getirmişti.⁴³ Şu anda küresel iklimimizi o döneme geri döndürmek için elimizden gelenin en iyisini (ya da en kötüsünü) yapıyoruz.⁴⁴

Atmosferde bu tür sera gazlarının varlığı kendi içinde bir sorun değildir. Aslında gezegenimizin tarihi boyunca yer yüzeyini donma noktasının üzerinde tutan ve karmaşık canlı hayatı için yaşamsal olan şey bu gazların yalıtım etkisidir.* Hızla yükselen karbondioksit seviyesi doğal dünyadaki mevcut dengeleri değiştiriyor ve medeniyetimizi sürdürme biçimimizi etkiliyor. Bu seviyeler giderek daha asidik okyanuslara neden olarak mercan resiflerinin yanı sıra yiyecek için bel bağladığımız balıkçıları tehdit ediyor.⁴⁵ Dahası, ısınan bir küresel iklim, kıyı şehirlerimizi tehdit eden yüksek deniz seviyelerine ve tarım açısından önemli etkilere sahip olan, dünyanın yağış düzenindeki değişimlere yol açar. Ancak karbondioksit fosil yakıtlar tarafından salınan tek kirlenme şekli değildir. Gördüğümüz gibi, ölü organizmaların ayrışmasının önlenmesi ve böylece karbonun birike-rek kömür, petrol ve doğal gaz haline gelmesi oksijen bakımından zayıf koşullar gerektiriyordu. Aynı koşullar fosil yakıt yakıldığında serbest bırakılan ve sülfürik asit oluşturmak için havadaki nemle reaksiyona giren sülfür bileşiklerinin oluşumuna da benzer – bugün bataklıkların genellikle hidrojen sülfürün ayırt edici özelliği olan çürük yumurta gibi kokmasının nedeni budur–. Böylece Karbonifer, kömür bataklıklarının oksijen fakiri toprağı ve Kretase deniz tabanının tortusu gelecekteki asit yağmurunu da içine hapsetti.⁴⁶

Fosil yakıtları yakmak şişedeki cini serbest bırakmak gibi bir şey, bize 17. yüzyılda dilediğimiz sınırsız enerjiyi verdi ama bunu gelecekte istenmeyen sonuçlara neden olan kötü niyetli bir sinsilikle yaptı.

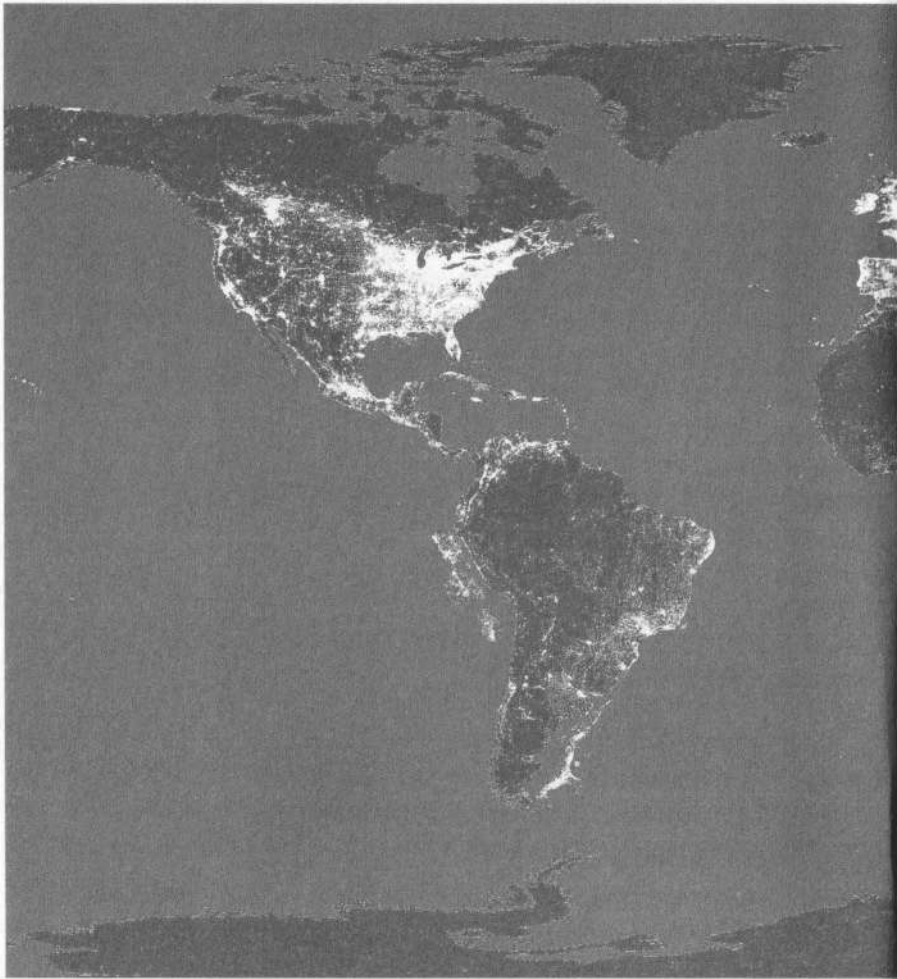
Şu anda karşı karşıya olduğumuz mücadele, Sanayi Devrimi'nden bu yana var olan eğilimi tersine çevirmek ve ekonomimizi bir

* 6. bölümde Büyük Oksidasyon Olayı'nın tarih boyunca çıkardığımız demir cevherlerini nasıl yarattığını ama aynı zamanda Dünya kartopunu harekete geçirmek için sera gazı metan atmosferini nasıl temizlediğini gördük.

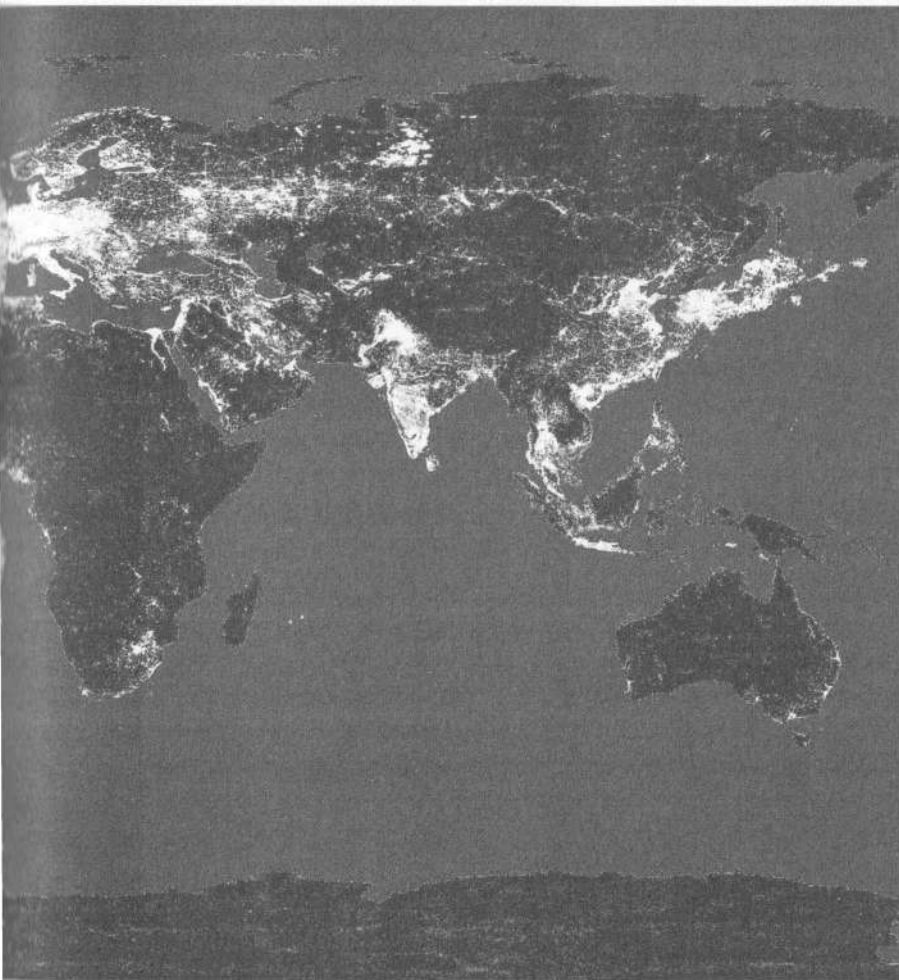
kez daha karbondan arındırmaktır. Bu bölümde daha önce gördüğümüz gibi, tarih boyunca tarımı yoğunlaştırmamız ve ormanlık araziye ekip biçmek için kullanmamız insanlığın toplayabileceği Güneş enerjisi oranını artırdı. Bu Güneş ışığını vücudumuz için besine ve bunun yanı sıra ihtiyacımız olan hammaddelere ve yakıta dönüştürdük. Ayrıca su çarkları ve yel değirmenleriyle doğadan aldığımız mekanik gücü nasıl dizginleyeceğimizi öğrendik. Mevcut karbon krizinin çözümünün bir parçası da teknolojik güncellemelerle bu asırlık uygulamalara geri dönmek olacak. Güneş paneli çiftlikleri doğrudan elektrik üretir ve hidroelektrik barajları ile rüzgâr türbinleri temelde su çarkları ve değirmenlerle aynıdır ama bu teknolojik atalarından çok daha üretkenlerdir.

Fakat belki de insanlığın hiç olmadığı kadar fazla enerji kaynağını eline alma konusundaki sürekli çabalarında bir sonraki devrim, yıldızlara ait olan güç kaynağını dizginlemek yani nükleer füzyonu çözmek olacaktır. 6. bölümde yıldızların içindeki nükleer füzyonun hidrojen atomlarını nasıl bir araya getirip helyum yarattığını ve bu süreçte büyük miktarda enerjinin açığa çıktığını gördük. Dünya çapında birçok tesis, ana akım nükleer enerji santralleri için deneysel reaktörlerin çoğaltılmasında şimdiden iyi bir ilerleme kaydetmektedir. Füzyon yakıtı deniz suyundan elde edilebilir ve bu tür reaktörlerin çalışması karbondioksit veya uzun ömürlü radyoaktif atık üretmez. Yani füzyon sadece bol enerji sunmakla kalmaz; bu kez temiz enerji de sağlar. Bu bağlamda, Güneş ışığının enerjisini ekinleri ve kesilmiş ormanlık alanlarıyla yakalayan en erken tarım toplumlarından, füzyon reaktörlerimize minyatür bir güneş yerleştirerek aracıyı aradan çıkarmaya kadar uzanan döngüyü tamamlamış olacağız.*

* Atmosferik karbondioksit seviyeleri doğal yollarla sanayi öncesi durumlarına on binlerce yıl boyunca geri dönmeyecek. Milankoviç döngülerinin üst üste binen ritimleri, 50 bin yıl sonra yeryüzü iklimini buzullaşmaya geri döndürecek ama halihazırda atmosfere yolladığımız bu zehirli toz, bir sonraki planlanmış buz devrinin neredeyse kesinlikle atlanacağı anlamına geliyor. Yani insan açısından bakıldığında mevcut küresel ısınmanın iyi tarafı, uygarlığımızın Kuzey Yarımküre'de uzanan kilometrelerce kalınlıkta buz tabakalarının geri dönüşü ve yaygın tarımı imkânsız hale getiren can yakıcı derecede soğuk ve kuru iklimdense, uzun vadede daha sıcak bir dünyanın aşırı sıcaklarına daha iyi uyum sağlayabilmesi olabilir.⁴⁷



Resim 28



FİNAL

Kasabalarımızın ve şehirlerimizin elektrik ışığıyla parıltıdan insan dünyası artık uzaydan, yapay yıldızlardan oluşan pırıl pırıl bir galaksi gibi açıkça görülebiliyor. Bu birleşik görüntü uydu tarafından oluşturuldu, açık gecelerde aşağıdaki manzarayı fotoğraflayıp, ardından gökyüzünden Dünya'daki her şeyi bilen tek bir görüntü elde ediliyor. Bu şekilde neredeyse tüm dünyayı gece vakti ve hiçbir bulut örtüsü olmadan tasvir eden bir soyutlamadır. Bu insan yerleşiminin tam bir haritası değil; sanayileşmiş şehirleşmenin bir parçasıdır- gelişmekte olan ülkelerdeki dünya nüfusunun büyük bir kısmı hâlâ kırsalda. Yine de bence, bin yıl boyunca inşa ettiğimiz küresel uygarlığı ve üzerinde yaşadığımız gezegen tarafından nasıl şekillendirildiğimizi çok güzel bir biçimde gösteriyor.

İnsanlığın en yoğun biçimde toplandığı yerler hemen belirginleşir; Kuzey Hindistan ve Pakistan, insanlığın en eski beşiklerinden olan Çin ovaları ve kıyı şeridinin yanı sıra yavaşça merkezi kırsal bölgelere doğru dağılan Doğu ABD'deki şehir ve otoyolların örgüsü. Fransa, Almanya, Belçika ve Hollanda'nın bazı bölgelerine yayılan kalabalık Kuzey Avrupa Ovası, bembeyaz ışıldar. Bu, ormanları ve

nemli kil toprağı son derece verimli tarım arazilerine dönüştüren demir kenarlı balta ve saban kullanımıyla geçen ilk bin yıl boyunca Akdeniz sınırından Kuzey Avrupa'ya yayılan nüfus dağılımındaki kademeli ama kararlı değişimin sonucudur. Bir zamanların geniş antik Tetis Denizi'nden kalan su birikintisi olan Akdeniz'in, özellikle de doğudaki parlak kıyı şeridinin, İsrail, Lübnan ve Suriye'nin kalabalık kentleşmesini gösteren girintili çıkıntılı ana hatları açık bir şekilde ortaya çıkarılabilir.

Karadaki karanlık alanlar da aynı şekilde ortaya çıkıyor. Bunlar yoğun insan yerleşimi için uygun olmayan araziler ve iklim bölgelelidir. Dağ sıraları görünmezlikleriyle dikkat çeker, İtalya'nın tepesindeki Po Vadisi'nin parlayan saban izleri kasvetli Alpler tarafından kapatılır, Kuzey Hindistan'ın yoğun parıltısı Himalayalar'ın kıvrımıyla aniden kesilir. Çöller Avustralya, Güney Arabistan ve Kuzey Afrika'nın kalbinde geniş karanlık yamalar olarak görünür. Nil Vadisi'nin kurdele şeklindeki vahası ve deltası bu misafirperver olmayan bölgede bir ateş nehri gibi yanar. Mevsimsel olarak onu saran okyanustan nem emen muson yağmurları tarafından nemlendirilen gezegenin etrafında uzanan çöller kuşağında da Hint Yarımadası'nın ısıldayan üçgeni göze çarpar.

Karanlıkta kalan sadece dünyanın yerleşimi engelleyen aşırı kurak bölgeleri değil, aynı zamanda yüksek yağış ve dolayısıyla yoğun yağmur ormanları ile gezegenimizin ekvator bölgesini oluşturan Orta Afrika, Amazon ve Endonezya'nın kalbidir. Elektrik ışığının yokluğu Dünya atmosferindeki döngü akımı Hadley hücresinin hem yağmurlu yükselen kolunu hem de kuru ve alçalan bölgesini ortaya çıkarır.

Asya'nın içindeki insan aktivitesinin ısıltılı köpüğü, Tibet Platosu'nun dondurucu yüksekliklerinin karanlık boşlukları ve kıtasal iç çöller tarafından kırılır. Kıtanın kalbinde doğudan batıya doğru uzanan kabaca paralel iki dağınık parıltı şeridi vardır. Daha güneydeki çizgi, dağlar ve çöller arasında dolaşan İpek Yolu'nun eski güzergâhıdır. Bir zamanlar kıtanın uçlarındaki kültürleri birbirlerine bağlayarak ticaret ve bilgiyi Avrasya'nın geniş arazisi boyunca taşıyan bu yolun parmak izleri, bugün antik vaha kasabalarının ve ticaret

merkezlerinin büyümesiyle yükselen şehirlerden yayılan elektrik ışıkları nedeniyle hâlâ uzaydan görülebilir. Kuzey kuşağı, bir zamanlar göçebe çobanların içinden çıkarak kıtanın çevresindeki tarım uygarlıklarını tehdit ettiği bilinmeyen bir yaban alanı olan çimenli steplerin bulunduğu ekolojik bölgeyi takip ediyor. Bu bölgenin sabanla sürülüp rüzgârla sallanan büyük başak tarlalarına dönüştürülen batı yarısı, günümüzde bu iklim kuşağındaki Trans-Sibirya Demiryolu boyunca inci gibi dizilmiş olan yeni şehirleri beslemektedir.

Tarihimizde bu kadar önemli bir rol oynayan gezegenin aykırı rüzgâr şeritlerinin küresel düzeni ve okyanus girdaplarının büyük dönen akıntıları gibi diğer özelliklerinin, insan aydınlığının bu haritasında algılanabilir olmaması gerektiğini düşünebilirsiniz. Onları, Sanayi Devrimi'nin hammaddelerini ve ekonomik yönlendiricilerini sağlayan geniş kıtalararası ticaret ağlarını ve deniz imparatorluklarını yapılandırmak için kullandık. Ancak hava ve denizdeki akıntılar görünmez olsa da etkileri bu görüntülerde ortaya çıkmış durumda. Peru kıta sahanlığı gibi, okyanusların kabarıp planktonların ve onlarla beslenen balıkların gelişebileceği, besin açısından zengin suları yukarı doğru çıkardığı yerlerde, ateşböcekleri gibi toplaşan balıkçı teknelerinin ışıkları uzaydan fark edilebilir. Ayrıca Norveç, İsveç ve Finlandiya'nın parıltısı, Kanada ve Sibirya'daki enlemlerden çok daha kuzeyde bir yerleşim olduğunu gösteriyor. Bu durum, okyanus üzerinde esen batılı rüzgârlar ve Gulf Stream tarafından ılımanlaştırılan iklimlerinden kaynaklanmaktadır, bu ülkeler onlara taşınan Karayip güneşinin ışıısıyla ısınır. Kuzey Denizi, Basra Körfezi ve Kuzey Sibirya'nın petrol yataklarında serbest bırakılan doğalgazın yandığı alev bacaları aracılığıyla fosil enerjinin derin yeraltı havzaları bile görünür hale gelir.

