

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>

Salomon Kroonenberg

ÇEVİRİ

Ali Özdamar

ON BİN YIL SONRA DÜNYA

*İklim Felaketi Tartışmalarına
Farklı Bir Yaklaşım*



KitapYAYINEVİ

ON BİN YIL SONRA DÜNYA



KİTAP YAYINEVİ – 219
DOĞA VE BİLİM DİZİSİ – 15

ON BİN YIL SONRA DÜNYA; İKLİM FELAKETİ TARTIŞMALARINA FARKLI BİR YAKLAŞIM / SALOMON KROONENBERG

ÖZGÜN ADI
DE MENSELIJKE MAAT. DE AARDE OVER TIENDUIZEND JAAR

ESERİN TÜRKÇE BASIMI
NEDERLANDS LITERAIR PRODUCTIE-EN VERTALINGENFONDS
DESTEĞİYLE GERÇEKLEŞTİRİLMİŞTİR.

DE MENSELIJKE MAAT © 2005, SALOMON KROONENBERG
İLK KEZ UYGEVERIJ ATLAS (AMSTERDAM) TARAFINDAN BASILAN BU KİTABIN TÜRKÇE BASIMI
KALEM FİKRİ HAKLAR KOORDİNASYON MERKEZİ'YLE
YAPILAN ANLAŞMA CEREĞİNCE GERÇEKLEŞTİRİLMİŞTİR
© 2009, KİTAP YAYINEVİ LTD.
TANITIM İÇİN YAPILACAK KISA ALINTILAR DIŞINDA HİÇBİR YÖNTEMLE ÇOĞALTILAMAZ

ÇİZİM VE ŞEKİLLER
© GEOMEDIA, UTRECHT UNIVERSITY, THE NETHERLANDS

ÇEVİRİ
ALİ ÖZDAMAR
BU ÇEVİRİ, KİTABIN DER LANGE ZYKLUS, DIE ERDE IN 10000 JAHREN
ADLI ALMANCA EDİSYONUNDAN YAPILMIŞTIR.

DÜZELTİ
EYLÜL DURU

KİTAP TASARIMI
YETKİN BAŞARIR

KAPAK
UMUT SÜDÜAK

TASARIM DANIŞMANLIĞI
BEK

GRAFİK UYGULAMA VE BASKI
MAS MATBAACILIK A.Ş.
KÂÇİTHANE BİNASI
HAMİDİYE MAHALLESİ, SOĞUKSU CADDESİ NO. 3
34408 KÂÇİTHANE-İSTANBUL
SERTİFİKA NO: 12055
T: (0212) 294 10 10 F: (0212) 294 90 80
E: INFO@MASMAT.COM.TR

1. BASIM
MART 2010, İSTANBUL
ISBN 978-605-105-045-4

YAYIN YÖNETMENİ
ÇAĞATAY ANADOL

KİTAP YAYINEVİ LTD.
KÂÇİTHANE BİNASI
HAMİDİYE MAHALLESİ, SOĞUKSU CADDESİ NO. 3/1-A
34408 KÂÇİTHANE-İSTANBUL
SERTİFİKA NO: 12348
T: (0212) 294 65 55 F: (0212) 294 65 56
E: KİTAP@KITAPYAYINEVI.COM
W: WWW.KITAPYAYINEVI.COM