Bu tek görüntü şimdiye kadarki insan öykümüzün doruk noktasını ve başlangıcımızdan bu yana çok yol kat ettiğimizi özetler. Dünya ara vermeksizin hareket eden bir yerdir ve insan öyküsü boyunca yüz hatlarıyla gezegensel süreçleri belirleyici bir rol oynamıştır. Tü-rümüz, maymun-adamdan uzay-adamına ilerlememizi sağlayan çok yönlülük ve zekânın, kozmik döngülerin yol açtığı çevresel dalgalanmalar tarafından bahşedildiği Doğu Afrika Rift Vadisi'nin eşsiz tek-

tonik ve iklim koşullarında ortaya çıkmıştır. Ayrıca bundan önce, 55,5 milyon yıl önce gerçekleşen PETM'nin yoğun sıcaklık artışı, soyumuzun, primatların ve torunlarını evcilleştirdiğimiz toynaklı memeli takımlarının ortaya çıkışını ve hızla dağıldığına şahit oldu. Tahıl ürünü olarak ektiğimiz ot türlerinin yayılmasına yol açan son birkaç on milyon yıl içinde gerçekleşen bütünsel soğuma ve kuraklaşma eğilimi gibi diğer küresel değişiklikler kademeli olarak gerçekleşmiştir. Bu gezegensel donma, yeryüzünün büyük bir kısmını şekillendiren ve türümüzün dünyayı doldurmasına izin veren ürperici buz devirlerinde doruğa ulaştı.

Uygarlığın tüm tarihi sadece, iklimsel dengenin kısa süreli bir molası olarak içinde bulunduğumuz buzullar arası çağdaki ani bir parlamadır. Geçtiğimiz birkaç bin yıl boyunca yeryüzünün taşlı yeraltı katmanlarını kazdık ve binalarımızla anıtlarımızı inşa etmek için onları yerin üstüne yığdık. Metallerin belirli jeolojik süreçler sonucunda bir araya geldiği zengin cevherleri kazdık. Son birkaç yüzyılda, eski ormanların çürümeyi reddettiği, gezegenin geçmişi-nin ilginç bir döneminde oluşan kömürü çıkardık ve planktonların sular altındaki bir dünyanın oksijensiz kalmış deniz tabanına yerleşmesiyle meydana gelen petrolü emdik.

Yeryüzünün toplam yüzölçümünün üçte birini tarım alanına dönüştürdük. Madencilik ve taşocakçılığı faaliyetlerimiz, dünyadaki tüm nehirlerin toplamından daha fazla malzeme taşıyor.¹ Tüm gezegenin iklimini ısıtan sınai gazlarımız volkanlardan daha fazla karbondioksit salıyor. Yeryüzünü derinden değiştirdik, ama doğa üzerinde sadece yakın bir zaman içinde bu kadar ezici bir hâkimiyet kurduk. Yeryüzü insan öyküsüne zemin hazırlar, onun yer şekilleri ve kaynakları insan uygarlığını yönlendirmeye devam eder.

Yeryüzü, tarihimizi şekillendirmiştir.

RESİMLER

Resim 1: Trauth (2007) ve Maslin (2014) bilgileri kullanılarak Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil.

Resim 2: Force (2010) Şekil 1'e göre ve University of California, Los Angeles'tan Peter Bird'ün, levha sınırlarıyla ilgili verileri kullanarak yazar tarafından Mathematica 11.0 ile oluşturulan şekil (<http://peterbird.name/oldFTP/PB2002/>).

Resim 3: Woodward (2014) ve Planetary Visions'tan gelen bilgileri kullanarak yazar tarafından Mathematica 11.0 ile oluşturulan şekil (<http://www.planetaryvisions.com/Project.php?pid=2226>).

Resim 4: Yazar tarafından oluşturulan şekil.

Resim 5: Uluslararası Stratigrafi Komisyonu oluşturulan Uluslararası Kronostratigrafik Çizelgesi'ndeki bilgilere dayanarak, yazar tarafından Mathematica 11.0 ile oluşturulan şekil (<http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>).

Resim 6: Metspalu (2004), Krause (2007), McNeill (2012b) Harita 24.1 ve Lopez (2015)'den elde edilen bilgileri kullanarak Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil.

Resim 7: Diamond (2003), Price (2009), Fuller (2014), Larson (2014) bilgileri kullanılarak yazar tarafından Mathematica 11.0 ile oluşturulan şekil.

Resim 8: Doğal Dünya nehir verileri kullanılarak Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil (www.naturalearthdata.com).

Resim 9: Doğal Dünya nehir verileri kullanılarak Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil (www.naturalearthdata.com).

Resim 10-11: Tetis'in kapanışını gösteren zaman dizisi. Stow'un (2010) nazik izniyle çoğaltılmıştır.

Resim 12: Yazar tarafından sıradağlar ve Akdeniz'in mevcut durumu Mathematica 11.0 ile Stow (2010) Şekil 29 temel alınarak oluşturulmuştur.

Resim 13: Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil.

Resim 14: Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil.

Resim 15: Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırma Ajansı tarafından sağlanan açıkta kalan Kretase kaya dağılımı (<https://pubs.er.usgs.gov/publication/70136641>) ve Ahmet Fasih'in yeniden tasarımındaki yardımlarıyla Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil.

Resim 16: İngiliz Jeolojik Araştırma Ajansı izniyle Birleşik Krallık jeolojik haritasına dayalı Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil (www.bgs.ac.uk/discoveringGeology/geologyOfBritain/makeamap/map.html).

Resim 17: Doğal Dünya nehir verileri kullanılarak Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil (www.natureearthdata.com).

Resim 18: Bernstein (2009) Harita 1, Frankopan (2016), "İpek Yolu Ansiklopedisi"nden (www.silkroadencyclopedia.com/Images2/MapSilkRoadRoutesTurkeyChina.jpg) ve Çin Seyahat Rehberi'nden (<https://www.travelchinaguide.com/images/map/silkroad/scenery.gif>) alınan bilgileri kullanarak Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil.

Resim 19: Jiao'dan step boyutları (2017) ve Maximilian Dörrbecker tarafından çizilen haritaya dayalı Çin Seddi'nin çizgileri kullanılarak Dörrbecker (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Map_of_the_Great_Wall_of_China.jpg) yazar tarafından Mathematica 11.0 ile oluşturulan şekil.

Resim 20: Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil.

Resim 21: Lutgens (2000) Şekil 7.5, Wells (2012) Şekil 6.13 dayalı yazar tarafından tasarlanan ve Matthew Broughton tarafından çizilmiş şekil.

Resim 22: Dünya Atlası (2014) bilgilerini kullanarak Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil.

Resim 23: Jones (2004) Şekil 3.1, Bernstein (2009) Harita 14, Winchester (2011) s. 319, Wells (2012) Şekil 6.14 bilgileri kullanarak yazar tarafından Mathematica 11.0 ile oluşturulan şekil.

Resim 24: Ulmishek (1999) Plaka 3, Veevers (2004), Thomas (2013) Şekil 3.2 ve İngiliz Jeoloji Derneği bilgileri kullanılarak Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil (http://earthwise.bgs.ac.uk/index.php/Regional_structure_of_the_Carboniferous_Southern_Uplands).

Resim 25-26: İngiltere Parlamentosu'ndan Genel Seçim 2017 verileri (<https://researchbriefings.parliament.uk/ResearchBriefing/Summary/CBP-7979>), Kuzey Maden Araştırma Derneği'nden kömür sahası verileri (www.nmrs.org.uk/mines-map/coal-mining-in-the-british-isles/) ve Ahmed Fasih'in haritanın yeniden tasarımına yardımıyla yazar tarafından Mathematica 11.0 ile oluşturulan şekil.

Resim 27: Ulmishek (1999) Plaka 5 ve Veevers (2004) bilgileri kullanarak Mathematica 11.0 ile yazar tarafından oluşturulan şekil.

Resim 28: NOAA-NESDIS-Ulusal Jeofizik Veri Merkezi-Dünya Gözlem Grubu tarafından oluşturulan küresel görüntünün dijital manipülasyonu ile yazar tarafından oluşturulan şekil.

Web sitesi

Kitabın web sitesinde yer alan daha fazla materyal, okuma önerileri ve videoları keşfedin:

www.originsbook.com

@lewis_dartnell

@OriginsBook

NOTLAR

GİRİŞ

- 1 İnsan vücudundaki elementlerin Dünya'dan nasıl geldiğine daha ayrıntılı bir açıklama için bkz. Stager (2014) ve Schrijver (2015).
- 2 Crutzen (2000); Ruddiman (2015); Lewis (2015).
- 3 Dartnell (2015).

1. OLUŞUMUMUZ

- 1 Arnason (1998); Patterson (2006); Moorjani (2016).
- 2 Rothery (2010), s. 53.
- 3 Cane (2001).
- 4 King (2006).
- 5 Stow (2010), Kindle'da 740.
- 6 Maslin (2014).
- 7 Agy.
- 8 Jung (2016).
- 9 Maslin (2013); Shubin (2014), s. 179; Fer (2017).
- 10 Cane (2001).
- 11 Lieberman (2014), s. 68.
- 12 Chorowicz (2005).
- 13 King (1994).
- 14 King (2006); Bailey (2011).
- 15 Maslin (2014).
- 16 Agy.
- 17 Berna (2012).
- 18 Gibbons (1998).
- 19 Ermini (2015).
- 20 Bramble (2004).
- 21 Bradley (2008).
- 22 Maslin (2014).
- 23 White (2003).
- 24 Potts (2013)
- 25 Maslin (2007).
- 26 Maslin (2007); Trauth (2010).
- 27 Maslin (2007).
- 28 Maslin (2007); Trauth (2010).
- 29 Trauth (2010).
- 30 Maslin (2014); Potts (2015).

- 31 Trauth (2007); Maslin (2007).
- 32 Maslin (2007).
- 33 Potts (2015).
- 34 Maslin (2014).
- 35 Agy.
- 36 Neimark (2012).
- 37 Agy.; McKie (2013).
- 38 Jung (2016).
- 39 Giosan (2012).
- 40 Reilinger (2011).
- 41 Garzanti (2016).
- 42 US Geological Survey publications, "Plate tectonics and people", <https://pubs.usgs.gov/gip/dynamic/tectonics.html>.
- 43 Shuckburgh (2008), s. 133.
- 44 Eski uygarlıklar ve levha sınırları arasındaki bağlantı hakkındaki bölüm: Force (2008); Force (2010); Force (2012); Force (2015), Ch. 15.
- 45 Jackson (2006).
- 46 <http://worldpopulationreview.com/world-cities/tehran-population>.
- 47 Jackson (2006); Shuckburgh (2008), s. 133.

2. KITASAL GEZGİNLER

- 1 Kukula (2016), Kindle'da 4136; Ruddiman (2016), Ch. 4.
- 2 Woodward (2014), s. 28.
- 3 Agy., s. 111.
- 4 Stager (2012), Kindle'da 305.
- 5 Agy.
- 6 Summerhayes (2015), s. 264.
- 7 Agy.
- 8 Ruddiman (2016), s. 45.
- 9 Feurdean (2013); Liddy (2016).
- 10 Summerhayes (2015), s. 255.
- 11 Franks (1960).
- 12 Woodward (2014), s. 102.
- 13 Agy., s. 112.
- 14 Agy.
- 15 Agy., s. 116.
- 16 Maslin (2014).
- 17 Ruddiman (2016), s. 42.
- 18 Lenton (2013), s.353; Woodward (2014), s. 111.
- 19 Nield(2014), s.213; Woodward (2014), s. 35.
- 20 Agy.
- 21 Stow (2010), s. 131.
- 22 Summerhayes (2015), s. 368; Stager (2012), Kindle'da 1178.
- 23 Woodward (2014), s. 121; Lieberman (2014), s.68; Ruddiman (2016), s. 42.
- 24 Woodward (2014), s. 121.

- 25 Woodward (2014), s. 121; Maslin (2007).
- 26 Mendez (2011).
- 27 Woodward (2014), s. 121; O'Dea (2016).
- 28 Maslin (2007); Woodward (2014), s.121; Ruddiman (2016), s. 19.
- 29 Summerhayes (2015), s. 369.
- 30 Oppenheimer (2011), s. 176.
- 31 Bowden (2012).
- 32 Ermini (2015); Lopez (2015); Tucci (2016).
- 33 Eriksson (2012); Lenton (2013), s. 367.
- 34 Oppenheimer (2011), s. 178; King (2006).
- 35 Morris (2011), Kindle'da 1274; Lieberman (2014), s. 130.
- 36 Ermini (2015).
- 37 Abi-Rached (2011).
- 38 Ermini (2015).
- 39 Carotenuto (2016).
- 40 Eriksson (2012).
- 41 Lenton (2013), s. 367.
- 42 Oppenheimer (2011), s. 179.
- 43 Eriksson (2012).
- 44 Agy.
- 45 Paine (2013), s. 14.
- 46 McNeill (2012).
- 47 Woodward (2014), s. 29.
- 48 Agy
- 49 Morris (2011), Kindle'da 1444.
- 50 Holen (2017).
- 51 Rose (2011).
- 52 Bradley (2008).
- 53 McNeill (2012).
- 54 Ermini (2015).
- 55 McNeill (2012).
- 56 US Geological Survey publications, 'Past Glaciations and "Little Ice Ages"', <https://pubs.usgs.gov/pp/p1386i/chile-arg/wet/past.html>.
- 57 Novacek (2008), s. 267.
- 58 Daha az buzlu bir buz devrinin Amerikan tarihi için sonuçları üzerine tartışma, Dutch (2006); Alvarez (2018), s. 68.
- 59 Stager (2012), Kindle'da 305; Summerhayes (2015), s. 264.
- 60 Woodward (2014), s. 29.
- 61 Ruddiman (2016), s. 44.
- 62 Gibbard (2007).
- 63 Gibbard (2007); Gupta (2007); Gupta (2017). Son Buz Devri'nin Avrupa tarihi üzerindeki sonuçlarına ilişkin tartışma, (2006).
- 64 Frankopan (2016), s. 387.
- 65 Kaplan (2017), Kindle'da 643.
- 66 Marshall (2016), s. 91; Kaplan (2017), Kindle'da 650.
- 67 Frankopan (2016), s. 386.

3. BİYOLOJİK HEDİYEMİZ

- 1 Shakun (2012).
- 2 Murton (2010).
- 3 Törnqvist (2012); Summerhayes (2015), s. 255.
- 4 McNeill (2012).
- 5 Belfer-Cohen (1991); Bar-Yosef (1998); Grosman (2008).
- 6 Teller (2002); Tarasov (2005); Woodward (2014), s. 130.
- 7 Belfer-Cohen (1991); Bar-Yosef (1998); J. R. McNeill (2004), s. 23; Grosman(2008); Balter (2010); Shubin (2014), s. 177.
- 8 McBrearty (2000); Sterelny (2011).
- 9 Ruddiman (2016), s. 63.
- 10 McNeill (2012); Lenton (2013), s. 369.
- 11 White (2012); Balter (2010).
- 12 Morton (2016), s. 226.
- 13 Richerson (2001).
- 14 Hodell (1995); Mayewski (2004). And see, for general discussion, Diamond (2011); Cowie (2012); Brooke (2014).
- 15 McNeill (2012)
- 16 Petit (1999); Wright (2006), s. 50.
- 17 Sage (1995); Richerson (2001); Morton (2016), s. 229.
- 18 Kilian (2010).
- 19 Lenton (2013), s. 369.
- 20 Ruddiman (2016), s. 71.
- 21 McNeill (2004), s. 33.
- 22 Ruddiman (2016), s. 70.
- 23 McNeill (2004), s. 32.
- 24 Londo (2006); Ruddiman (2016), s. 70.
- 25 Kimber (2000).
- 26 . Larson (2014).
- 27 Agy.
- 28 Agy. Ürünlerin evcilleştirilme yerleri ve zamanlarıyla ilgili genel referanslar için bkz. Diamond (2003); Fuller (2014); Larson (2014).
- 29 Janzen (1982); Guimaraes (2008); Yong (2015).
- 30 Larson (2014).
- 31 Thompson (2010), s. 27; McNeill (2012).
- 32 Lieberman (2014), s.188; Marr (2013), Kindle'da 563.
- 33 Marr (2013), Kindle'da 563.
- 34 Lenton (2013), s. 368.
- 35 Brooks (2006); Morris (2011), Kindle'da 2867.
- 36 Reader (2005), s. 27.
- 37 McNeill (2004), s. 43.
- 38 Reader (2005), s. 25.
- 39 Stager (2012), Kindle'da 3153.
- 40 Brooks (2005).
- 41 Brooks (2006); de Blij (2011), s. 142; Nicoll (2013).
- 42 Allen (1997); Morris (2011), Kindle'da 2945; White (2012); Nicoll (2013).
- 43 Brooks (2006); White (2012).

- 44 Marr (2013), s. 64.
- 45 Wright (2006), s. 102; Marshall (2016), s. 108.
- 46 Marshall (2016), s. 108.
- 47 McNeill (2004), s. 53.
- 48 Agy., s. 43.
- 49 Ermini (2015).
- 50 McNeill (2004), s. 29.
- 51 Larson (2014).
- 52 Agy.
- 53 Anthony (2010), s. 102.
- 54 McNeill (2004), s. 31.
- 55 Curry (2013).
- 56 McNeill (2004), s. 31.
- 57 Agy.
- 58 Anthony (2010), Kindle'da 2568.
- 59 Watson (2012), s. 139.
- 60 International Energy Agency, <https://www.iea.org/topics/coal>.
- 61 Thompson (2010), s. 70; Hanson (2016), s. 67.
- 62 Novacek (2008), s. 153.
- 63 Stow (2010), s. 146.
- 64 Kournpetli (2014).
- 65 Kellogg (2001); Novacek (2008), s. 226.
- 66 Hanson (2016), s. 75.
- 67 Lenton (2013), s. 340.
- 68 Bryan (2015), s. 136.
- 69 Quran 2: 173. Sahih International translation, quran.com.
- 70 Gingerich (2006).
- 71 Wing (2005); McInerney (2011).
- 72 Nield (2014), s. 211.
- 73 Weijers (2007).
- 74 McInerney (2011).
- 75 Woodburne (2009).
- 76 Gingerich (2006).
- 77 Gingerich (2006); McInerney (2011); Gehler (2016).
- 78 McInerney (2011).
- 79 Bowen (2002); Gingerich (2006); McInerney (2011).
- 80 Diamond (1998), s. 140; Morris (2011), Kindle'da 1979.
- 81 Diamond (1998), Ch. 10; Ayrıca bkz. McNeill (2001); Ramachandran (2011); Laitin (2012).
- 82 Bernstein (2009), s. 70.
- 83 Diamond (1998), ps. 159–62.
- 84 . Stahl (2008).
- 85 Bernstein (2009), s. 19.
- 86 Diamond (1998).
- 87 Twining (2009); Marshall (2016), s. 38.
- 88 [https:// www.worldwildlife.org/stories/the-earth-has-a-third-pole-and-millions-of-people-use-its-water](https://www.worldwildlife.org/stories/the-earth-has-a-third-pole-and-millions-of-people-use-its-water); Sinha (2010); Qiu (2014).

- 89 Stow (2010), s. 188; Qiu (2014).
- 90 <https://www.worldwildlife.org/stories/the-earth-has-a-third-pole-and-millions-of-people-use-it-for-water>; Sinha (2010).
- 91 Kaplan (2017), s. 225.
- 92 Sinha (2010).
- 93 Agy.
- 94 Lim (2004); Wong (2010).

4. DENİZLERİN COĞRAFYASI

- 1 Stewart (1994); Hoffecker (2005); Hu (2009).
- 2 Rick (2008), s. 230; Barrett (2011); Sahrhage (2012), Ch. 2.
- 3 Fagan (2001), Kindle'da 879; Pye (2015), s. 177.
- 4 Fagan (2001), Kindle'da 215–60, 820, 910; Hoffman (2017), s. 115.
- 5 Pye (2015), s. 259.
- 6 Bernstein (2009), s. 272.
- 7 Marr (2013), s. 356.
- 8 Bernstein (2009), s. 273.
- 9 Allen (2009), s. 138.
- 10 Henrich (2004).
- 11 Leidwanger (2014).
- 12 Force (2015), s. 143.
- 13 Fernandez-Arnesto (2002), s. 361.
- 14 Véron (2006).
- 15 Brotton (2013), s. 17.
- 16 Maslin (2007); Garcia-Castellanos (2009); Stow (2010), Kindle'da 470.
- 17 Woodward (2014), s. 121.
- 18 Stow (2010), Kindle'da 472; Krijgsman (1999).
- 19 Maslin (2007).
- 20 . Garcia-Castellanos (2009).
- 21 Paine (2013), s. 3; Bernstein (2009), s. 44.
- 22 Stavridis (2018), s. 23.
- 23 East (1967), s. 170.
- 24 Bernstein (2009), s. 18.
- 25 East (1967), s. 170; Bernstein (2009), s. 50.
- 26 Bernstein (2009), s. 18.
- 27 Bernstein (2009), s. 94; Braudel (1995), s. 55.
- 28 Bernstein (2009), s. 145.
- 29 Oppenheimer (2011), Ch. 8.4; Gatti (2012).
- 30 Paine (2013), s.168.
- 31 Crowley (2016), Kindle'da 852.
- 32 Frankopan (2016), s. 329.
- 33 Paine (2013), s. 281.
- 34 Hanson (2016), s. 131.
- 35 Bernstein (2009), s. 52.

- 36 Bernstein (2009), s. 142; Paine (2013), s. 280.
 37 Bernstein (2009), s. 142; Paine (2013), s. 280.
 38 Paine (2013), s. 281; Frankopan (2016), s. 271.
 39 Bernstein (2009), s. 134.
 40 Paine (2013), s. 169.
 41 Bernstein (2009), s. 134; Crowley (2016), Kindle'da 3865.
 42 Crowley (2016), Kindle'da 3865.
 43 Bernstein (2009), s. 141.
 44 McNeill (1963), s. 194; Marr (2013), s. 94.
 45 McNeill (1963), s. 198; Marr (2013), s. 95; Kaplan (2017), Kindle'da 865.
 46 Reader (2005), s. 53.
 47 Bernstein (2009), s. 57.
 48 Fromkin (2000), s. 70.
 49 Bernstein (2009), s. 454.
 50 World Oil Transit Chokepoints, <https://www.eia.gov/beta/international/regions-topics.cfm?RegionTopicID=WOTC>.
 51 Agy.
 52 http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/november/29/newsid_3247000/3247805.stm; McDermott (1998), ps. 136, 142.
 53 Corones (2015).
 54 Friedman (2017).
 55 World Oil Transit Chokepoints, <https://www.eia.gov/beta/international/regions-topics.cfm?RegionTopicID=WOTC>.
 56 Stern (2010).
 57 Marshall (2016), s. 143.
 58 Friedman (2017).
 59 Oy verme modelleriyle antik bir deniz arasındaki bağlantı hakkındaki bu argüman (2002).
 60 ABD 2016 seçimi: Haritalarda Trump zaferi, <http://www.bbc.co.uk/news/election-us-2016-37889032>.

5. NEYLE İNŞA EDİYORUZ?

- 1 Haywood (2012), s. 12; Morris (2011), Kindle'da 997.
 2 Büyük Primat'ın inşasıyla ilgili detaylar (2001), Ch. 3; Sweeney (2007), s. 16.
 3 Stow (2010), s. 166.
 4 Agy.
 5 Fortey (2010), s. 284.
 6 Bernstein (2009), s. 39.
 7 Phillips (1988).
 8 Agy.
 9 The Getty Centre: Architecture, <http://www.getty.edu/visit/center/architecture.html>.
 10 Siddall (2015).
 11 Nield (2014), s. 47.
 12 Brison (2005); Sakellariou (2016), s. 168.
 13 Stow (2010), s. 135.

- 14 Pollard (2017).
- 15 Sheridan (2002).
- 16 Stow (2010), s. 133; Stampfli (2013).
- 17 Rasmussen (2012), s. 45.
- 18 Chen (2012).
- 19 Wignall (2017), s. 64.
- 20 Agy., s. 9.
- 21 Agy., s. 161.
- 22 Agy.
- 23 Agy., s. 169.
- 24 Myers (1997); Fortey (2005), s. 304.
- 25 Fortey (2005), s. 297.
- 26 Koestler-Grack (2010), s. 39.
- 27 Nield (2014), s. 140.
- 28 Agy.
- 29 Kneller (1987).
- 30 Zalasiewicz (2012), s. 42.
- 31 Fortey (2010), s. 171.
- 32 Fortey (2005), s. 309.
- 33 Gregory (2010), s. 22.
- 34 Fortey (2010), s. 248.
- 35 Agy., s. 97.
- 36 Schuberth (1968), s. 81; Barr (2011).
- 37 Fortey (2005), s. 243; Barr (2011).
- 38 Winkless (2017).

6: MADENİ DÜNYAMIZ

- 1 De Ryck (2005); Roberts (2009).
- 2 Bernstein (2009), s. 37.
- 3 Goody (2012), s. 9.
- 4 Bernstein (2009), s. 37.
- 5 Fokkens (2013), s. 420.
- 6 Fortey (2005), s. 294.
- 7 Bernstein (2009), s. 38.
- 8 Kassianidou (2013).
- 9 Candela (2005), s. 423.
- 10 Fortey (2005), s. 188.
- 11 Agy.
- 12 Republic of Cyprus: Geological Survey Department, http://www.moa.gov.cy/moa/gsd/gsd.nsf/dmltroodos_en/dmltroodos_en.
- 13 Cann (2004).
- 14 Stow (2010), s. 200.
- 15 Kassianidou (2013).
- 16 Agy.
- 17 Constantinou (1982); Socratous (2011); Kassianidou (2013).

- 18 Wagner (2009), s. 98.
- 19 Hughey (2013).
- 20 Marr (2013), s. 70.
- 21 Agy.
- 22 Angelakis (2006); Oppenheimer (2011), s. 279.
- 23 Oppenheimer (2011), s. 279.
- 24 Agy., s. 233.
- 25 Oppenheimer (2011), s. 278.
- 26 Agy., ps. 278, 293.
- 27 Agy., s. 292.
- 28 Winchester (2011), ps. 62–8.
- 29 Stow (2010), s. 203.
- 30 Roebroeks (2012).
- 31 Osborne (2013), Needham (1965), s. 370.
- 32 Mokyr (1992), s. 210.
- 33 Oleson (2009), s. 170.
- 34 McNeill (2004), s. 101–102.
- 35 Andersen (2016).
- 36 Hillstrom (2005), s. 11.
- 37 Kasen (2017).
- 38 Sagan (1973), s. 190; Shubin (2014), s. 33; Schrijver (2015), s. 129; Kukula (2016), Kindle'da 236.
- 39 Kleine (2011).
- 40 Walker (2006).
- 41 Ridley (2013), s. 297.
- 42 Klein (2005); Shubin (2014), s. 81.
- 43 Lenton (2013), s. 243.
- 44 Hamilton (2016). •
- 45 Lenton (2013), s. 183.
- 46 Lyons (2014).
- 47 Lenton (2013), s. 29–33; Lyons (2014); Falkowski (2015), s. 88.
- 48 Lenton (2013), s. 30.
- 49 Scott (2006).
- 50 Hagelüken (2014).
- 51 Rohrig (2015).
- 52 Graedel (2014).
- 53 Schwarz-Schampera (2014).
- 54 Graedel (2014).
- 55 Belli (2007).
- 56 Gunn (2014).
- 57 Agy.
- 58 Sadykov (2000).
- 59 Stewart (2005); Erisman (2008).
- 60 Krivolutsкая (2016).
- 61 Gunn (2014).
- 62 Agy.
- 63 Humphreys (2014).

- 64 Gunn (2014).
- 65 Kinnaird (2005); Ridley (2013), s. 61.
- 66 American Chemical Society: Endangered Elements, <https://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/research-innovation/research-topics/endangered-elements.html>.
- 67 Graedel (2014); Humphreys (2014).
- 68 Clapper (2013), s. 11.
- 69 Jacobs (2018).
- 70 Lewis (2008); Warren (2014); Wagland (2016).
- 71 Kolarik (2005).

7. İPEK YOLLARI VE BOZKIR HALKLARI

- 1 McNeill (2014), s. 65.
- 2 Kaplan (2017), s. 212.
- 3 Marshall (2016), s. 31.
- 4 Kaplan (2017), s. 212.
- 5 Pye (1995); Vasiljevic (2014).
- 6 Wright (2006), s. 104.
- 7 Haase (2007); Vasiljevic (2014).
- 8 Fromkin (2000), s. 41.
- 9 Braudel (1995), s. 352; Wel (2014).
- 10 East (1967), s. 166; Marr (2013), s. 139.
- 11 Millward (2013), s. 78.
- 12 Agy., s. 81.
- 13 East (1967), s. 168; Bernstein (2009), s. 9.
- 14 Bernstein (2009), s. 9.
- 15 Agy.
- 16 Millward (2013), s. 80.
- 17 Watson (2012), s. 462.
- 18 East (1967), s. 175.
- 19 Ji (2009).
- 20 Orlando (2016); Marr (2013), s. 253.
- 21 Piantadosi (2003), s. 82.
- 22 Agy., s. 81.
- 23 McNeill (2004), s. 95.
- 24 Bernstein (2009), s. 74.
- 25 McNeill (2004), s. 98.
- 26 McDougall (1983); McDougall (1990); Marr (2013), s. 254.
- 27 Frankopan (2016), s. 30.
- 28 Braudel (1995), s. 63.
- 29 East (1967), s. 175.
- 30 Bernstein (2009), s. 139.
- 31 Millward (2013), s. 22.
- 32 Barry (2014), s. 146.
- 33 Millward (2013), s. 23.

- 34 Marr (2013), s. 337.
- 35 Millward (2013), s. 24.
- 36 Marr (2013), s. 337.
- 37 Millward (2013), s. 60.
- 38 Anthony (2010), Kindle'da 3521.
- 39 Millward (2013), s. 95.
- 40 Anthony (2010), s. 101.
- 41 Anthony (2010), Kindle'da 6495; Millward (2013), s. 95.
- 42 Keegan (1993), s. 240.
- 43 Watson (2012), s.288.
- 44 Schmidt (2017).
- 45 Fortey (2005), s. 471.
- 46 Bernstein (2009), s. 113.
- 47 Millward (2013), Kindle'da 350.
- 48 McNeill (2004), s. 100–101.
- 49 Fernandez-Armesto (2002), s. 115.
- 50 Keegan (1993), s. 190; Kaplan (2017), Kindle'da 1196.
- 51 Keegan (1993), s 180, 206.
- 52 Marshall (2016), s. 33.
- 53 East (1967), s. 66.
- 54 Agy., s. 68.
- 55 Keegan (1993), s. 183.
- 56 Agy., s. 184, 186; McNeill (2004), s. 100.
- 57 Keegan (1993), s. 212.
- 58 Frankopan (2016), s. 289.
- 59 Millward (2013), s. 41; Marr (2013), s. 262.
- 60 Frankopan (2016), s. 75.
- 61 McCormick (2012), s. 190; Brooke (2014), s. 347.
- 62 McCormick (2012), s. 190.
- 63 Keegan (1993), s. 184, 186; Fromkin (2000), s. 97.
- 64 Keegan (1993), s. 187
- 65 Frankopan (2016), s. 76.
- 66 Agy.
- 67 Agy., s. 77.
- 68 Marr (2013), s. 264.
- 69 Millward (2013), s. 237.
- 70 Agy.
- 71 Agy., s. 47; Frankopan (2016), s. 237.
- 72 Frankopan (2016), s. 237.
- 73 Millward (2013), s. 47.
- 74 Frankopan (2016), s. 242.
- 75 Agy., s. 244.
- 76 Marr (2013), s. 264.
- 77 Frankopan (2016), s. 244.
- 78 East (1967), s. 177.
- 79 Frankopan (2016), s. 249.
- 80 Marr (2013), s. 264; Frankopan (2016), s. 249.

- 81 Keegan (1993), s. 201; Marr (2013), s. 264.
- 82 Millward (2013), s. 48; Frankopan (2016), s. 240.
- 83 Frankopan (2016), s. 241.
- 84 Agy., s. 261.
- 85 Bernstein (2009), s. 113, 146; Watson (2012), s. 461; Millward (2013), s. 48.
- 86 McNeill (2004), s. 124 Millward (2013), s. 48.
- 87 Watson (2012), s. 462.
- 88 Fernandez-Armesto (2002), s. 131.
- 89 Frankopan (2016), s. 274.
- 90 Fagan (2001), Kindle'da 598, 949; McNeill (2004), s. 120.
- 91 Marr (2013), s. 278.
- 92 Frankopan (2016), s. 278.
- 93 Marr (2013), s. 279.
- 94 Morris (2011), s. 390; Marr (2013), s. 265.
- 95 Bernstein (2009), s. 160.
- 96 Roberts (1967); Parker (1976); Rogers (2018); Morris (2011), Kindle'da 7186.
- 97 McNeill (2004), s. 194.
- 98 Agy., s. 195.
- 99 Morris (2011), Kindle'da 7186.
- 100 Millward (2013), Kindle'da 1780.
- 101 Vasiljevic (2014).
- 102 Frankopan (2016), s. 524, 718.
- 103 Price (2009); Smith (2009).
- 104 Watson (2012), s. 237.
- 105 Frankopan (2016), s. 524.
- 106 Terazono (2016).

8. KÜRESEL RÜZGÂR MAKİNESİ VE KEŞİFLER ÇAĞI

- 1 Fromkin (2000), s. 114; Crowley (2016), Kindle'da 91–112.
- 2 Agy., Kindle'da 190, 243; Paine (2013), s. 389.
- 3 Rosenbaum (2002); Alvarez (2008), s. 73.
- 4 Paine (2013), s. 377.
- 5 Tomczak (1994), s. 422.
- 6 Pim (2008); Ramalho (2010); The Geology of the Canary Islands, http://www.island-sinocean.com/view/The_Geology_of_Canary_Islands.
- 7 Cannat (1999).
- 8 Frankopan (2016), s. 300.
- 9 Agy., s. 298.
- 10 Morris (2011), Kindle'da 6535.
- 11 Paine (2013), s. 385; Frankopan (2016), s. 298.
- 12 Chamberlin (2013), s. 85; Paine (2013), s. 385.
- 13 Winchester (2011), s. 108–109.
- 14 Paine (2013), s. 389.
- 15 Chamberlin (2013), s. 72.
- 16 Raudzens(2003), s. 216; Paine (2013), s. 386.

- 17 Fromkin (2000), s. 116.
- 18 Crowley (2016), Kindle'da 411.
- 19 Agy., Kindle'da 454.
- 20 Agy., Kindle'da 248.
- 21 Agy., Kindle'da 473.
- 22 Paine (2013), s. 391.
- 23 Bernstein (2009), s. 201; Marr (2013), s. 306; Paine (2013), s. 392.
- 24 Paine (2013), s. 64, 388; Bernstein (2009), s. 204.
- 25 Chamberlin (2013), s. 85; Crowley (2016), Kindle'da 264.
- 26 Paine (2013), s. 396.
- 27 Rodger (2012).
- 28 Huang (2014).
- 29 Winchester (2011), s. 116.
- 30 *Oxford English Dictionary*, 2. baskı (1989), Oxford University Press.
- 31 Bernstein (2009), s. 209; Crowley (2016), Kindle'da 732.
- 32 Bernstein (2009), s. 214; Frankopan (2016), s. 321.
- 33 Sauberlich (1997).
- 34 Crowley (2016), Kindle'da 1296.
- 35 Clift (2008); Boos (2010); Raj (2013); Rajagopalan (2013).
- 36 Crowley (2016), Kindle'da 844, 852.
- 37 Agy., Kindle'da 1374.
- 38 Crowley (2016), s. 336.
- 39 Brotton (2013), s. 189.
- 40 Paine (2013), s. 376.
- 41 Rodger (2012).
- 42 Brotton (2013), s. 191.
- 43 Agy., s. 196.
- 44 Agy., s. 211.
- 45 Agy., s. 198.
- 46 Bernstein (2009), s. 247-8.
- 47 Fish (2010), s. 360; Headrick (2010), s. 40.
- 48 McNeill (2004), s. 202; Bernstein (2009), s. 249; Paine (2013), s. 407; Frankopan (2016), s. 335.
- 49 Cunningham (1996); Waltham (2005).
- 50 Cunningham (1996).
- 51 Frankopan (2016), s. 335.
- 52 Braudel (1995), s. 444.
- 53 Bernstein (2009), s. 247; Paine (2013), s. 404; Frankopan (2016), s. 335.
- 54 McNeill (2004), s. 202; Morris (2011), Kindle'da 439.
- 55 Frankopan (2016), s. 341.
- 56 Braudel (1995), s. 444; Waltham (2005).
- 57 Bernstein (2009), s. 259.
- 58 Agy., s. 297.
- 59 McNeill (2004), s. 169; Paine (2013), s. 410.
- 60 Marr (2013), s. 441.
- 61 Jones (2004), s. 41.
- 62 Bernstein (2009), s. 341; Morris (2011), Kindle'da 7290.

- 63 Bernstein (2009), s. 338.
- 64 McNeill (2004), s. 169.
- 65 Marr (2013), s. 442.