On Bin Yıl Sonra Dünya

İklim Felaketi Tartışmalarına Farklı Bir Yaklaşım

SALOMON KROONENBERG

ÇEVİRİ
ALİ ÖZDAMAR



KitapYAYINEVİ

Corrie, Eefje ve Sal için

İÇİNDEKİLER

- 1- İNSANİ ÖLÇÜ 7
- 2- HAZAR ZAMAN MAKİNESİ 19
- 3- ATALAR 41
- 4- RICHTER ÖLÇEĞİ VE BAK'IN KUMU 63
- 5- KOLEKTİF BELLEK 85
- 6- PATLAMALARIN EN BÜYÜĞÜ 109
- 7- SICAK DALGALARI, SOĞUK DALGALARI 131
- 8- BUZ ÜSTÜNDE BUZ 145
- 9- YORGANIN ALTINDA 165
- 10- BEKÇİLER, UYUYANLAR, RÜYA GÖRENLER 179
- 11- ÜÇ KERE TUFAN 195
- 12- AKIŞ YUKARI ZAMAN 215
- 13- ORMANLAR SONSUZA KADAR ŞARKI SÖYLER Mİ? 235
- 14- STEPHEN JAY GOULD'IN ESRARI 253
- 15- ON BİN YILINDA 273
- Sonsöz 285
- BİTİRİRKEN 292
- KAYNAKÇA 294
- Ek: JEolojik ZAMAN CETVELİ 310
- ŞEKİL/FOTOĞRAF KAYNAKLARI 312
- DİZİN 315

İNSANİ ÖLÇÜ

"... me dijo: el mundo avanza. Sí, le dije, avanza, pero dando vueltas alrededor del sol."

"... şöyle dedi bana: 'Dünya ilerliyor.' 'Evet,' dedim ben de, 'ilerliyor, ama güneşin çevresinde dönerek.'"

GABRIEL GARCÍA MÁRQUEZ, *Memoria de Mis Putas Tristes*, 2004

On bin yıl önce bahar geldi. İskandinavya'yı kaplayan göz alıcı buz örtüsü güneş altındaki kar gibi erimeye başladı ve Baltık Denizi açılan boşluğu doldurmak için seğirtti. Deniz seviyesi hızla yükseldi ve buzul çağında kuru olan topraklar giderek sular altında kaldı. Baltık Denizi kuru olduğu sürece yüz binlerce yıl Portekiz kıyısı önünde kışlamış olan ayıbalıkları sonunda gerisingeri tekrar Wattenmeer'e¹ yüzdü. Kuzeybatı Avrupa'nın kutup çölü birdenbire yeşile büründü. Böcekler bitki tohumlarını kuzeye taşıdı ve ağaçlar birbirinin ardı sıra Alpler'in gerisindeki sıcak sığınaklarından sökün etti, önce huş, derken çam, daha sonra meşe ve en son kayın. Kimin en hızlı olduğunu görmek için yarışa tutuştular: Tohumları ne denli hafifse, hedefe o denli önce vardılar.

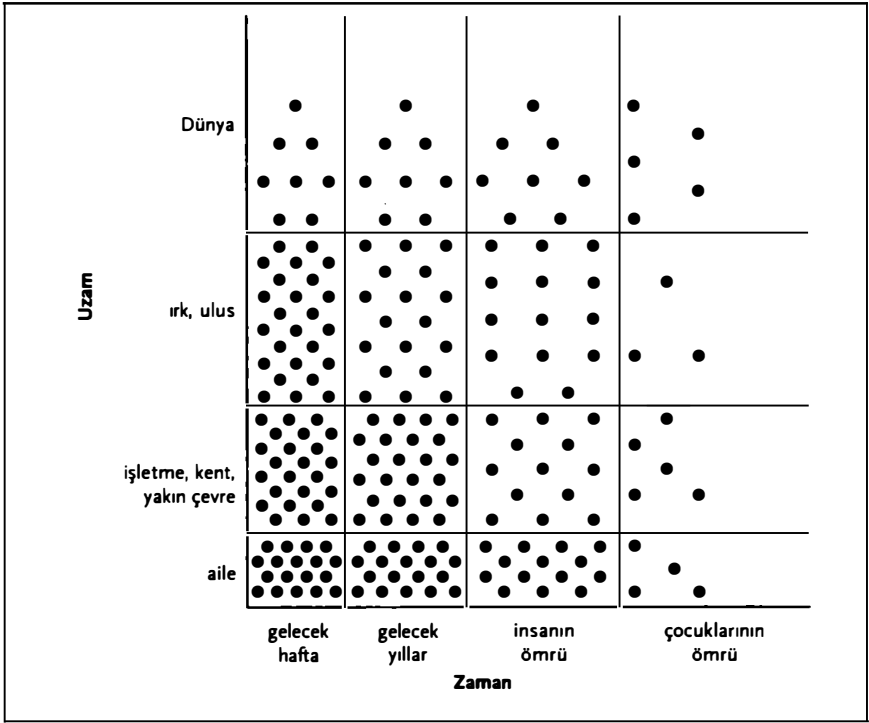
Atalarımız hayvan derisinden paltolarını çıkardılar, son kalan matutları afiyetle yediler ve gittikçe yeşillenen Ortadoğu'da tekrar tekrar yeni avlanma alanları ve balık havzaları aramak zorunda kalmamanın yolları bulundu. En lezzetli birkaç otun tohumları işaretli alanlara ekildi ve çok geçmeden bu şekilde eskisinden çok daha iyi besin maddeleri üretilebileceği keşfedildi. Bu keşif Avrupa'yı çarçabuk fethetti. Bitkiler, hayvanlar, insanlar –hepsi hızla ısınan iklimden etkilendi.

Artık yaz ortasındayız. Biz insanlar başarılı, ama dertli bir tür olarak geliştik. İklim az çok dengeli, ama biz yine de yüzyıl sonra bir derece daha sıcak olmasından korkuyoruz. Deniz seviyesi artık neredeyse hiç yükselmiyor, ama sanki hayati tehlike içindeymişiz gibi davranıyoruz. On bin yıl önce tarımı keşfetmemiz sayesinde sınırsız çoğalabilirdik, ama tam da bun-

dan kaçınmak için doğum kontrol hâpı alıyoruz. Hiçbir zaman bugünkü kadar çok olmadığı halde, çevremizdeki hayvan ve bitki türlerinin çeşitliliğinden endişe duyuyoruz. Tarlalarımızda Irak tahılı, Meksika mısırı ve Andlar'ın patatesi bitiyor, bahçelerimiz Türkiye'nin laleleri ve Madagaskar'ın ormangülleriyle dolu. Tropikal balıklı akvaryumlara ve bol miktarda egzotik evcil hayvana sahibiz. Karşılaştığımız afetler bizi üzüyor, ama bu afetlerin birçoğu sadece yanardağların, faal fay hatlarının üstünde, çöküntü kıyılarda ve taşkına uğrayabilecek ırmakların kaynaklarına doğru yerleştiğimiz için afete dönüşüyor. Ormanları kendi elimizle kestik, bu yüzden ırmaklar daha fazla su taşımak zorunda kalıyor; turbayı' kazıp çıkaran biziz, bu yüzden karalar deniz seviyesinin altında kaldı ve denizler karaların içine girebildi. Suçluluk duygularına boğulmuş kuruntulu insanlar olduk.

Oysa bu suçluluk duyguları bir lüks –farkında olmasak da yaz mevsiminde yaşıyor olmamıza borçlu olduğumuz bir lüks. Doğa yazın ortasında bize iyilikle davranıyor, öyle ki biz de iklimde görülen küçük zirvelerle ve deniz seviyesi grafiğindeki neredeyse görünmez dalgalanmalarla meşgul olabiliyoruz, çünkü doğayı sadece bizim insani ölçümüzle ölçüyoruz. Ne var ki on bin yıl sonra güz başlıyor. O zaman aşırı coşku son bulacak. O zaman buz örtüsü geri gelecek ve deniz seviyesi yeniden alçalacak. O zaman ayıbalıkları tekrar Portekiz'e dönmek zorunda kalacak, bahçedeki ormangüllü donacak ve kürk karşıtı eylemciler Alpler'in ötesine kaçacak. Yanardağlar kısa insanlık tarihinde görülmemiş bir şiddetle patlayacak. Ancak o zaman doğanın ölçeklerinin insani ölçüden daha büyük olduğunu göreceğiz.