9. ENERJİ

- 1 Rackham (2009); Monbiot (2014) s. 91–2.
- 2 Morris (2011), Kindle'da 7721.
- 3 Needham (1965), s. 370.
- 4 Leveau (1996); Morris (2011), Kindle'da 4617.
- 5 Greene (2000).
- 6 Bithas (2016).
- 7 Marr (2013), s. 272.
- 8 Smith (1997).
- 9 Bithas (2016).
- 10 Kenrick (1997); Karol (2001).
- 11 Nelsen (2016).
- 12 Hanson (2016), s. 56.
- 13 Lenton (2013), s. 307.
- 14 Hanson (2016), s. 56.
- 15 . Weng (2010).
- 16 Nelsen (2016).
- 17 Agy.
- 18 Lenton (2013), s. 307.
- 19 Fortey (2010), s. 168.
- 20 Thomas (2013), s. 53; Shubin (2014), s. 82; Wignall (2017), s. 171.
- 21 Morris (2011), Kindle'da 470.
- 22 McNeill (2004), s.231.
- 23 Adams (2008); Schobert (2014), s. 64.
- 24 Allen (2009), s. 235.
- 25 Hillstrom (2005), s. 16.
- 26 Moylan (2017).
- 27 Macalister (2015).
- 28 BP (2017).
- 29 Speight (2015), s. 64.
- 30 Dalvi (2015), s. 5
- 31 Bithas (2016), s. 8.
- 32 Castree (2009), s. 273.
- 33 Browne (2014), Kindle'da 4203.
- 34 Castree (2009), s. 273.
- 35 Ulmishek (1990); Larson (1991).
- 36 Zalasiewicz (2012), s. 165.
- 37 Stow (2010), s. 131.
- 38 Helly (2004).
- 39 Stow (2010), s. 102.
- 40 Stoneley (1990); Ulmishek (1990); Larson (1991); Mann (2003); Sorkhabi (2016).

- 41 Lenton (2013), s. 54.
42 Wright (2013); Zeebe (2016).
43 McInerney (2011).
44 Gingerich (2006); McInerney (2011); Stager (2012), Kindle'da 1178; Wing (2013).
45 Guinotte (2008); (Kroeker, 2010).
46 Fortey (2010), s. 164.
47 Stager (2012), Kindle'da 489.

FINAL

- 1 Douglas (2000); Zalasiewicz (2011); Zalasiewicz (2014).

KAYNAKÇA

Abi-Rached, L.; Jobin, M.J.; Kulkarni, S.; McWhinnie, A.; Dalva, K.; Gragert, L.; Babrzadeh, F.; Gharizadeh, B.; Luo, M.; Plummer, F.A., "The Shaping Of Modern Human Immune Systems By Multi- Regional Admixture With Archaic Humans", *Science*, 1209202, 2011.

Adams, S.P., "Warming The Poor And Growing Consumers: Fuel Philanthropy In The Early Republic's Urban North", *Journal of American History*, 2008, 95(1), s. 69-94.

Allen, R.C., "Agriculture and the origins of the state in ancient Egypt", *Explorations in Economic History*, 1997, 34(2), s. 135-154.

Allen, R.C., *The British Industrial Revolution in Global Perspective*, Cambridge University Press, 2009.

Alvarez, W., *A Most Improbable Journey: A Big History of Our Planet and Ourselves*, W.W. Norton&Co, 2018.

Andersen, T.B.; Jensen, P.S.; Skovsgaard, C.V., "The Heavy Plow And The Agricultural Revolution In Medieval Europe", *Journal of Development Economics*, 2016, 118: 133-149.

Angelakis, A.N.; Savvakis, Y.M.; Charalampakis, G., *Minoan Aqueducts: A Pioneering Technology*, International Water Association 1st International Symposium on Water and Wastewater Technologies in Ancient Civilizations, Iraklio, Greece, 2006.

Anthony, D.W., *The Horse, the Wheel, and Language: How Bronze-Age Riders from the Eurasian Steppes Shaped the Modern World*, Princeton University Press, 2010.

Arnason, U.; Gullberg, A.; Janke, A., "Molecular Timing Of Primate Divergences As Estimated By Two Nonprimate Calibration Points", *Journal of Molecular Evolution*, 1998, 47(6), s. 718-727.

Bailey, G.N.; Reynolds, S.C.; King, G.C.P., "Landscapes Of Human Evolution: Models And Methods Of Tectonic Geomorphology And The Reconstruction Of Hominin Landscapes", *Journal of Human Evolution*, 2011, 60(3), s. 257-280.

Balter, M., "The Tangled Roots of Agriculture", *Science*, 2010, 327(5964), s. 404-406.

Bar-Yosef, O., "The Natufian Culture In The Levant, Threshold To The Origins Of Agriculture", *Evolutionary Anthropology*, 1998, 6(5), s. 159-177.

Barr, J.; Tassier, T.; Trendafilov, R., "Depth to Bedrock and the Formation of the Manhattan Skyline, 1890-1915", *Journal of Economic History*, 2011, 71(4), s. 1060-1077.

Barrett, J.H.; Orton, D.; Johnstone, C.; Harland, J.; Van Neer, W.; Ervynck, A.; Roberts, C.; Locker, A.; Amundsen, C.; Enghoff, I.B.; Hamilton-Dyer, S.; Heinrich, D.; Hufthammer, A.K.; Jones, A.K.G.; Jonsson, L.; Makowiecki, D.; Pope, P.; O'Connell, T.C.; de Roo, T.; Richards, M., "Interpreting The Expansion Of Sea Fishing In Medieval Europe Using Stable Isotope Analysis Of Archaeological Cod Bones", *Journal of Archaeological Science*, 2011, 38(7), s. 1516-1524.

Barry, R.G.; Hall-McKim, E.A., *Essentials of the Earth's Climate System*, Cambridge University Press, 2014.

Belfer-Cohen, A., "The Natufian in the Levant", *Annual Review of Anthropology*, 1991, 20, s. 167-186.

Belli, P.; R. Bernabei; Cappella, F.; Cerulli, R.; Dai, C.J.; Danevich, F.A.; d'Angelo, A.; Incicchitti, A.; Kobaychev, V.V.; Nagorny, S.S.; Nisi, S.; Nozzoli, F.; Prosperi, D.; Tretyak, V.I.; Yurchenko, S.S., "Search For A Decay Of Natural Europium", *Nuclear Physics A*, 2007, 789(1), s. 15-29.

Berna, F.; Goldberg, P.; Horwitz, L.K.; Brink, J.; Holt, S.; Bamford, M.; Chazan, M., "Microstratigraphic Evidence Of In Situ Fire In The Acheulean Strata Of Wonderwerk Cave, Northern Cape Province, South Africa", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(20), s. E1215-1220.

Bernstein, W.L., *A Splendid Exchange: How Trade Shaped the World*, Atlantic Books, 2009.

Bithas, K.; Kalimeris, P., "A Brief History of Energy Use in Human Societies", *Revisiting the Energy-Development Link: Evidence from the 20th Century for Knowledge-based and Developing Economies*, Bithas, K.; Kalimeris, P. (yay. haz.), Springer International Publishing, 2016, s. 5-10.

Blij, H., *The Power of Place: Geography, Destiny, and Globalization's Rough Landscape*, Oxford University Press, 2011.

Boos, W.R.; Kuang, Z., "Dominant Control Of The South Asian Monsoon By Orographic Insulation Versus Plateau Heating", *Nature*, 2010, 463, s. 218-223.

Bowden, R.; MacFie, T.S.; Myers, S.; Hellenthal, G.; Nerrienet, E.; Bontrop, R.E.; Freeman, C.; Donnelly, P.; Mundy, N.I., "Genomic Tools for Evolution and

Conservation in the Chimpanzee: Pan Troglodytes Elliotti Is a Genetically Distinct Population”, *PLoS Genetics*, 2012, 8(3), s. 1-10.

Bowen, G.J.; Clyde, W.C.; Koch, P.L.; Ting, S.; Alroy, J.; Tsubamoto, T.; Wang, Y.; Wang, Y., “Mammalian Dispersal at the Paleocene/Eocene Boundary”, *Science*, 2002, 295(5562), s. 2062-2065.

BP (2017). *BP Statistical Review of World Energy*, June 2017.

Bradley, B.J., “Reconstructing Phylogenies And Phenotypes: A Molecular View Of Human Evolution”, *Journal of Anatomy*, 2008, 212(4), s. 337-353.

Bramble, D.M.; Lieberman, D.E., “Endurance Running And The Evolution Of Homo”, *Nature*, 2004, 432(7015), s. 345-352.

Braudel, F., *A History of Civilizations*, Penguin, 1995.

Brison, D.N., *Caves in the Odyssey*, 14th International Congress of Speleology. Kalamos, Hellas, Hellenic Speleological Society, 2005.

Brooke, J.L., *Climate Change and the Course of Global History*, Cambridge University Press, 2014.

Brooks, N., “Cultural Responses To Aridity In The Middle Holocene And Increased Social Complexity”, *Quaternary International*, 2006, 151, s. 29-49.

Brooks, N.; Chiapello, I.; Lernia, S.D.; Drake, N.; Legrand, M.; Moulin, C.; Prospero, J., “The Climate-Environment-Society Nexus In The Sahara From Prehistoric Times To The Present Day”, *Journal of North African Studies*, 2005, 10(3-4), s. 253-292.

Brotton, J., *A History of the World in Twelve Maps*, Penguin, 2013.

Browne, J., *Seven Elements that Have Changed the World: Iron, Carbon, Gold, Silver, Uranium, Titanium, Silicon*, Weidenfeld&Nicolson, 2014.

Bryan, D., *Cosmos, Chaos and the Kosher Mentality*, Bloomsbury Publishing, 2015.

Candela, P.A., “Ores in the Earth’s Crust”, *The Crust*, yay. haz. Rudnick, R.L., Elsevier, 2005.

Cane, M.A.; Molnar, P., “Closing Of The Indonesian Seaway As A Precursor To East African Aridification Around 3-4 Million Years Ago”, *Nature*, 2001, 411, s. 157-162.

Cann, J.; Gillis, K., “Hydrothermal Insights From The Troodos Ophiolite, Cyprus”, *Hydrogeology of the Oceanic Lithosphere*, yay. haz. Davis, E.E.; Elderfield, H., Cambridge University Press, 2004, s. 274-310.

Cannat, M.; Briaies, A.; Deplus, C.; Escartin, J.; Georgen, J.; Lin, J.; Mercouriev, S.; Meyzen, C.; Muller, M.; Pouliquen, G.; Rabain, A.; da Silva, P., "Mid-Atlantic Ridge-Azores Hotspot Interactions: Along-Axis Migration Of A Hotspot-Derived Event Of Enhanced Magmatism 10 To 3 Ma Ago", *Earth and Planetary Science Letters*, 1999, 173(3), s. 257-269.

Carotenuto, F.; Tsikaridze, N.; Rook, L.; Lordkipanidze, D.; Longo, L.; Condemni, S.; Raia, P., "Venturing Out Safely: The Bio- Geography Of Homo Erectus Dispersal Out Of Africa", *Journal of Human Evolution*, 2016, 95, s. 1-12.

Castree, N.; Demeritt, D.; Liverman, D.; Rhoads, B., *A Companion to Environmental Geography*, Wiley-Blackwell, 2009.

Chamberlin, J.E., *Island: How Islands Transform the World*, Elliott&Thompson, 2013.

Chen, Z.Q.; Benton, M.J., "The Timing And Pattern Of Biotic Recovery Following The End-Permian Mass Extinction", *Nature Geoscience*, 2012, 5(6), s. 375-383.

Chorowicz, J., "The East African Rift System", *Journal of African Earth Sciences*, 2005, 43(1), s. 379-410.

Clapper, J.R., *Worldwide Threat Assessment of the US Intelligence Community*, Office of the Director of National Intelligence, Washington, 2013.

Clift, P.D.; Hodges, K.V.; Heslop, D.; Hannigan, R.; Van Long, H.; Calves, G., "Correlation Of Himalayan Exhumation Rates And Asian Monsoon Intensity", *Nature Geoscience*, 2008, 1(12), s. 875-880.

Constantinou, G., "Geological Features And Ancient Exploitation Of The Cupriferous Sulphide Orebodies Of Cyprus", *Early Metallurgy in Cyprus, 4000-500 bc*, yay. haz. Muhly, J.D.; Maddin, R.; Karageorghis, V., Pierides Foundation, Nicosia, 1982, s. 13-23.

Corones, M., "Mapping World Oil Transport", 2015, <http://blogs.reuters.com/data-dive/2015/03/27/mapping-world-oil-transport/>.

Cowie, J., *Climate Change: Biological and Human Aspects*, Cambridge University Press, 2012.

Crowley, R., *Conquerors: How Portugal Forged the First Global Empire*, Faber&Faber, 2016.

Crutzen, P.J.; Stoermer, E.F., "The "Anthropocene", *International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) Newsletter*, 2000, 41, s. 17-18.

Cunningham, C.G.; Zartman, R.E.; McKee, E.H.; Rye, R.O.; Naeser, C.W.; Sanjines, O.; Ericksen, G.E.; Tavera, F., "The Age And Thermal History Of Cerro Rico De Potosi, Bolivia", *Mineralium Deposita*, 1996, 31(5), s. 374-385.

- Curry, A., "Archaeology: The milk revolution", *Nature*, 2013, 500, s. 20-22.
- Dalvi, S., *Fundamentals of Oil & Gas Industry for Beginners*, Notion Press, 2015.
- Dartnell, L., *The Knowledge: How to Rebuild Our World after an Apocalypse*, Vintage, 2015.
- De Ryck, I.; Adriaens, A.; Adams, F., "An Overview Of Mesopotamian Bronze Metallurgy During The 3rd Millennium Bc", *Journal of Cultural Heritage*, 2005, 6(3), s. 261-268.
- Diamond, J., *Guns, Germs and Steel: A Short History of Everybody for the Last 13,000 Years*, Vintage, 1998.
- Diamond, J., *Collapse: How Societies Choose to Fail or Survive*, Penguin, 2011.
- Diamond, J.; Bellwood, P., "Farmers And Their Languages: The First Expansions", *Science*, 2003, 300(5619), s. 597-603.
- Douglas, I.; Lawson, N., "The Human Dimensions Of Geo- Morphological Work In Britain", *Journal of Industrial Ecology*, 2000, 4(2), s. 9-33.
- Dutch, S., "Geology and Election 2000", 2002, <http://www.uwgb.edu/dutchs/Research/Elec2000/GeolElec2000.HTML/>.
- Dutch, S., "What If? The Ice Ages Had Been A Little Less Icy?", *Geological Society of America meeting abstracts*, Philadelphia, PA, 2006, 38(7), s. 73-75.
- East, W.G., *The Geography behind History*, W.W. Norton & Co, 1967.
- Eriksson, A.; Betti, L.; Friend, A.D.; Lycett, S.J.; Singarayer, J.S.; von Cramon-Taubadel, N.; Valdes, P.J.; Balloux, F.; Manica, A., "Late Pleistocene Climate Change And The Global Expansion Of Anatomically Modern Humans", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012, 109(40): 16089.
- Erismann, J.W.; Sutton, M.A.; Galloway, J.; Klimont, Z.; Winiwarter, W., "How A Century Of Ammonia Synthesis Changed The World", *Nature Geoscience*, 2008, 1(10), s. 636-639.
- Ermini, L.; Sarkissian, C.D.; Willerslev, E.; Orlando, L., "Major Transitions In Human Evolution Revisited: A Tribute To Ancient DNA", *Journal of Human Evolution*, 2015, 79, s. 4-20.
- Fagan, B., *The Little Ice Age: How Climate Made History 1300-1850*, Basic Books, 2001.
- Falkowski, P.G., *Life's Engines: How Microbes Made Earth Habitable*, Princeton University Press, 2015.

Fer, I.; Tietjen, B.; Jeltsch, F.; Trauth, M.H., "Modelling Vegetation Change During Late Cenozoic Uplift Of The East African Plateaus", *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 2017, 467, s. 120-130.

Fernandez-Armesto, F., *Civilizations: Culture, Ambition, and the Transformation of Nature*, Free Press, 2002.

Feurdean, A.; Bhagwat, S.A.; Willis, K.J.; Birks, H.J.B.; Lischke, H.; Hickler, T., "Tree Migration-Rates: Narrowing the Gap between Inferred Post-Glacial Rates and Projected Rates", *PLoS One*, 2013, 8(8), s. e71797.

Fish, S., *The Manila-Acapulco Galleons: The Treasure Ships of the Pacific*, AuthorHouse, 2010.

Fokkens, H.; Harding, A., *The Oxford Handbook of the European Bronze Age*, Oxford University Press, 2013.

Force, E.R., "Tectonic Environments Of Ancient Civilizations In The Eastern Hemisphere", *Geoarchaeology*, 2008, 23(5), s. 644-653.

Force, E.R., *Impact of Tectonic Activity on Ancient Civilizations: Recurrent Shakeups, Tenacity, Resilience, and Change*, Lexington Books, 2015.

Force, E.R.; McFadgen, B.G., "Tectonic Environments Of Ancient Civilizations: Opportunities For Archaeoseismological And Anthropological Studies", *Ancient Earthquakes*, yay.haz. Sintubin, M.; Stewart, I.S.; Niemi, T.M.; Altunel, E., Geological Society of America, 2010.

Force, E.R.; McFadgen, B.G., *Influences of Active Tectonism on Human Development: A Review and Neolithic Example, Climates, Landscapes, and Civilizations (Geophysical Monograph Series 198)*, American Geophysical Union, 2012.

Fortey, R., *The Earth: An Intimate History*, Harper Perennial, 2005.

Fortey, R., *The Hidden Landscape: A Journey into the Geological Past*, Bodley Head, 2010.

Frankopan, P., *The Silk Roads: A New History of the World*, Bloomsbury, 2016.

Franks, J.W., "Interglacial Deposits at Trafalgar Square, London", *New Phytologist*, 1960, 59(2), s. 145-152.

Friedman, G., "There Are 2 Choke Points That Threaten Oil Trade Between The Persian Gulf And East Asia", 2017, <https://www.businessinsider.com/maps-oil-trade-choke-points-person-gulf-and-east-asia-2017-4?IR=T>.

Fromkin, D., *Way of the World*, Vintage, 2000.

Fuller, D.Q.; Denham, T.; Arroyo-Kalin, M.; Lucas, L.; Stevens, C.J.; Qin, L.; Allaby, R.G.; Purugganan, M.D., "Convergent Evolution And Parallelism In Plant Domestication Revealed By An Expanding Archaeological Record", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2014, 111(17), s. 6147-6152.

Garcia-Castellanos, D.; Estrada, F.; Jiménez-Munt, I.; Gorini, C.; Fernández, M.; Vergés, J.; De Vicente, R., "Catastrophic Flood Of The Mediterranean After The Messinian Salinity Crisis", *Nature*, 2009, 462, s. 778.