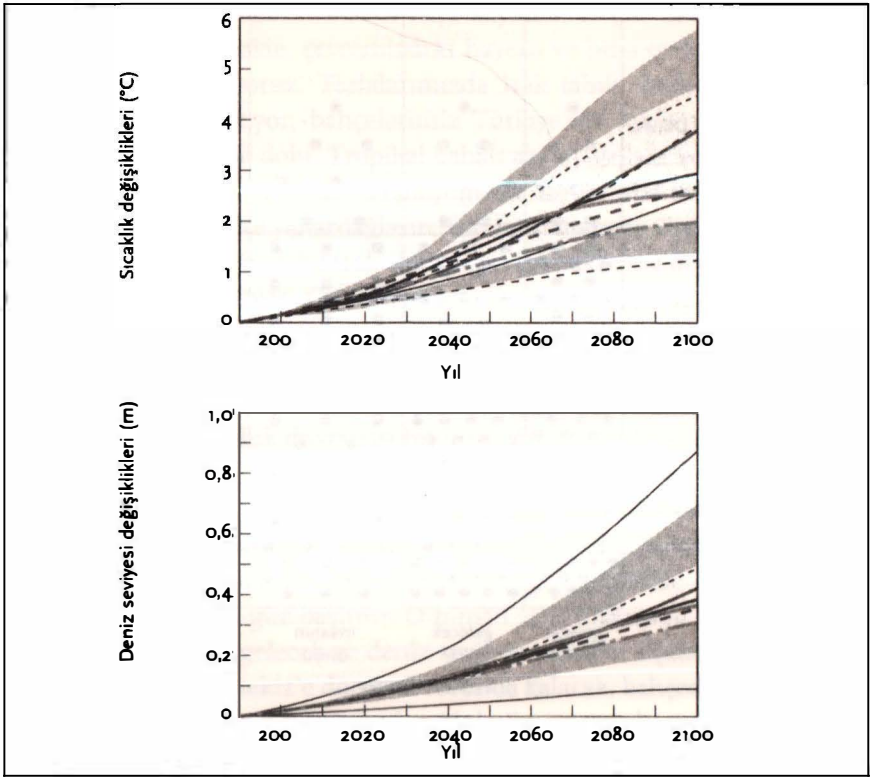
Peki, nasıl oluyor da bu gerçeği örtbas ediyoruz? Nasıl oluyor da geleceğin bütün sorunlarını körü körüne gelecek kuşakların sırtına yüklüyoruz? Şimdi itirazlar duyuyorum: Bu hiç de doğru değil! Biz aksine gelecekle çok yoğun bir şekilde ilgileniyoruz. Durmadan gelecek kuşakları düşünüyoruz. Sürdürülebilir bir dünya için uğraş veriyoruz. Sürdürülebilirlik, Brundtland Raporu'na göre: "Var olan kuşağın ihtiyaçlarını, gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneklerini tehlikeye atmaksızın karşılamak." Pekâlâ, burada kaç kuşaktan söz ediyoruz, diye soruyorum kendime. Cevap şöyle: Torunlarımız da refahı tadabilsinler. İnsani ölçünün küçüklüğü herhalde daha iyi örneklenemez! Torunlar! Bizi yaşayan insanlar olarak hâlâ



Şekil 1. İnsan ufku: Uzamsal ve zamansal ufuk insandan insana değişse de, her insanın katılımı uzam-zaman cetvelinde bir yere oturabilir. İnsanların çoğu sadece aile veya arkadaşlarına ilişkin etkenlerle, o da yalnızca kısa süreli olmak üzere ilgilenir. Birkaçı daha uzun bir zaman dilimini veya daha büyük bir bölgeyi –bir kenti ya da halkı– dikkate alabilir. Ne var ki pek az insanın ufku tüm dünyaya ve uzak geleceğe uzanır.

anımsayan tek tek herkes iyi olsun, aksi takdirde her şeyi yele vermenin suçu bize yüklenir. İki kuşak, elli yıl. Ondan sonra ne olacağına kendileri bak-sınlar. Yoksa yanlış mı düşünüyorsunuz? Gelin, Roma Kulübü’nün 1971 raporuna bir kez daha göz atalım. Orada küçük, hoş bir grafik var: İnsani ufkun uzamsal ve zamansal çizelgesi (Şekil 1). Peki, burada ne deniliyor?