Garzanti, E.; Al-Juboury, A.I.; Zoleikhaei, Y.; Vermeesch, P.; Jotheri, J.; Akkoca, D.B.; Obaid, A.K.; Allen, M.B.; Ando, S.; Limonta, M.; Padoan, M.; Resentini, A.; Rittner, M.; Vezzoli, G., "The Euphrates-Tigris-Karun River System: Provenance, Recycling And Dispersal Of Quartz-Poor Foreland-Basin Sediments In Arid Climate", *Earth-Science Reviews*, 2016, 162, s. 107-128.

Gatti, E.; Oppenheimer, C., *Utilization of Distal Tephra Records for Understanding Climatic and Environmental Consequences of the Youngest Toba Tuff. Climates, Landscapes, and Civilizations (Geophysical Monograph Series 198)*, American Geophysical Union, 2012.

Gehler, A.; Gingerich, P.D.; Pack, A., "Temperature And Atmospheric CO₂ Concentration Estimates Through The PETM Using Triple Oxygen Isotope Analysis Of Mammalian Bioapatite", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2016, 113(28), s. 7739-7744.

Gibbard, P., "Europe cut adrift", *Nature*, 2007, 448, s. 259.

Gibbons, A., "Ancient Island Tools Suggest Homo Erectus Was A Seafarer", *Science*, 1998, 279(5357), s. 1635-1637.

Gingerich, P.D., "Environment And Evolution Through The Paleocene-Eocene Thermal Maximum", *Trends in Ecology & Evolution*, 2006, 21(5), s. 246-253.

Giosan, L.; Clift, P.D.; Macklin, M.G.; Fuller, D.Q.; Constantinescu, S.; Durcan, J.A.; Stevens, T.; Duller, G.A.T.; Tabrez, A.R.; Gangal, K.; Adhikari, R.; Alizai, A.; Filip, F.; VanLaningham, S.; Syvitski, J.P.M., "Fluvial landscapes of the Harappan civilization", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(26), s. E1688-1694.

Goody, J., *Metals, Culture and Capitalism: An Essay on the Origins of the Modern World*, Cambridge University Press, 2012.

Graedel, T.E.; Gunn, G.; Espinoza, L.T., "Metal Resources, Use And Criticality", *Critical Metals Handbook*, yay. haz. Gunn, G., AGU/ Wiley, 2014, s. 1-19.

Greene, K., "Technological Innovation And Economic Progress In The Ancient World: M.I. Finley Re-Considered", *Economic History Review*, 2000, 53(1), s. 29-59.

Gregory, K.J., *The Earth's Land Surface: Landforms and Processes in Geomorphology*, SAGE Publications, 2010.

Grosman, L.; Munro, N.D.; Belfer-Cohen, A., "A 12,000-Year- Old Shaman Burial From The Southern Levant (Israel)", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2008, 105(46), s. 17665-17669.

Guimaraes, P.R.; Galetti, M.; Jordano, P., "Seed Dispersal Anachronisms: Rethinking the Fruits Extinct Megafauna Ate", *PLoS One*, 2008, 3(3).

Guinotte, J.M.; Fabry, V.J., "Ocean Acidification and Its Potential Effects on Marine Ecosystems", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2008, 1134(1), s. 320-342.

Gunn, G., "Platinum-Group Metals", *Critical Metals Handbook*, yay. haz. Gunn, G., AGU/Wiley, 2014, s. 284-311.

Gupta, S.; Collier, J.S.; Garcia-Moreno, D.; Oggioni, F.; Trentesaux, A.; Vanneste, K.; De Batist, M.; Camelbeek, T.; Potter, G.; Van Vliet- Lanoe, B.; Arthur, J.C.R., "Two-Stage Opening Of The Dover Strait And The Origin Of Island Britain", *Nature Communications*, 2017, 8, s. 1-12.

Gupta, S.; Collier, J.S.; Palmer-Felgate, A.; Potter, G., "Catastrophic Flooding Origin Of Shelf Valley Systems In The English Channel", *Nature*, 2007, 448(7151), s. 342-346.

Haase, D.; Fink, J.; Haase, G.; Ruske, R.; Pecs, M.; Richter, H.; Altermann, M.; Jager, K.D., "Loess In Europe – Its Spatial Distribution Based On A European Loess Map, Scale 1:2,500,000", *Quaternary Science Reviews*, 2007, 26(9-10), s. 1301-1312.

Hagelüken, C., "Recycling Of (Critical) Metals", *Critical Metals Handbook*, yay. haz. Gunn, G., AGU/Wiley, 2014, s. 41-69.

Hamilton, T.L.; Bryant, D.A.; Macalady, J.L., "The Role Of Biology In Planetary Evolution: Cyanobacterial Primary Production In Low-Oxygen Proterozoic Oceans", *Environmental Microbiology*, 2016, 18(2), s. 325-340.

Hanson, T., *The Triumph of Seeds: How Grains, Nuts, Kernels, Pulses, and Pips Conquered the Plant Kingdom and Shaped Human History*, Basic Books, 2016.

Haywood, J., *Chronicles of the Ancient World*, Quercus, 2012.

Headrick, D.R., *Power over Peoples: Technology, Environments, and Western Imperialism, 1400 to the Present*, Princeton University Press 2010.

- Helly, J.J.; Levin, L.A., "Global Distribution Of Naturally Occurring Marine Hypoxia On Continental Margins", *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 2004, 51(9), s. 1159-1168.
- Henrich, J., "Demography and Cultural Evolution: How Adaptive Cultural Processes can Produce Maladaptive Losses: The Tasmanian Case", *American Antiquity*, 2004, 69(2), s. 197-214.
- Hillstrom, K.; Hillstrom, L.C., *Industrial Revolution in America: Iron and Steel*, ABC-CLIO, 2005.
- Hodell, D.A.; Curtis, J.H.; Brenner, M., "Possible Role Of Climate In The Collapse Of Classic Maya Civilization", *Nature*, 1995, 375, s. 391-394.
- Hoffecker, J.F., "Innovation And Technological Knowledge In The Upper Paleolithic Of Northern Eurasia", *Evolutionary Anthropology*, 2005, 14(5), s. 186-198.
- Hoffman, P.T., *Why Did Europe Conquer the World?*, Princeton University Press, 2017.
- Holen, S.R.; Deméré, T.A.; Fisher, D.C.; Fullagar, R.; Paces, J.B.; Jefferson, G.T.; Beeton, J.M.; Cerutti, R.A.; Rountrey, A.N.; Vescera, L.; Holen, K.A., "A 130,000-year-Old Archaeological Site In Southern California, USA", *Nature*, 2017, 544, s. 479-483.
- Hu, Y.W.; Shang, H.; Tong, H.W.; Nehlich, O.; Liu, W.; Zhao, C.H.; Yu, J.C.Wang; C.S.; Trinkaus, E.; Richards, M.P., "Stable Isotope Dietary Analysis Of The Tianyuan 1 Early Modern Human", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, 106(27), s. 10971-10974.
- Huang, J.; McElroy, M.B., "Contributions Of The Hadley And Ferrel Circulations To The Energetics Of The Atmosphere Over The Past 32 Years", *Journal of Climate*, 2014, 27(7), s. 2656-2666.
- Hughey, J.R.; Paschou, P.; Drineas, P.; Mastropaolo, D.; Lotakis, D.M.; Navas, P.A.; Michalodimitrakakis, M.; Stamatoyannopoulos, J.A.; Stamatoyannopoulos, G., "A European Population In Minoan Bronze Age Crete", *Nature Communications*, 2013, 4.
- Humphreys, D., "The Mining Industry And The Supply Of Critical Minerals", *Critical Metals Handbook*, yay. haz. Gunn, G., AGU/Wiley, 2014, s. 20-40.
- Jackson, J., "Fatal Attraction: Living With Earthquakes, The Growth Of Villages Into Megacities, And Earthquake Vulnerability In The Modern World", *Philosophical Transactions of the Royal Society A – Mathematical Physical and Engineering Sciences*, 2006, 364(1845), s. 1911-1925.

- Jacobs, J., "Europe's Half A Million Landfill Sites Potentially Worth A Fortune", *Financial Times*, 2018, <https://www.ft.com/content/0bf645dc-d8f1-11e7-9504-59efdb70e12f>.
- Janzen, D.H.; Martin, P.S., "Neotropical Anachronisms – the Fruits the Gomphotheres Ate", *Science*, 1982, 215(4528), s. 19-27.
- Ji, R.; Cui, P.; Ding, F.; Geng, J.; Gao, H.; Zhang, H.; Yu, J.; Hu, S.; Meng, H., "Monophyletic Origin Of Domestic Bactrian Camel (*Camelus Bactrianus*) And Its Evolutionary Relationship With The Extant Wild Camel (*Camelus Bactrianus* Ferus)", *Animal Genetics*, 2009, 40(4), s. 377-382.
- Jiao, C.; Yu, G.; He, N.; Ma, A.; Ge, J.; Hu, Z., "Spatial Pattern Of Grassland Aboveground Biomass And Its Environmental Controls In The Eurasian Steppe", *Journal of Geographical Sciences*, 2017, 27(1), s. 3-22.
- Jones, M.; Jones, R.; Woods, M., *An Introduction to Political Geography: Space, Place and Politics*, Routledge, 2004.
- Jung, G.; Prange, M.; Schulz, M., "Influence Of Topography On Tropical African Vegetation Coverage", *Climate Dynamics*, 2016, 46(7), s. 2535-2549.
- Kaplan, R.D., *The Revenge Of Geography*, Random House, 2017.
- Karol, K.G.; McCourt, R.M.; Cimino, M.T.; Delwiche, C.F., "The Closest Living Relatives Of Land Plants", *Science*, 2001, 294(5550), s. 2351-2353.
- Kasen, D.; Metzger, B.; Barnes, J.; Quataert, E.; Ramirez-Ruiz, E., "Origin Of The Heavy Elements In Binary Neutron-Star Mergers From A Gravitational-Wave Event", *Nature*, 2017, 551(7678), s. 80-84.
- Kassianidou, V., "Mining landscapes of prehistoric Cyprus", *Metalla*, 2013, 20(2), s. 5-57.
- Keegan, J., *A History Of Warfare*, Pimlico, 1993.
- Kenrick, P.; Crane, P.R., "The Origin And Early Evolution Of Plants On Land", *Nature*, 1997, 389(6646), s. 33-39.
- Kilian, B.; Martin, W.; Salamini, F., "Genetic Diversity, Evolution and Domestication of Wheat and Barley in the Fertile Crescent", *Evolution in Action: Case Studies in Adaptive Radiation, Speciation and the Origin of Biodiversity*, yay. haz. Glaubrecht, M. Springer, 2010, s. 137-166.
- Kimber, C.T., "Origin Of Domesticated Sorghum And Its Early Diffusion To India And China", *Sorghum: Origin, History, Technology, and Production*, yay. haz. Smith, C.W. Wiley, 2010.

King, G.; Bailey, G., "Tectonics And Human Evolution", *Antiquity*, 2006, 80(308), s. 265-286.

King, G.; Bailey, G.; Sturdy, D., "Active Tectonics And Human Survival Strategies", *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 1994, 99(B10), s. 20063-20078.

Kinnaid, J.A., "The Bushveld Large Igneous Province", 2005, [http:// www.largeigneousprovinces.org/sites/default/files/BushveldLIP. pdf](http://www.largeigneousprovinces.org/sites/default/files/BushveldLIP.pdf).

Klein, C., "Some Precambrian Banded Iron-Formations (Bifs) From Around The World: Their Age, Geologic Setting, Mineralogy, Metamorphism, Geochemistry, And Origin", *American Mineralogist*, 2005, 90(10), s. 1473-1499.

Kleine, T., "Earth's Patchy Late Veneer", *Nature*, 2011, 477(7363), s. 168-169.

Kneller, B.C.; Aftalion, M., "The Isotopic And Structural Age Of The Aberdeen Granite", *Journal of the Geological Society*, 1987, 144(5), s. 717-721.

Koestler-Grack, R.A., *Mount Rushmore*, ABDO Publishing Co, 2010.

Kolarik, Z.; Renard, E.V., "Potential Applications of Fission Platinoids in Industry", *Platinum Metals Review*, 2005, 49(2), s. 79-90.

Kourmpetli, S.; Drea, S., "The Fruit, The Whole Fruit, And Everything About The Fruit", *Journal of Experimental Botany*, 2014, 65(16), s. 4491-4503.

Krause, J.; Orlando, L.; Serre, D.; Viola, B.; Prüfer, K.; Richards, M.P.; Hublin, J.J.; Hänni, C.; Derevianko, A.P.; Pääbo, S., "Neanderthals in central Asia and Siberia", *Nature*, 2007, 449, s. 902-904.

Krijgsman, W.; Hilgen, F.J.; Raffi, I.; Sierro, F.J.; Wilson, D.S., "Chronology, Causes And Progression Of The Messinian Salinity Crisis", *Nature*, 1999, 400, s. 652-655.

Krivolutskaya, N.; Gongalsky, B.; Dolgal, A.; Svirskaya, N.; Vekshina, T., "Siberian Traps in the Norilsk Area: A Corrected Scheme of Magmatism Evolution", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2016, 44, s. 042008.

Kroeker, K.J.; Kordas, R.L.; Crim, R.N.; Singh, G.G., "Meta-Analysis Reveals Negative Yet Variable Effects Of Ocean Acidification On Marine Organisms", *Ecology Letters*, 2010, 13(11), s. 1419-1434.

Kukula, M., *The Intimate Universe: How the stars are closer than you think*, Quercus, 2016.

Laitin, D.D.; Moortgat, J.; Robinson, A.L., "Geographic axes and the persistence of cultural diversity", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(26), s. 10263-10268.

Larson, G.; Piperno, D.R.; Allaby, R.G.; Purugganan, M.D.; Andersson, L.; Arroyo-Kalin, M.; Barton, L.; Vigueira, C.C.; Denham, T.; Dobney, K.; Doust, A.N.; Gepts, P.; Gilbert, M.T.P.; Gremillion, K.J.; Lucas, L.; Lukens, L.; Marshall, F.B.; Olsen, K.M.; Pires, J.C.; Richerson, P.J.; de Casas, R.R.; Sanjur, O.I.; Thomas, M.G.; Fuller, D.Q., "Current Perspectives And The Future Of Domestication Studies", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2014, 111(17), s. 6139-6146.

Larson, R.L., "Geological Consequences of Superplumes", *Geology*, 1991, 19(10), s. 963-966.

Leidwanger, J.; Knappett, C.; Arnaud, P.; Arthur, P.; Blake, E.; Broodbank, C.; Brughmans, T.; Evans, T.; Graham, S.; Greene, E.S.; Kowalzig, B.; Mills, B.; Rivers, R.; Tartaron, T.F.; d. Noort, R.V., "A Manifesto For The Study Of Ancient Mediterranean Mari-Time Networks", *Antiquity*, 2014, 88(342).

Lenton, T.; Watson, A., *Revolutions that Made the Earth*, Oxford University Press, 2013.

Leveau, P., "The Barbegal Water Mill In Its Environment: Archae- Ology And The Economic And Social History Of Antiquity", *Journal of Roman Archaeology*, 1996, 9, s. 137-153.

Lewis, L., "There's Gold In Japan's Landfills", *Sunday Times*, 2008. <https://www.thetimes.co.uk/article/theres-gold-in-japans-landfills- gfv0lwdzh6n>.

Lewis, S.L.; Maslin, M.A., "Defining the Anthropocene", *Nature*, 2015, 519, s. 171.

Liddy, H.M.; Feakins, S.J.; Tierney, J.E., "Cooling And Drying In Northeast Africa Across The Pliocene", *Earth and Planetary Science Letters*, 2016, 449, s. 430-438.

Lieberman, D., *The Story of the Human Body: Evolution, Health and Disease*, Penguin, 2014.

Lim, L., "China's Drive To Transform Tibet", 2004, <http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/asia-pacific/3625588.stm>.

Londo, J.P.; Chiang, Y.C.; Hung, K.H.; Chiang, T.Y.; Schaal, B.A., "Phylogeography Of Asian Wild Rice, *Oryza Rufipogon*, Reveals Multiple Independent Domestications Of Cultivated Rice, *Oryza Sativa*", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2006, 103(25), s. 9578-9583.

López, S.; van Dorp, L.; Hellenthal, G., "Human Dispersal Out of Africa: A Lasting Debate", *Evolutionary Bioinformatics Online*, 2015, 11(Suppl 2), s. 57-68.

- Lutgens, F.K.; Tarbuck, E.J., *The Atmosphere: An Introduction to Meteorology*, Prentice Hall, 2000.
- Lyons, T.W.; Reinhard, C.T.; Planavsky, N.J., "The Rise Of Oxygen In Earth's Early Ocean And Atmosphere", *Nature*, 2014, 506, s. 307-315.
- Macalister, T., "Kellingley Colliery Closure: "Shabby End" For A Once Mighty Industry", *Guardian*, 2015, <https://www.theguardian.com/environment/2015/dec/18/kellingley-colliery-shabby-end-for-an-industry>.
- Mann, P.; Gahagan, L.; Gordon, M.B., "Tectonic Setting Of The World's Giant Oil And Gas Fields", *Giant Oil and Gas Fields of the Decade 1990-1999*, yay. haz. Halbouty, M.T., AAPG Memoir, 2003, 78, s. 15-105.
- Marr, A., *A History of the World*, Pan, 2013.
- Marshall, T., *Prisoners of Geography: Ten Maps That Tell You Everything You Need to Know About Global Politics*, Elliott&Thompson, 2016.
- Maslin, M., "How A Changing Landscape And Climate Shaped Early Humans", 2013, <https://theconversation.com/how-a-changing-landscape-and-climate-shaped-early-humans-19862>.
- Maslin, M.A.; Brierley, C.M.; Milner, A.M.; Shultz, S.; Trauth, M.H.; Wilson, K.E., "East African Climate Pulses And Early Human Evolution", *Quaternary Science Reviews*, 2014, 101, s. 1-17.
- Maslin, M.A.; Christensen, B., "Tectonics, Orbital Forcing, Global Climate Change, And Human Evolution In Africa: Introduction To The African Paleoclimate Special Volume", *Journal of Human Evolution*, 2007, 53(5), s. 443-464.
- Mayewski, P.A.; Rohling, E.E.; Stager, J.C.; Karlen, W.; Maasch, K.A.; Meeker, L.D.; Meyerson, E.A.; Gasse, F.; van Kreveld, S.; Holmgren, K.; Lee-Thorp, G.; Rosqvist, J.; Rack, F.; Staubwasser, M.; Schneider, R.R.; Steig, E.J., "Holocene Climate Variability", *Quaternary Research*, 2004, 62(3), s. 243-255.
- McBrearty, S.; Brooks, A.S., "The Revolution That Wasn't: A New Interpretation Of The Origin Of Modern Human Behavior", *Journal of Human Evolution*, 2000, 39(5), s. 453-563.
- McCormick, M.; Buntgen, U.; Cane, M.A.; Cook, E.R.; Harper, K.; Huybers, P.; Litt, T.; Manning, S.W.; Mayewski, P.A.; More, A.F.M.; Nicolussi, K.; Tegel, W., "Climate Change During And After The Roman Empire: Reconstructing The Past From Scientific And Historical Evidence", *Journal of Interdisciplinary History*, 2012, 43(2), s. 169-220.

McDermott, R., *Risk-Taking in International Politics: Prospect Theory in American Foreign Policy*, University of Michigan Press, 1998.

McDougall, E.A., "The Sahara Reconsidered: Pastoralism, Politics and Salt from the Ninth through the Twelfth Centuries", *African Economic History*, 1983, 12, s. 263-286.

McDougall, E.A., "Salts of the Western Sahara: Myths, Mysteries, and Historical Significance", *International Journal of African Historical Studies*, 1990, 23(2), s. 231-257.

McInerney, F.A.; Wing, S.L., "The Paleocene-Eocene Thermal Maximum: A Perturbation of Carbon Cycle, Climate, and Biosphere with Implications for the Future", *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 2011, 39, s. 489-516.

McKie, R., "Why Did The Neanderthals Die Out?" *Observer*, 2013, <https://www.theguardian.com/science/2013/jun/02/why-did-neanderthals-die-out>.

McNeill, J.R., "The World According to Jared Diamond", *The History Teacher*, 2001, 34(2): 165-74.

McNeill, J.R., "Global Environmental History: The First 150,000 Years", *A Companion to Global Environmental History*, yay. haz. McNeill, J.R.; Mauldin, E.S., Blackwell Publishing, 2012a, s. 3-17.

McNeill, J.R. "Biological Exchange in Global Environmental History", *A Companion to Global Environmental History*, yay. haz. McNeill, J.R., Blackwell Publishing, 2012b, s. 433-451.

McNeill, J.R.; McNeill, W.H., *The Human Web: A Bird's-Eye View of World History*, W.W. Norton & Co, 2004.

McNeill, W.H., *The Rise of the West: A History of the Human Community*, University of Chicago Press, 1963.

Mendez, A., "Distribution of Landmasses of the Paleo-Earth", 2011, <http://phl.upr.edu/library/notes/distributionoflandmassesofthepaleo-earth>.

Metspalu, M.; Kivisild, T.; Metspalu, E.; Parik, J.; Hudjashov, G.; Kaldma, K.; Serk, P.; Karmin, M.; Behar, D.M.; Gilbert, M.T.P.; Endicott, P.; Mastana, S.; Papiha, S.S.; Skorecki, K.; Torroni, A.; Villems, R., "Most Of The Extant Mtdna Boundaries In South And Southwest Asia Were Likely Shaped During The Initial Settlement Of Eurasia By Anatomically Modern Humans", *BMC Genetics*, 2004, 5, s. 26.

- Millward, J.A., *The Silk Road: A Very Short Introduction*, Oxford University Press, 2013.
- Mokyr, J., *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*, Oxford University Press, 1992.
- Monbiot, G., *Feral: Rewilding the Land, Sea and Human Life*, Penguin, 2014.
- Moorjani, P.; Amorim, C.E.G.; Arndt, P.F.; Przeworski, M., "Variation in the Molecular Clock of Primates", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2016, 113(38), s. 10607-10612.
- Morris, I., *Why the West Rules – for Now: The Patterns of History and What They Reveal about the Future*, Profile Books, 2011.
- Morton, O., *The Planet Remade: How Geoengineering Could Change the World*, Granta, 2016.
- Moylan, J., "First Coal-Free Day in Britain Since 1880s", 2017, [https:// www.bbc.co.uk/news/uk-39675418](https://www.bbc.co.uk/news/uk-39675418).
- Murton, J.B.; Bateman, M.D.; Dallimore, S.R.; Teller, J.T.; Yang, Z.R., "Identification Of Younger Dryas Outburst Flood Path From Lake Agassiz To The Arctic Ocean", *Nature*, 2010, 464(7289), s. 740-743.
- Myers, J.S., "Geology of Granite", *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 1997, 80,s. 87-100.
- Needham, J., *Science and Civilisation in China. Volume 4: Physics and Physical Technology. Part II: Mechanical Engineering*, Cambridge University Press, 1965.
- Neimark, J., "How We Won the Hominid Wars, and All the Others Died Out, Discover", 2012, <http://discovermagazine.com/2011/evolution/23-how-we-won-the-hominid-wars>.
- Nelsen, M.P.; DiMichele, W.A.; Peters, S.E.; Boyce, C.K., "Delayed Fungal Evolution Did Not Cause The Paleozoic Peak in Coal Production", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2016, 113(9), s. 2442-2447.
- Nicoll, K., *Geoarchaeological Perspectives on Holocene Climate Change as a Civilizing Factor in the Egyptian Sahara, Climates, Landscapes, and Civilizations (Geophysical Monograph Series 198)*, American Geophysical Union, 2013.
- Nield, T., *Underlands: A Journey through Britain's Lost Landscape*, Granta, 2014.
- Novacek, M., *Terra: Our 100 Million Year Old Ecosystem and the Threats That Now Put It at Risk*, Farrar, Straus and Giroux, 2008.

O'Dea, A.; H.A. Lessios; A.G. Coates; R.I. Eytan; S. A. Restrepo- Moreno; A.L. Cione; L.S. Collins; A. de Queiroz; D.W. Farris; R.D. Norris; R. F. Stallard; M.O. Woodburne; O. Aguilera; M.P. Aubry; W.A. Berggren; A. F. Budd; M.A. Cozzuol; S.E. Coppard; H. Duque-Caro; S. Finnegan; G.M. Gasparini; E.L. Grossman; K.G. Johnson; L.D. Keigwin; Knowlton, N.; Leigh, E.G.; Leonard- Pingel, J.S.; Marko, P.B.; Pyenson, N.D.; Rachello-Dolmen, P.G.; Soibelzon, E.; Soibelzon, L.; Todd, J.A.; Vermeij, G.J.; Jackson, J.B.C., "Formation of the Isthmus of Panama", *Science Advances*, 2016, 2(8), s. e1600883.

Oleson, J.P., *The Oxford Handbook of Engineering and Technology in the Classical World*, Oxford University Press, 2009.

Oppenheimer, C., *Eruptions that Shook the World*, Cambridge University Press, 2011.

Orlando, L., "Back To The Roots And Routes Of Dromedary Domestication", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2016, 113(24), s. 6588-6590.

Osborne, R., *Iron, Steam & Money: The Making of the Industrial Revolution*, Bodley Head, 2013.

Paine, L., *The Sea and Civilization: A Maritime History of the World*, Knopf, 2013.

Parker, G., "The 'Military Revolution', 1560-1660 – a Myth?", *Journal of Modern History*, 1976, 48(2), s. 196-214.

Patterson, N.; Richter, D.J.; Gnerre, S.; Lander, E.S.; Reich, D., "Genetic Evidence For Complex Speciation Of Humans And Chimpanzees", *Nature*, 2006, 441, s. 1103-1108.

Petit, J.R.; Jouzel, J.; Raynaud, D.; Barkov, N.I.; Barnola, J.M.; Basile, I.; Bender, M.; Chappellaz, J.; Davis, M.; Delaygue, G.; Delmotte, M.; Kotlyakov, V.M.; Legrand, M.; Lipenkov, V.Y.; Lorius, C.; Pepin, L.; Ritz, C.; Saltzman, E.; Stievenard, M., "Climate And Atmospheric History Of The Past 420,000 Years From The Vostok Ice Core, Antarctica", *Nature*, 1999, 399(6735), s. 429-436.

Phillips, W.R., "Ancient Civilizations and Geology of the Eastern Mediterranean", *Excavations at Seila, Egypt*, yay.haz. Griggs, C.W., Brigham Young University, 1988, s. 1-18.

Piantadosi, C.A., *The Biology of Human Survival: Life and Death in Extreme Environments*, Oxford University Press, 2003.

Pim, J.; Peirce, C.; Watts, A.B.; Grevemeyer, I.; Krabbenhoef, A., "Crustal Structure And Origin Of The Cape Verde Rise", *Earth and Planetary Science Letters*, 2008, 272(1-2), s. 422-428.

Pollard, J., "The Uffington White Horse Geoglyph As Sun-Horse", *Antiquity*, 2017, 91(356), s. 406-420.

Potts, R., "Hominin Evolution in Settings Of Strong Environ- Mental Variability", *Quaternary Science Reviews*, 2013, 73, s. 1-13.

Potts, R.; Faith, J.T. , "Alternating High And Low Climate Variability: The Context Of Natural Selection And Speciation İn Plio- Pleistocene Hominin Evolution", *Journal of Human Evolution*, 2015, 87, s. 5-20.

Price, T.D., "Ancient Farming in eastern North America", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, 106(16), s. 6427-6428.

Pye, K., "The nature, origin and accumulation of loess", *Quaternary Science Reviews*, 1995, 14(7-8): 653-67.

Pye, M., *The Edge of the World: How the North Sea Made Us Who We Are*, Penguin, 2015.

Qiu, J., "Double threat for Tibet", *Nature*, 2014, 512, s. 240-241.

Rackham, O., "Ancient Forestry Practices", *The Role of Food, Agriculture, Forestry and Fisheries in Human Nutrition, Volume II*, V. R. Squires (yay. haz.), EOLSS Publishers, 2009, s. 29-47.

Raj, N. G., "The Tibetan Plateau And The Indian Monsoon", 2013, <https://www.thehindu.com/sci-tech/science/the-tibetan-plateau-and-the-indian-monsoon/article4651084.ece>.

Rajagopalan, B.; Molnar, P., "Signatures of Tibetan Plateau Heating On Indian Summer Monsoon Rainfall Variability", *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 2013, 118(3), s. 1170-1178.

Ramachandran, S. and N. A. Rosenberg, "A Test of the Influence of Continental Axes of Orientation on Patterns of Human Gene Flow", *American Journal of Physical Anthropology*, 2011, 146(4): 515-29.

Ramalho, R.; Helffrich, G.; Schmidt, D.N.; Vance, D., "Tracers Of Uplift And Subsidence in the Cape Verde Archipelago", *Journal of the Geological Society*, 2010, 167(3), s. 519-538.

Rasmussen, S.C., *How Glass Changed the World: The History and Chemistry of Glass from Antiquity to the 13th Century*, Springer, 2012.

Raudzens, G., *Technology, Disease, and Colonial Conquests, Sixteenth to Eighteenth Centuries: Essays Reappraising the Guns and Germs Theories*, Brill, 2003.

Reader, J., *Cities*, Vintage, 2005.

Reilinger, R.; McClusky, S., “Nubia-Arabia-Eurasia Plate Motions And The Dynamics Of Mediterranean And Middle East Tectonics”, *Geophysical Journal International*, 2011, 186(3), s. 971-979.

Richerson, P.J.; Boyd, R.; Bettinger, R.L., “Was Agriculture Impossible During The Pleistocene But Mandatory During The Holocene? A Climate Change Hypothesis”, *American Antiquity*, 2001, 66(3), s. 387-411.

Rick, T.C.; Erlandson, J.M., *Human Impacts on Ancient Marine Ecosystems: A Global Perspective*, University of California Press, 2008.

Ridley, J., *Ore Deposit Geology*, Cambridge University Press, 2013.

Roberts, B.W.; Thornton, C.P.; Pigott, V.C., “Development Of Metallurgy in Eurasia”, *Antiquity*, 2009, 83(322), s. 1012-1022.

Roberts, M., *Essays in Swedish History*, Weidenfeld&Nicolson, 1967.

Rodger, N.A. M., “Atlantic Seafaring”, *The Oxford Handbook of the Atlantic World: 1450-1850*, yay.haz. Nicholas, C.; Philip, M., Oxford University Press, 2012.

Roebroeks, W.; Sier, M.J.; Nielsen, T.K.; De Loecker, D.; Pares, J.M.; Arps, C.E.S.; Mucher, H.J., “Use Of Red Ochre By Early Neandertals”, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2012, 109(6), s. 1889-1894.

Rogers, C., *The Military Revolution Debate: Readings on the Military Transformation of Early Modern Europe*, Routledge, 2018.

Rohrig, B., “Smartphones: Smart Chemistry”, 2015, <https://www.acs.org/content/acs/en/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archi-ve-2014-2015/smartphones.html>.

Rose, J.I.; Usik, V.I.; Marks, A.E.; Hilbert, Y.H.; Galletti, C.S.; Parton, A.; Geiling, J.M.; Cerny, V.; Morley, M.W.; Roberts, R.G., “The Nubian Complex of Dhofar, Oman: An African Middle Stone Age Industry in Southern Arabia”, *PloS One*, 2011, 6(11).

Rosenbaum, G.; Lister, G.S.; Duboz, C., “Reconstruction Of The Tectonic Evolution Of The Western Mediterranean Since The Oligocene”, *Journal of the Virtual Explorer*, 2002, 8, s. 107-130.

Rothery, D., *Geology: The Key Ideas*, Teach Yourself, 2010.

Ruddiman, W.F., *Plows, Plagues, and Petroleum: How Humans Took Control of Climate*, Princeton University Press, 2016.

Ruddiman, W.F.; Ellis, E.C.; Kaplan, J.O.; Fuller, D.Q., “Defining The Epoch We Live in”, *Science*, 2015, 348(6230), s. 38-39.

Sadykov, V.A.; Isupova, L.A.; Zolotarskii, I. A.; Bobrova, L.N.; Noskov, A.S.; Parmon, V.N.; Brushtein, E.A.; Telyatnikova, T.V.; Chernyshev, V.I.; Lunin, V.V., "Oxide Catalysts For Ammonia Oxidation in Nitric Acid Production: Properties And Perspectives", *Applied Catalysis A: General*, 2000, 204(1), s. 59-87.

Sagan, C., *The Cosmic Connection: An Extraterrestrial Perspective*, Doubleday, 1973.

Sage, R.F., "Was Low Atmospheric CO₂ During The Pleistocene A Limiting Factor For The Origin Of Agriculture?", *Global Change Biology*, 1995, 1(2), s. 93-106.

Sahrhage, D.; Lundbeck, J., *A History of Fishing*, Springer, 2012.

Sakellariou, D.; Galanidou, N., "Pleistocene Submerged Landscapes And Palaeolithic Archaeology in The Tectonically Active Aegean Region", *Geology and Archaeology: Suberged Landscapes of the Continental Shelf. Geological Society Special Publication*, No. 411, yay. haz. Harff, J.; Bailey, G.; Lüth, F., Geological Society, 2016.

Sauberlich, H.E., "A History of Scurvy and Vitamin C", *Vitamin C in Health and Disease*, yay. haz. Packer, L., Taylor&Francis, 1997.

Schmidt, M., "Human Geography of Post-Socialist Mountain Regions: An Introduction", *Journal of Alpine Research*, 2017, 105(1).

Schobert, H. H., *Energy and Society: An Introduction*, CRC Press, 2014.

Schrijver, K.; Schrijver, I., *Living with the Stars: How the Human Body is Connected to the Life Cycles of the Earth, the Planets, and the Stars*, Oxford University Press, 2015.

Schuberth, C.J., *The Geology of New York City and Environs*, Natural History Press for the American Museum of Natural History, 1968.

Schwarz-Schampera, U., "Indium", *Critical Metals Handbook*, yay. haz. Gunn, G., AGU/Wiley, 2014, s. 204-29.

Scott, A.C.; Glasspool, I.J., "The Diversification Of Paleozoic Fire Systems and Fluctuations in Atmospheric Oxygen Concentration", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2006, 103(29), s. 10861-10865.

Shakun, J.D.; Clark, P.U.; He, F.; Marcott, S.A.; Mix, A.C.; Liu, Z.Y.; Otto-Bliesner, B.; Schmittner, A.; Bard, E., "Global Warming Preceded By Increasing Carbon Dioxide Concentrations During The Last Deglaciation", *Nature*, 2012, 484(7392), s. 49-54.

Sheridan, A., "ANTIQUITY and the Old World", *Antiquity*, 2002, 76(294), s. 1085-1088.

Shubin, N., *The Universe Within*, Penguin, 2014.

Shuckburgh, E.; Austin, P., *Survival: The Survival of the Human Race*, Cambridge University Press, 2008.

Siddall, R., "An Urban Geologist's Guide to the Fossils of the Portland Stone, Urban Geology in London No. 30", 2015, <http://www.ucl.ac.uk/~ucfbrxs/Homepage/walks/PortlandFossils.pdf>.

Sinha, U.K., "Tiber's watershed challenge", *Washington Post*, 2010, Haziran 14, <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2010/06/13/AR2010061303331.html>.

Smith, A.H.V., "Provenance of Coals from Roman Sites in England and Wales", *Britannia*, 1997, 28, s. 297-324.

Smith, B.D.; Yarnell, R.A., "Initial Formation Of An Indigenous Crop Complex in Eastern North America at 3800 B.P.", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2009, 106(16), s. 6561-6566.

Socratous, M.A.; Kassianidou, V.; Pasquale, G.D., "Ancient Slag Heaps in Cyprus: The Contribution Of Charcoal Analysis To The Study Of The Ancient Copper Industry", *Archaeometallurgy in Europe III*, yay.haz. Hauptmann, A.; Modarressi-Tehrani, D., Deutsches Bergbau-Museum Bochum, 2011.

Sorkhabi, R., "Rich Petroleum Source Rocks", *GEO ExPro*, 2016, 6(6).

Speight, J.G., *Asphalt Materials Science and Technology*, Butterworth-Heinemann, 2015.

Stager, C., *Our Future Earth*, Gerald Duckworth&Co, 2012.

Stager, C., *Your Atomic Self: The Invisible Elements That Connect You to Everything Else in the Universe*, Thomas Dunne, 2014.

Stahl, P.W., "Animal Domestication in South America", *The Handbook of South American Archaeology*, yay. haz., Silverman, H.; Isbell, W.H., Springer, 2008, s. 121-130.

Stampfli, G.M.; Hochard, C.; Vèrard, C.; Wilhem, C.; von Raumer, J., "The Formation of Pangea", *Tectonophysics*, 2013, 593, s. 1-19.

Stavridis, J., *Sea Power: The History and Geopolitics of the World's Oceans*, Penguin, 2018.

Sterelny, K., "From Hominins To Humans: How Sapiens Became Behaviourally Modern", *Philosophical Transactions of the Royal Society B – Biological Sciences*, 2011, 366(1566), s. 809-822.

Stern, R.J., "United States Cost Of Military Force Projection İn The Persian Gulf, 1976-2007", *Energy Policy*, 2010, 38(6), s. 2816-2825.