“Uzak gelecek” demek: Çocukların ömrü kadar demek, yatay eksen bunu gösteriyor. Raporun devamından anlaşıldığına göre ufkunuz 2100 yı-



Şekil 2. İPCC'nin çeşitli senaryolara göre 2100 yılına kadar sıcaklık ve deniz seviyesi değişikliklerine ilişkin tahminleri.

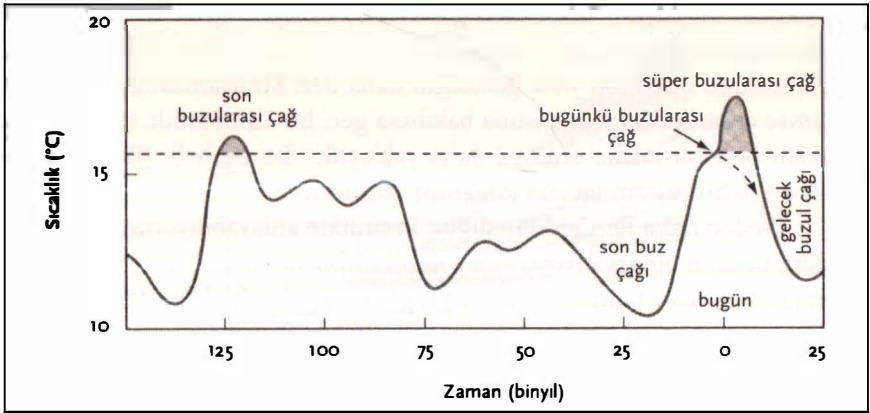
lıdır. İrokliler bile daha uzun vadeli düşünüyorlardı: Reisleri, eylemlerinin sonuçlarını daima yedinci kuşağa kadar düşünüp taşınmak zorundaydı. Eğer bir kuşak yirmi beş yıl devam ediyorsa, bu düşünme süresi belki ancak 2200 yılına kadar erişecektir. Ne var ki gelecek tahminleri alanında en büyük üreticilerden biri olan Intergovernmental Panel on Climate Change [Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli], kısaca IPCC, bunu bile göze alamıyor. Onun grafiklerine bir bakın. Şekil 2 ve 3 iklim tartışmasında aşağı yukarı en çok kopya edilen grafiklerdir. Bunlar sıcaklık ve deniz seviyesi

değişikliklerine ilişkin tahminleri gösteriyor. Burada harika derecede doğru modellerden söz ediyoruz, ama bunlar da hâlâ 2100 yılına kadar gidiyor. Roma Kulübü'nden⁴ bu yana geleceğin daha ileri bir aşamasına göz atmaya kimse cesaret edemedi. Aslına bakılırsa geri bir adım atıldı, çünkü o zamandan beri bu tarihe otuz yıl daha yaklaştık –bu besbelli [Roma Kulübü'ne ait] tahminlerin en son kullanım tarihidir.

Neden daha ileri gidilmediğini kesinlikle anlayabiliyorum. Grafiğin eğrileri, uçuşan bir arı sürüsü gibi o denli birbirinden uzaklaşıyor ki sonraki bir geleceğe dair tahminler fazlasıyla güvensiz olurdu. Hava tahminlerinde de on günden öteye gidemeyiz, ondan sonrası fazla güvensiz olur. Bura-yı kadar her şey yolunda sayılır.

Gelgelelim bir ay sonrasının hava şartlarını tahmin edemesek de, yazın ardından güzün geldiği kehanetinde bulunabiliriz. Bunun için havanın iki hafta ya da bir ay sonra nasıl olacağını bilmemiz gerekmez. Daha uzun vadeli bir çevrimselliğin, Dünya'nın Güneş çevresindeki yörüngesinin bilgisi bize yeter. Bu zaten dört buçuk milyar yıldır var olan astronomik bir çevrimdir. Öyleyse 14 gün sonra hava iyi de olsa kötü de olsa yahut dünya bugün insanların katkısıyla ısınsa da ısınmasa da –güz ve kış her durum-da olacak. Sadece kışın sert mi yumuşak mı geçeceğini bilmiyoruz.

Aynı şekilde, halihazırda yaşamakta olduğumuz iklimsel yaz ortasını bir sonraki buzul çağına tedrici soğuması izleyecek. Bunun için iklimin 2100 veya 2200 yılında şimdikinden daha mı sıcak, daha mı soğuk olacağını bilmemiz gerekmez. Çünkü buzul çağı ve sıcak dönemler arasındaki geçişler yaz ile kış arasındakile kıyaslanabilir, yalnız daha büyük ölçekli olan bir çevrimselliğin, Milankoviç çevrimselliğinin hükmü altındadırlar. İklim yüz bin yılda tam bir çevrimden geçer ve bu çevrim dört buçuk milyar yıldır var. Son yıllarda görülen sıcaklık artışları nasıl ki mevsimleri durduramazsa, bir sonraki buzul çağına gelişini de engelleyemez. Belki gelecek buzul çağı, insani katkıyla, aksi takdirde olacağından daha az soğuk, yumuşak bir buzul çağı olacak. Yine de kaçınılmaz olarak gelecek. Ve kışın ne zaman başladığını nasıl biliyorsak, bir sonraki buzul çağına ne zaman olacağını da hesaplayabiliriz: 23.000 yıl –bin kuşak– sonra tam ortasındayız.



Şekil 3. Son 150.000 yılın, *Homo sapiens* döneminin gelecek 25.000 yılı da içeren iklim eğrisi.

Bir politikacı gelecek seçimleri, bir devlet adamı gelecek kuşağı düşünür, ama gelecek bin kuşağı kim düşünür? Hiç kimse. Bu kitap, artık biraz daha uzun vadeli düşünme adına yapılmış bir savunma konuşmasıdır. Geriye, insanlığın tarihine, gezegenlerin tarihine bakmaya gelince hepimiz çok akıllıyız. Öyleyse niye bu kez biraz daha uzak bir geleceğe bakmıyoruz? Çünkü bugün, yarın geldiğinde dün olmuş olacak. Üstelik bunun için milyarlarca yıl sonrasına, Güneş'in ölümüne ve Dünya'nın soğumasına kadar gitmemize bile gerek yok. H. G. Wells'in *Zaman Makinesi*'ndeki 802701 yılını da dikkate almayabiliriz. Hayır, sadece yeryüzündeki süreçlere dair bugünkü bilgimizle önümüzdeki on bin yılı görmeye çalışalım.

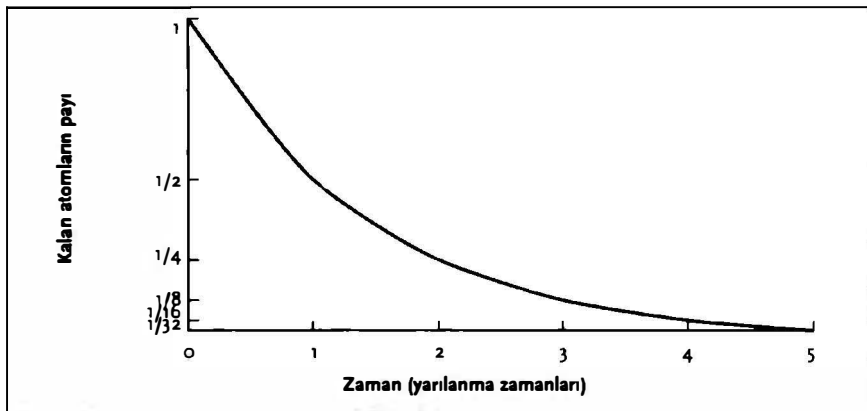
Peki, bunu neden yapmalıyız? Birincisi, günümüzde iklimin ısınması gibi yalnızca tek yönde gelişen birkaç eğilimin o zaman, gelecek buzul çağı doğrultusunda yönünü değiştirmiş olabileceği için yapmalıyız. Bu sırada, şimdiki insani ölçüyü aşan uzun bir çevrimin büyükçe bir kesimini göreceğiz. Ve beynimizin bir köşesinde büyükçe zaman dilimlerine ait bilgiyle, daha kısa zaman dilimleri için belki başka kararlar da alırsınız. Belki 400 kuşak sonra insanlar, bugün atmosfere üfürdüğümüz bütün bu karbondioksitten memnun kalacaklar, çünkü o zaman yaşadıkları güz mevsimi o kadar soğuk olmayacak.