- Stewart, K.M., "Early Hominid Utilisation Of Fish Resources And Implications For Seasonality And Behaviour", *Journal of Human Evolution*, 1994, 27, s. 229-245.
- Stewart, W.M.; Dobb, D.W.; Johnston, A.E.; Smyth, T.J., "The Contribution Of Commercial Fertilizer Nutrients To Food Production", *Agronomy Journal*, 2005, 97(1), s. 1-6.
- Stoneley, R., "The Middle East Basin: A Summary Overview", *Classic Petroleum Provinces, Geological Society Special Publication*, 1990, No. 50, yay. haz. Brooks, J., Geological Society of London, s. 293-298.
- Stow, D., *Vanished Ocean: How Tethys Reshaped the World*, Oxford University Press, 2010.
- Summerhayes, C.P., *Earth's Climate Evolution*, Wiley Blackwell, 2015.
- Sweeney, E.J., *The Pyramid Age*, Algora, 2007.
- Tarasov, L.; Peltier, W.R., "Arctic Freshwater Forcing Of The Younger Dryas Cold Reversal", *Nature*, 2005, 435, s. 662.
- Teller, J.T., Leverington, D.W.; Mann, J.D., "Freshwater Outbursts To The Oceans From Glacial Lake Agassiz And Their Role in Climate Change During The Last Deglaciation", *Quaternary Science Reviews*, 2002, 21(8), s. 879-887.
- Terazono, E., "Russia Set To Be Biggest Wheat Exporter For First Time", *Financial Times*, 2016, <https://www.ft.com/content/af66f51e-6515-11e6-8310-ecf0bddad227>.
- Thomas, L., *Coal Geology*, Wiley, 2013.
- Thompson, P., *Seeds, Sex and Civilization: How the Hidden Life of Plants Has Shaped Our World*, Thames&Hudson, 2010.
- Tomczak, M.; Godfrey, J.S., *Regional Oceanography: An Introduction*, Pergamon, 1994.
- Törnqvist, T.E.; Hijma, M.P., "Links Between Early Holocene Ice-Sheet Decay, Sea-Level Rise And Abrupt Climate Change", *Nature Geoscience*, 2012, 5, s. 601-606.
- Trauth, M.H.; Maslin, A.L.; Deino, Junginger, A.; Lesoloyia, M.; Odada, E.O.; Olago, D.O.; Olaka, L.A.; Strecker, M.R.; Tiedemann, R., "Human Evolution in a Variable Environment: The Amplifier Lakes Of Eastern Africa", *Quaternary Science Reviews*, 2010, 29(23-24), s. 2981-2988.
- Trauth, M.H.; Maslin, M.A.; Deino, A.L.; Strecker, M.R.; Bergner, A.G.N.; Duhnforth, M., "High- And Low-Latitude Forcing Of Plio-Pleistocene East African Climate And Human Evolution", *Journal of Human Evolution*, 2007, 53(5), s. 475-486.

Tucci, S.; Akey, J.M., "A Map Of Human Wanderlust", *Nature*, 2016, 538,s. 179-180.

Twining, D., "Could China and India Go To War Over Tibet?", 2009, <https://foreignpolicy.com/2009/03/10/could-china-and-india-go-to-war-over-tibet/>.

Ulmishek, G.F.; Klemme, H.D., "Depositional Controls, Distribution, And Effectiveness Of World's Petroleum Source Rocks", *US Geological Survey Bulletin 1931*, US Geological Survey, 1990.

Vasiljevic, D.A.; Markovic, S.B.; Hose, T.A.; Ding, Z.L.; Guo, Z.T.; Liu, X.M.; Smalley, I.; Lukic, T.; Vujicic, M.D., "Loess-Palaeosol Sequences in China And Europe: Common Values And Geoconservation Issues", *Catena*, 2014, 117,s . 108-118.

Veevers, J.J., "Gondwanaland From 650–500 Ma Assembly Through 320 Ma Merger in Pangea To 185-100 Ma Breakup: Supercontinental Tectonics Via Stratigraphy And Radiometric Dating", *Earth-Science Reviews*, 2004, 68, s. 1-132.

Verner, M., *The Pyramids*, Atlantic, 2001.

Veron, A.; Goiran, J.P.; Morhange, C.; Marriner, N.; Empereur, J.Y., "Pollutant Lead Reveals The Pre-Hellenistic Occupation And Ancient Growth Of Alexandria, Egypt", *Geophysical Research Letters*, 2006, 33(6), s. L06409.

Wagland, S.; Gomes, D.M., "It's Time For Busi- Nesses To Get Their Hands Dirty And Embrace Landfill Mining", 2016, <https://www.businessgreen.com/bg/opinion/2454124/its-time-for-businesses-to-get-their-hands-dirty-and-embrace-landfill-mining>.

Wagner, M.; Wellmer, F.W., "A Hierarchy of Natural Resources with Respect to Sustainable Development – a Basis for a Natural Resources Efficiency Indicator", *Mining, Society, and a Sustainable World*, yay.haz. Richards, J. Springer, 2009.

Walker, J., "What Gives Gold that Mellow Glow?", 2006, [https:// www.fourmilab.ch/documents/golden_glow](https://www.fourmilab.ch/documents/golden_glow).

Waltham, T., "The rich hill of Potosi", *Geology Today*, 2005, 21(5), s. 187-190.

Warren, K.; Read. A., "Landfill Mining: Goldmine or Minefield?", 2014, <https://waste-management-world.com/a/landfill-mining-goldmine-or-minefield>.

Watson, P., *The Great Divide: History and Human Nature in the Old World and the New*, Weidenfeld & Nicolson, 2012.

Weijers, J.W.H.; Schouten, S.; Sluijs, A.; Brinkhuis, H.; Sinninghe Damsté, J.S., "Warm arctic continents during the Palaeocene–Eocene thermal maximum", *Earth and Planetary Science Letters*, 2007, 261(1), s. 230-238.

Wel, S. v.d., "Religions explained", 2014, <http://www.thoughtmash.net/2014/09>.

Wells, N.C., *The Atmosphere and Ocean: A Physical Introduction*, Wiley, 2012.

Weng, J.K.; Chapple, C., "The Origin And Evolution Of Lignin Biosynthesis", *New Phytologist*, 2010, 187(2), s. 273-285.

White, M.; Ashton, N., "Lower Palaeolithic Core Technology and the Origins of the Levallois Method in North-Western Europe", *Current Anthropology*, 2003, 44(4), s. 598-609.

White, S., "Climate Change in Global Environmental History", *A Companion to Global Environmental History*, yay.haz. McNeill, J.R.; Mauldin, E.S., Blackwell, 2012.

Wignall, P.B., *The Worst of Times: How Life on Earth Survived Eighty Million Years of Extinctions*, Princeton University Press, 2017.

Winchester, S., *Atlantic: A Vast Ocean of a Million Stories*, HarperPress, 2011.

Wing, S.L.; Harrington, G.J.; Smith, F.A.; Bloch, J.I.; Boyer, D.M.; Freeman, K.H., "Transient Floral Change And Rapid Global Warming At The Paleocene-Eocene Boundary", *Science*, 2005, 310(5750), s. 993-996.

Winkless, L., "Sweating on the Underground: Why Are London's Tube Tunnels So Hot?", 2017, <https://www.forbes.com/sites/lauriewinkless/2017/06/22/sweating-on-the-underground-why-are-tube-tunnels-so-hot/>.

Wong, E., "China's Money and Migrants Pour Into Tibet", 2010, <https://www.nytimes.com/2010/07/25/world/asia/25tibet.html>.

Woodburne, M.O.; Gunnell, G.F.; Stucky, R.K., "Climate Directly Influences Eocene Mammal Faunal Dynamics in North America", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2009, 106(32), s. 13399-133403.

Woodward, J., *The Ice Age: A Very Short Introduction*, Oxford University Press, 2014.

Wright, J.D.; Schaller, M.F., "Evidence For A Rapid Release Of Carbon At The Paleocene-Eocene Thermal Maximum", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013, 110(40), s. 15908-15913.

Wright, R., *A Short History of Progress*, Canongate, 2006.

Yong, E., "Why Pumpkins and Squashes Aren't Extinct", 2015, <https://www.nationalgeographic.com/science/phenomena/2015/11/16/why-pumpkins-and-squashes-arent-extinct/>.

Zalasiewicz, J., *The Planet in a Pebble: A Journey into Earth's Deep History*, Oxford University Press, 2012.

Zalasiewicz, J.; Waters, C N.; Williams, M., “Human Bio- Turbation, And The Subterranean Landscape Of The Anthropocene”, *Anthropocene*, 2014, 6, s. 3-9.

Zalasiewicz, J.; Williams, M.; Fortey, R.; Smith, A.; Barry, T.L.; Coe, A.L.; Bown, P.R.; Rawson, P.F.; Gale, A.; Gibbard, P.; Gregory, F.J.; Hounslow, M.W.; Kerr, A.C.; Pearson, P.; Knox, R.; Powell, J.; Waters, C.; Marshall, J.; Oates, M.; Stone, P., “Stratigraphy of the Anthropocene”, *Philosophical Transactions of the Royal Society A – Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 2011, 369(1938), s. 1036-1055.

Zeebe, R.E.; Ridgwell, A.; Zachos, J.C., “Anthropogenic carbon release rate unprecedented during the past 66 million years”, *Nature Geoscience*, 2016, 9, s. 325-329.

DİZİN

A

A. afarensis 24, 28

Abbasi 220

Abu Dabi 144

açık tohumlu bitkiler 88

açık tohumlular 87, 88, 149

Aden / Aden Körfezi 21, 114

Aegospotami Savaşı 125

Afar Bölgesi 21, 27

Afganistan 193, 199

Afrika 12, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 25, 26,

28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 38, 40, 44,

54, 55, 56, 57, 58, 62, 63, 66, 72, 74, 75,

76, 80, 81, 84, 89, 92, 95, 96, 97, 106,

107, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115,

124, 126, 127, 137, 141, 147, 169, 172,

186, 188, 195, 200, 201, 202, 205, 214,

219, 223, 225, 226, 227, 228, 230, 231,

232, 233, 234, 236, 238, 239, 241, 244,

245, 246, 247, 248, 249, 253, 258, 259,

260, 274, 285, 294, 295

Afrika'dan göç bkz. 72

Afro-Amerikan 132, 133

Agassiz Gölü 69, 70, 71

Ahameniş 211

Akabe Körfezi 115

Akadlar 139

Akdeniz 12, 36, 38, 43, 70, 72, 82, 95,

105, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113,

114, 117, 118, 119, 120, 122, 123, 124,

125, 126, 127, 141, 143, 158, 167, 169,

170, 171, 172, 175, 192, 195, 196, 197,

198, 200, 202, 214, 218, 220, 225, 226,

246, 252, 294, 297

akıntı denizciliği ya da *volta do mar*

226, 227, 228, 233, 234, 246, 251

Akrotiri 172

Akshardham 144

Alabama 130, 131, 132, 260

Alanlar 215

Alaska 58, 59, 61, 204

Alborán mikro kıtası 226

alg 146, 180

Almanya 67, 68, 195, 216, 223, 277,

281, 293

alpakalar 84, 97

Alpler 42, 66, 67, 111, 123, 143, 162,

169, 172, 175, 294

Altay Dağları 57, 211

altın 18, 70, 142

alt tropikal yüksekler 239

alüminyum 184, 187, 191, 274

Amazon 18, 72, 200, 231, 283, 294

Amerika kıtası 58, 59, 60, 75, 96, 97,

203, 237, 239, 254, 255, 258

Amerikan İçsavaşı, Bağımsızlık Savaşı

132, 260

ammonitler amfibiler 146, 270

Amsterdam 104, 119

Anadolu 139, 166, 174, 213, 214

And Dağları 42, 64, 75, 76, 83, 255

Angkor Wat 138

Anjiyosperm ya da kapalı tohumlular

50

Antarktika 49, 50, 52, 53, 54, 59, 63,

64, 94, 99, 111, 274, 285

Antik Mısır 80, 81, 135, 156

- Antroposen 13
 Apalaş Dağları 65, 131, 274, 277
 Arabistan Yarımadası 57, 62, 97, 111, 114, 115, 200, 201
 Aragon 226, 234
 Aragon Kralı II. Ferdinand 234
 Aral Denizi 111
Ardipithecus ramidus 23, 28
 arpa 70, 74, 77, 123
 asit yağmuru 151, 288
 Asur 35, 211
 Aşölyen aletleri 27
 Atlantik Okyanusu 128, 152, 162, 227, 260, 274
 Atlas Dağları 111
 Attila 215
Australopithecus 23, 24, 25, 26
 Avarlar 211
 avcı toplayıcı 15, 25, 70, 71, 72, 79, 83, 84, 89, 208
 Avrasya 12, 20, 25, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 49, 52, 57, 58, 59, 62, 63, 85, 86, 91, 95, 96, 97, 106, 111, 113, 114, 115, 117, 118, 124, 137, 147, 151, 167, 169, 172, 192, 193, 194, 197, 198, 203, 205, 206, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 216, 217, 219, 220, 221, 222, 223, 225, 226, 235, 236, 249, 274, 275, 294
 Avustralya 15, 20, 52, 57, 58, 62, 63, 95, 96, 118, 128, 190, 200, 259, 274, 294
 Azor Adaları 226, 227, 229, 237, 238
 azot 180
- B**
 Babil 281
 Babülmendep geçidi 114
 Bağdat 116, 199, 220
 Bahamalar 237
 Baharat Adaları 104, 119, 120, 122, 247, 252, 254, 258
 baharat ticareti 122, 126, 226, 252
 Balaklava Savaşı 137
 Banda Adaları 118, 119
 Bantlı Demir Formasyonları 179, 182, 186, 189
 Barbarossa Harekâtı 223
 barut 203, 209, 219, 221
 bataklık ormanları 270, 282
 Baykonur Uzay Üssü 207
 bazalt 21, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 169
 bazalt(ik) kayalar 150, 151
 Belçika 103, 277, 293
 belemnitler 146
 Beliz 36
 Bereketli Hilal 72, 74, 75, 77, 167, 277
 Bering Kara Köprüsü 59, 60, 61, 63, 96, 97, 201, 203
 Bessemer işlemi 176
 Beyaz Saray 144
 bindirme fayları 38, 39
 Biyolojik Eski Rejim 266
 Bizans İmparatorluğu 214, 220
 Boğaziçi, İstanbul Boğazı 112, 124, 125, 127
 Bojador Burnu 230, 231, 233
 Borneo 118
 Boston, Massachusetts 65
 Brahmaputra 99
 Brezilya 190, 245, 246, 251, 254, 259, 260, 261
 Brezilya Akıntısı 245, 246, 260
 Brouwer Güzergâhı 253, 258, 259
 Brouwer, Henrik 258, 259
 Buhara 199, 220
 buharla çalışan makineler 156

buhar motorları 268, 281
Bulgarlar 211, 213
Buonnaroti, Michelangelo 58, 143
Burgondlar 215
Burma 100
Bush, George W. 130
Bushveld Kompleksi 188
buzullaşma 41, 42, 49, 53, 65, 66, 181, 289
Büyük Hindistan Çölü 38
Büyük İskender 108, 124, 211
Büyük Macaristan Ovası 206
Büyük Oksidasyon Olayı, (BOO) 180, 181, 182, 288
Büyük Piramit 135, 136, 137, 146, 156
Büyük Ramses Tapınağı 141

C-Ç

Cabot, John 238
Cabo Verde Adaları 226, 228, 236, 254, 260
California 255, 297, 325, 334
Cape Cod 65
Cape Town 259
Carnegie, Andrew 277
Cebelitarık Boğazı 106, 109, 112, 125, 167, 225, 226, 228
Celile Gölü 115
Cengiz Han 214, 217
Cenova/Cenovalı 219, 220, 225
Ceuta 226
Cezayir 107
Cibuti 21, 28
Clarke, Arthur C. 101
Cleveland, Ohio 65
Cocos Levhası 36
Coleridge, Samuel Taylor 105, 218, 241
Coriolis etkisi 240, 243, 244

Cornwall 158, 167, 275
Cotswolds 142, 160
Çanakkale 126
çift toynaklı ya da artiodaktil 90, 91, 92, 94, 152
Çin 33, 37, 57, 58, 62, 72, 74, 75, 77, 86, 88, 90, 98, 99, 100, 118, 120, 121, 122, 128, 158, 166, 186, 190, 192, 193, 194, 195, 197, 198, 203, 205, 211, 212, 214, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 229, 235, 236, 252, 256, 257, 265, 267, 272, 293, 298
Çin Seddi 198, 212, 216, 265, 298
çört 26, 165, 179
ÇTM memeliler 92
Çungarya Geçidi 199, 206, 212

D

da Gama, Vasco 246, 251
darı 74, 77, 194
Dartmoor 155, 160
Deccan Tuzakları 151
Demir Çağı 165, 174, 176, 183
demiryolları 65, 107, 128, 161
Denisovan insansıları 25
deniz dar geçitleri 126, 128, 281
deniz ticareti 114, 115, 120, 128, 252
Detroit, Michigan 65
Devler Kaldırımı 151, 152
Dias, Bartolomeu 233, 234, 236, 246
Dicle Nehri 35, 74, 98, 114
Dicle ve Fırat nehirleri 35, 114
dinozorlar 149
disprosiyum 185
diyatomerler 180
DNA, insansıların 15, 55, 56, 57
Dogger Bank/Doggerland 102, 103, 104

doğalgaz 190, 287

Doğu Afrika 12, 17, 18, 20, 21, 22, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 40, 54, 89, 92, 114, 115, 200, 248, 295

Doğu Afrika Rift Vadisi 12, 20, 21, 22, 26, 28, 115, 295

Doğu Çin Denizi 120, 197

Doğu Hindistan Şirketi 229, 258

Doğu Hint Adaları 18, 104, 118, 119, 125, 126, 200, 250, 251, 258, 259

doldrum 241

Dover Geçidi 66, 68, 145, 146, 153, 162

Drake, Sir Francis 64, 256

Dublin 144

Durham 280

E

Ebu Simbel 141

Eden Projesi 158

Ege, Ege Denizi 106, 107, 124, 171

ekvator 18, 200, 205, 239, 240, 241, 244, 260, 270, 274, 285, 294

Elbruz Dağları 39

elektrik 183, 184, 278, 280, 289, 293, 294, 295

Elgon Dağı 22

Emevi Halifeliği 225

Eosen Dönemi 137

Erotosthenes 235

Etiyopya 20, 21, 23, 28, 37, 81

Etna Dağı 124

Etrüsk 36, 38

evcilleştirilebilir bitki ve hayvan türleri 98

EYG endeksi bkz. Enerji Yatırım

Getirisi 281

F

feldspat 156

Fenike/Fenikeliler 106, 108, 114, 167, 172, 227, 244

feodalizm 220

Ferrel hücreleri 243

Filipinler 254, 255, 256, 257, 258

fitoplankton 146, 282, 283

fotosentez 151, 180, 266, 269, 273, 282

Franklar 215, 216

Fransa 66, 145, 195, 215, 216, 254, 265, 275, 277, 293

G

Galler 161, 267, 274, 280

Galya 195, 215

Ganj 35, 75, 275

Genç Dryas olayı 71, 73

genetik çeşitlilik 55, 56

Getty Center 141

Gine Körfezi 232, 246, 260

ginkgo 88

Girit 107, 145, 170, 171, 172

Gize 135, 141, 156, 265

gnays 141

Goa 252

Gobi Çölü 194, 195, 198, 207

Gona, Etiyopya 28

Gondwana 147, 272, 273, 274

Grampian Sıradağları, Granada, İspanya 122, 156, 173, 216, 225, 226, 234, 238, 254, 256, 257, 258, 275

granit 136, 139, 140, 141, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 167