İkincisi, doğa afetlerinin oluşumunu daha derinlemesine kavramak için uzak geleceği görmek istiyoruz. Çünkü bir olay ne denli çarpıcıysa, o denli nadirdir. Deprem ya da yanardağ patlaması, su baskını ya da göktaşı çarpması ne denli büyükse, aynı çapta bir olayın vuku bulması da o denli uzun sürer. Richter ölçeğine göre 8 büyüklüğündeki bir deprem, 7 büyüklüğündeki bir depremden on kez daha şiddetli, ama on kez de daha seyrek-tir, çünkü aralarında logaritmik bir ilişki var. Jeoloji tarihinden bildiğimiz mümkün en büyük afetlerden, insanlık tarihinin kısa süresi içinde henüz birini bile yaşamadık. Bunlar da insani ölçüyü aşıyor. Ne var ki gelecek kuşaklar herhalde bunlarla karşılaşacak.

Peki, neden on bin yıl? Geleceği düşünme konusunda son psikolojik kilometre taşları, George Orwell'ın 1984 yılı ve 2000 yılı bu arada geçmişte kaldı. Şimdi içinde yaşadığımız dönem, holosen, on bin yıl önce başladı. Bu bölümün başlangıcını oluşturan "bahar" dı bu ve jeoloji tarihinden bildiğimiz kadarıyla bizinkisi gibi sıcak dönemler çoğunlukla on bin yıldan çok daha uzun sürmüyor. Hollanda'da, on bin yılda bir meydana gelen fırtına kabarmalarına⁵ karşı seddeler inşa edilmiştir. Irmakların üstündeki barajların on bin yıl dayanması gerekir. Patlayalı on bin yıl geçmemiş yanardağlara faal gözüyle bakılır. Radyoaktif atıkların Amerika Birleşik Devletleri'nde on bin yıl dokunulmadan depolanması zorunludur. Ve en yakın akrabamız, Flores'li küçük adamın⁶ nesli tükeneli on bin yılı çok aşmıyor. İşte bu sebeple güzü düşünmenin zamanı geldi.

Kuşaklar içinde düşünmek, insani ölçünün sınırları içinde düşünmektir. Oysa doğanın logaritmik ölçüsü içinde gelecek yüzyılı değil, on bin yılı düşünmeyi öğrenmeliyiz. Ve zaman cetvelinde sadece bir adımı, bin yıl ilerisini değil; iki adımı, on bin yıl ilerisini düşünmeliyiz. Çünkü bu on bin yıl içinde, her binyılda bir tekrarlanan olayların gerçekten vuku bulma şans da en azından yüksek olacaktır.