Grenville Dağları 162

Greko-Romen 209

Guatemala 36

Gulf Stream 53, 71, 244, 245, 295

günebakan 222
güneş rüzgârı 178
Güney Kore 128

H

Hadley hücreleri 240, 242, 243
Han Hanedanı 194, 195, 196, 197, 212
Harappa uygarlığı 35
Harzemşah 220
Hawaii 114, 229
Hayber Geçidi 199, 212
Hayfa 108
Hazar Denizi 111, 127, 199, 208, 210, 216, 222
hematit 179
Herodotos 82
hıyarcıklı veba 219
Himalayalar 20, 21, 35, 42, 52, 58, 111, 169, 194, 199, 200, 201, 204, 212, 249, 250, 275, 294
Hindukuş 199, 212
Hint Okyanusu 20, 21, 38, 114, 115, 117, 120, 121, 122, 125, 126, 197, 234, 236, 239, 244, 245, 246, 247, 250, 251, 252, 255, 258, 259
Hiung-nu 197, 211, 214
Hollanda 103, 104, 119, 258, 293
Hollanda Doğu Hindistan Şirketi 258
Holosen evre 42
Homeros 209
Homo erectus 25, 27, 32, 57
Homo habilis 25
Homo beidelbergensis 25
Homo neanderthalensis bkz.
Neandertaller 25
Homo sapiens 12, 17, 18, 25, 27, 32, 33, 34, 56, 92
Humboldt Akıntısı 254, 255
Hürmüz Boğazı 114, 127

İ

İberya Yarımadası 225
ihracat 190
iki ayak üzerinde yürüme 24, 26
iklim değişikliği 13, 34, 56, 71, 80, 208, 211, 214
ilk insanlar 23
İndus Nehri 114
İngiliz Kanalı 66, 67
İngiltere Kralı VII. Henry 238
insansı 17, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 57, 60, 62
İntertropik Yakınsama Bölgesi (İYB) 241, 249
İpek Yolu 116, 192, 197, 198, 199, 200, 202, 203, 204, 212, 219, 223, 235, 252, 267, 294
İsfahan 199
İskandinavya 204
İskenderiye Kütüphanesi 235
İskitler 211
İskoçya 64, 160, 162, 280
İslam dünyası 157, 220, 234
İspanya 122, 173, 216, 225, 226, 234, 238, 254, 256, 257, 258, 275
İsrail 62, 108, 172, 294
İstanbul ayrıca bkz., Konstantinopolis 214, 215, 219, 220
İsveç 295
İşçi Partisi 278, 279, 280
İtalya 111, 216, 294
itriyum 185, 186

J

Japonya 118, 128, 130, 191, 236, 252, 255
Jefferson, Thomas 65, 144, 155, 325

jeoloji 68, 140, 150, 159, 160, 162, 164, 280

Jura Dönemi 142, 146, 282

Jüpiter 46, 190

K

Kafkasya 195, 215, 222

Kalahari Çölü 200

kalay madenleri 166, 167, 173, 184, 255, 275

Kalmuklar 211

Kamboçya 100

Kambriyen Dönemi 161

Kanada 59, 69, 72, 96, 173, 188, 204, 205, 274, 285, 295

Kanarya Adaları 226, 227, 228, 230, 231, 232, 233, 234, 236, 237, 238

Kanarya Akıntısı 227, 233, 244

kaolin 156, 157, 158, 275

kapitalizm 104, 162

Karadeniz 69, 111, 112, 124, 125, 127, 195, 200, 206, 208, 213, 216, 218, 222, 223, 286

karanlık çağlar 227

Kara Ölüm 219, 220, 281, 287

Karayipler 71, 237, 238, 244, 259, 261

Karbonifer Dönemi 143, 269, 270, 271, 272, 274, 276, 277, 282

Karpat Dağları 195, 206, 213

Kartaca 108, 109, 111, 216

Kastilya 226, 234, 236

katalitik dönüştürücüler 188

Katoliklik 195

kauçuk 188

Kazak Stepleri 206, 207

Kenya Dağı 22

kereste 82, 88, 138, 139, 170, 263, 264, 265

kervanlar 90, 105, 114, 116, 197, 202, 203, 204, 210, 219

Keşifler Çağı 15, 103, 203, 220, 223, 225, 230, 253, 259

Kıbrıs 107, 167, 169, 170, 171, 172, 210

Kırgız 211

Kırım Yarımadası 137

Kızıldeniz 21, 82, 111, 114, 115, 116, 117, 125, 127, 141, 197, 202, 203

Kilimanjaro Dağı 22

Kış 80

kitlesel yok oluşlar 149, 150, 152, 153

klatrak buz 94

Kleopatra 108, 156

“Kleopatra’nın İğnesi” 156

kobalt 168, 184

kokolitler 282, 283

kokolitoforlar 146, 147, 148, 153

Kolomb, Kristof 62, 103, 119, 187, 235, 236, 237, 238, 243, 246, 248

Korint 123

Korsika 216

kömür havzaları 267, 280

kömür oluşumu 269, 274, 276

Krakatoa 118

Kretase Dönemi 50, 52, 89, 129, 131, 132, 145, 146, 149, 153, 160, 282, 284, 285, 286

Kuaterner Dönem 41, 42

Kubilay Han 218

Kunlun 200

kutup doğuluları 243

kuvars 149, 156, 157

kuvarsit 26

Kuveyt 127

Kuzey Atlantik Girdabı 245

Kuzey Denizi 66, 102, 103, 287, 295

Kuzey Kutbu 47, 48, 49, 50, 53, 54, 73, 88, 93, 99, 110, 232, 272, 285

Küba 237
 Küçük Antiller 237
 Küçük Buz Devri 205, 219
 Kükreyen Kırklar 53, 244, 258, 259
 küresel ısınma 41, 94, 289
 küreselleşme 14, 253, 254

L

Laetoli, Tanzanya 24
 lantanit 186
 Laurentia 162
 Laurentide Buz Örtüsü 59, 65
 Levant 32, 70, 74, 82, 83, 318, 324
 Lewis ve Clark 65
 likofitler 270
 Lineer A yazması 172
 lityum 176, 189, 191
 Lombardlar 215
 loncalar 220
 Londra Kulesi 142
 longoz 76
 lös toprakları 74, 194
 Lucy (insansı) 24, 28
 Luksor Tapınağı 141
 Lut Gölü 112
 Lübnan 108, 139, 172, 294

M

Macaristan 195, 206, 211, 217
 Macarlar 211, 213
 Macellan 64, 254
 Macellan Boğazı 64
 Mackenzie Nehri 69
 Madeira 226, 228, 230, 236, 237, 260
 Magna Carta 67
 Makau 252
 Makian 119
 Malabar Sahili 119, 247

Malaka Boğazı, Malezya 120, 121, 122, 125, 126, 128, 252, 258, 259
 Malavi 21
 Malay Yarımadası 120
 Mali 202
 mamutlar 42, 59
 Mançurya 205, 207, 211
 Manila Kalyon Güzergâhı 255, 256
 manyetik alan 178
 Marmara Denizi 124
 mastodon 75
 matematik 203
 Maya uygarlığı 36
 megafauna 63
 Meksika Körfezi 151, 285, 287
 memeliler 15, 22, 50, 63, 70, 75, 84, 88, 90, 91, 92, 93, 97, 149, 209
 mercan/mercan resifleri 203, 259, 288
 mermer 139, 140, 141, 143, 144
 Mezoamerika 36, 137
 Mezopotamya 35, 38, 74, 75, 79, 80, 81, 95, 114, 123, 138, 139, 163, 166, 167, 170, 193, 195, 202, 209, 211, 215
 Mezozoik Zaman 50
 Milankoviç döngüleri 28, 48, 49, 54, 69, 79, 289
 mimari 144, 172
 Ming Hanedanı 212
 Minos uygarlığı 171, 172
 Mississippi Nehri 130
 Missouri Nehri 64
 mitoloji 143, 170, 209
 Mogadişu 248
 Moğollar 211, 213, 214, 217, 218, 219, 220
 musonlar 119, 246, 248
 mür 202
 Müslümanlar 225, 226

Mykene 172

N

nadir toprak metalleri 177, 186, 190

Napoléon 68, 229

Natufianlar 71

Neandertal 57, 173

Neoklasisizm 144

Neolitik Çağ 165, 167

Nil Nehri/Nil Vadisi 11, 74, 80, 81, 108, 135, 136, 141, 156, 294

Ninova 80

Nippur 80

Norveç 64, 295

nummulitik 137, 141, 146

nüfus artışı 79

O-Ö

Obama, Barack 130

obsidiyen 26, 148

odun kömürü 166, 175, 264, 276, 277

ofiyolitin 169

Ohio Nehri 64

okyanus girdapları 244, 295

Okyanusya 57

Olduvan aletleri 28, 32

oolit 142

Orta Atlantik Sırtı 170, 229

Ortadoğu 57, 74, 90, 111, 125, 127, 137, 208, 211, 217, 219, 223

Osmanlı Türkleri 214

Ostrogotlar 215, 216

otçul memeliler 22

otlaklar; bkz. savanlar; stepler 22

ozon tabakası 151, 181, 182

Ögeday 217

Özbekistan 199

P

Paine Kuleleri 155

Pakistan 100, 293

paladyum 184, 187, 189, 191

Paleosen-Eosen Termal Maksimumu 93, 152, 153, 288

Paleozoik Çağ 149

Pamir Dağları 199

pampalar 205

Panama Kanalı 64, 127

Pangea 95, 110, 111, 147, 149, 151, 152, 162, 210, 270, 274, 275, 276, 284, 336, 338

Panthalassa 110

Parks, Rosa 132

Pasifik Çöp Girdabı 245

Pasifik Okyanusu 11, 128, 218, 229, 255

Patagonya Buz Örtüsü 64

“Pax Mongolica” 218

“Pax Romana” 218

Pearl Harbor 229

Peçenekler 211

Peloponez Savaşı 124, 125, 126

Pentagon 143

Pentagon, Virginia 144, 260

perissodaktıl 90

permafrost 43

Permien Dönem 110, 147, 149, 151, 152, 188

Pers 35, 209, 216, 281

Peru 76, 286, 295

pestisitler 222

petrol 86, 126, 127, 188, 222, 280, 281, 282, 284, 286, 287, 288, 295

pik demir 175, 176

piramitler 135, 136, 137, 138, 139, 141, 218

Pireneler 275

plankton 93, 146, 148, 152, 153, 282, 283, 284, 286, 295, 296
 platin grubu metaller (PGM) 177, 185, 187, 188, 191
 Polaris 47, 232
 Polo, Marco 267
 Pompei 171
 Pontus-Hazar Stepleri 206, 222
 Popocatépetl 37
 porselen 118, 121, 157, 158, 256, 275
 porselen ayrıca bkz., Çin porseleni 158
 Portekiz 225, 226, 227, 228, 231, 232, 236, 252, 254
 Portland taşı 142, 143
 Potosí 255, 258
 primatlar 17, 89, 296
 Protestan 67, 195
 Ptolemaios 108, 117
 puzolanik 172

Q

Qing İmparatorluğu 205
 Qin Hanedanı 194, 212

R

radylaryalar 148, 283
 Ravenscroft, George 148
 Reconquista 225, 226
 Ren Nehri 195
 Rocky Dağları 64, 222
 Rodinia 162
 Rove oluşumları 179
 Rubülhali 201

S-Ş

Sahra Çölü 75, 97, 200, 228, 231
 Sanayi Devrimi 15, 41, 86, 87, 104, 131, 138, 158, 159, 161, 176, 261, 267, 269, 271, 274, 276, 277, 288, 295

São Tomé 233
 Sardunya 106, 216
 Sargasso Denizi 245
 Satürn 190
 savan 12, 18, 63, 200
 savaş arabaları 85, 123
 Sefidab 38
 sekoya 87
 Semerkant 204, 220
 Senozoik Soğuma 19, 49
 Senozoik Zaman 54, 89
 sera etkisi 20, 54, 93, 150, 181
 sera gazları 48, 52, 94, 288
 seramik 157, 158, 165, 171, 183
 Serengeti Çölü 43, 283
 Seylan ayrıca bkz., Sri Lanka 118
 Sibirya Tuzakları 150, 152, 188
 Sicilya 111, 124, 216
 Sina Yarımadası 32, 56
 siyanobakteri 180, 182
 Smith, William 159
 sönmemiş kireç 147
 Sparta 123, 124
 step göçebeleri 222
 stepler 43, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 214, 215, 216, 219, 220, 222, 295
 Stonehenge 145
 St. Paul Katedrali 142
 Strabon 117, 235
 su çarkları 261, 265, 267, 276, 289
 Sumatra 118, 120, 126, 259
 Suriye 108, 172, 294
 Suudi Arabistan 127
 Sümerler 139
 süpernova 177
 sürüngeñler 87, 90, 142
 Süveyş Kanalı 114, 127

Şah Cihan 257
 şehir devletleri 82, 106, 107, 122, 123,
 124, 252
 şist 65, 161, 162, 163, 179, 273, 284, 287

T

Tac Mahal 257
 tahıl ürünleri 77, 78, 79, 94, 97, 132
 Taklamakan Çölü 195, 198, 199
 tantal 185
 Tanzanya 21, 24, 28
 tarım 15, 34, 35, 37, 38, 62, 65, 68, 70,
 71, 72, 73, 75, 77, 79, 80, 82, 85, 86, 89,
 95, 98, 103, 107, 123, 133, 138, 147, 167,
 172, 174, 188, 194, 209, 210, 211, 212,
 213, 214, 219, 220, 221, 222, 223, 263,
 265, 268, 282, 288, 289, 294, 295, 296
 Tarım Havzası 198
 tayga 88, 204, 205
 Tazmanya 58, 104
 Teays Nehri 65
 Teb 141
 tebeşir 50, 140, 144, 145, 146, 147, 148,
 149
 Tebriz, İran 39
 tektonik levhalar 19, 35, 106, 275
 tektonik süreçler 22, 31, 40, 167
 tek toynaklı ya da perissodaktil 90, 91,
 92, 94, 152, 208
 termohalin döngüsü 286
 Tetis kireçtaşı 143
 Tetis Okyanusu/Denizi 109, 111, 113,
 137, 282, 284, 285, 287
 Tian Shan 198, 199, 200, 206
 Tibet 20, 37, 98, 99, 100, 194, 195, 198,
 199, 200, 249, 250, 294, 328, 333, 336,
 338, 339
 ticaret rüzgârları 81, 228, 237, 240,
 241, 243, 244, 245, 249, 250, 254, 260

Ticino Nehri 148
 Tidore 119
 Timbuktu 202
 Toros Dağları 83, 172
 Trafalgar Savaşı 68, 125
 traverten 141
 Trias Dönemi 146, 150
 Trodos Dağları 169, 172
 Troya Savaşı 209
 Trump, Donald 130
 tsunamiler 35
 Tuna Nehri/Vadisi 195, 206, 213, 214,
 215, 216
 Tunç Çağı 106, 113, 165, 166, 167, 170,
 173, 184, 209
 tundra 42, 43, 63, 88, 204, 205
 tungsten 177
 Tunus 107, 108, 111
 turba 269, 271, 273, 274, 275
 Türkiye 74, 79, 95
 Türkmenistan 199
 tütün tarlaları 260

U-Ü

Ukrayna 127, 211
 Ur 80
 Ural Dağları 173, 206, 210, 275
 uranyum 177, 190, 191
 Uruk 80
 Uygurlar 211
 Üç Köşeli Ticaret 253
 Ümit Burnu 127, 230, 233, 234, 236,
 258
 Ürdün Vadisi 115

V

Vandallar 215, 216
 Variskan Orojeni 275

Vega 47

Venedik 106, 121, 149, 219, 220, 225

Venezuela 238, 287

Vietnam 100

Virginia 260

Viyana 217

volkanik patlama 22, 94, 150, 172, 183

W

Waterloo Savaşı 229

Wight Adası 145, 228

Y

yağmur ormanları 21, 88, 200, 228,

231, 239, 283, 294

Yahudi 92

yakınsak levha sınırları 143, 169

yalpalama 31, 47, 273

“Yaşlı Gemici” 241

Yeni Gine 20, 58, 72, 75, 76

Yeni Zelanda 42, 244

Yuan Hanedanı 98, 218, 219

Yunanistan 114, 122, 123, 124, 143, 215

Z

Zafer Takı 209

Zagros Dağları 35, 81, 115

Zedung, Mao 98

ziguratlar 139

zooplankton 282, 283

İnsanlık tarihi hakkında konuştuğumuzda, genellikle uluslararası aktörlere, büyük liderlere ya da tarihe damga vurmuş savaflara odaklanılır. Peki ama yeryüzünün kendisi kaderimizi nasıl belirlemiş olabilir?

Gezegemizdeki ani iklim değışiklikleri göçebe toplumdaki tarım toplumuna geçişı tetikledi. Dağlık arazi özelliğı Yunanistan'da demokrasinin gelişmesine yol açtı. Atmosfer dolaşımının yapısı coğrafi keşiflere, sömürgeleştirmeye ve ticaretin ilerlemesine yön verdi. Bugün bile ABD'nin güneydoğusunun siyasi haritası nihayetinde antik bir denizin 75 milyon yıllık tortuları tarafından biçimlendirilmeye devam ediyor. Her yerde gezegenin insan üzerindeki derin izleri var.

Kökenler, ilk ekinlerin yetiştirilmesinden modern devletlerin kurulmasına kadar ayaklarımızın altındaki yeryüzünün insan uygarlıklarının şekillenmesi üzerindeki nefes kesici etkisini inceliyor.



Jeoloji | Antropoloji

Tellekt

www.tellekt.com

ISBN 978-625-7118-05-7



9 786257 118057

47,5 TL