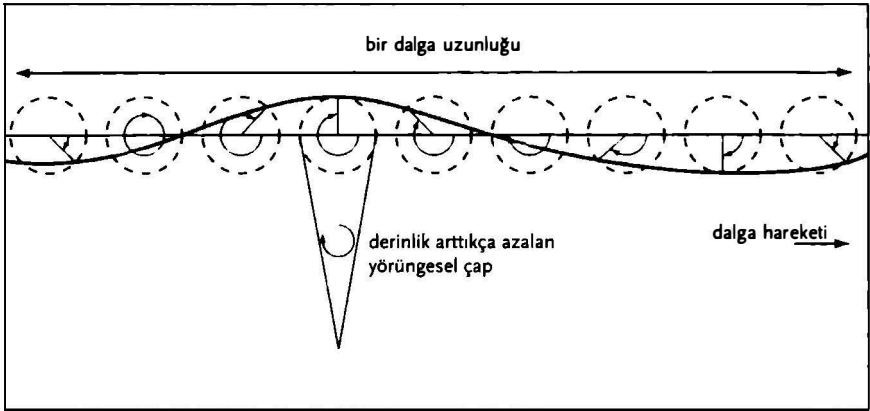
On bin yıl, çoğu insan için soyut bir sayıdır. "On bin yıl! Tam siz jeologlara göre! Sizler hep milyonlarca yıldan söz edersiniz," diye suçlanıyordunuz. Gelgelelim aynı insanlar lotoda bir milyon kazanmaya karşı çıkmıyor, çünkü birdenbire on bin avro ile bir milyon avro arasındaki farkı biliyorlar. Ancak burada, insanlara bir milyon avroluk bir kazançla ne yapacakları ko-



Şekil 4. İrmak olarak zaman: Radyoaktif maddeler sabit bir hızla çözünür; bir yarılanma zamanından sonra artık başlangıçtaki atomlarının sadece yarısı geride kalır, iki yarılanma zamanından sonra sadece bir çeyreği vb. Yerkabuğunun en önemli elementi olan uranyum-238'in yarılanma zamanı Dünya'nın yaşı kadar olup dört buçuk milyar yıldır. Demek ki Dünya meydana gelirken mevcut olan toplam uranyumdan geriye bugün sadece yarısı kalmıştır.

nusunda yardımcı olan özellikle bunun için eğitilmiş danışmanlar bulunduğunu kabul etmeliyim. Aslında kendimi tıpkı böyle bir danışman gibi hissediyorum, yalnız insanları jeolojinin insanlığa verdiği en büyük armağan olan zamanın derinliği konusunda aydınlatmak istiyorum.

1968 yılındayız. Öğrenci başkaldırısı dışarıda tüm şiddetiyle sürüyor. Laboratuvarıda oturmuş mikroskopta ince kumtaşı levhacıklarına bakıyorum. Bunlar, bir zamanlar bugün Pireneler'in bulunduğu yerde akan büyük bir çöl ırmağının dip tortusunu meydana getiren köşeli kum taneleri. Derken bir ayrıntı dikkatimi çekiyor. Daha güçlü bir mercek alıyor ve açık renkli, yuvarlak bir kum taneciğini netliyorum. Bu taneciğin içinde bir şey hareket ediyor. İlk düşüncem, "Böyle bir şey mümkün değil," oluyor. Bu kaya parçacığı 250 milyon yaşında ve çoktan hayatietini kaybetmiş. Hayır, bu incecik parçanın üstünde bir karınca, bir yaprak biti yok, kumtaşı diliminin, kuvars taneciğinin içinde gerçekten bir şey bulunuyor. Daha güçlü bir mercek alıyorum. Kuvarsın içinde sıvıyla dolu minicik bir mağara var ve bu sıvının içinde inanılmaz derecede küçük kırmızı bir kü-



Şekil 5. Dalga olarak zaman: Rüzgâr su zerrecelerini dairesel bir harekete iter, böylece su yüzeyinde bir dalga meydana gelir.

recik bulunuyor. 250 milyon yıldır hedef ve yön gözetmeksizin, görünmez küçük akıntıların etkisiyle aşağı yukarı oynuyor. Stajı, ödevimi, çevremdeki diğer öğrencileri unutuyor ve ilk kez zamanın sonsuz derinliğine dalıyorum.

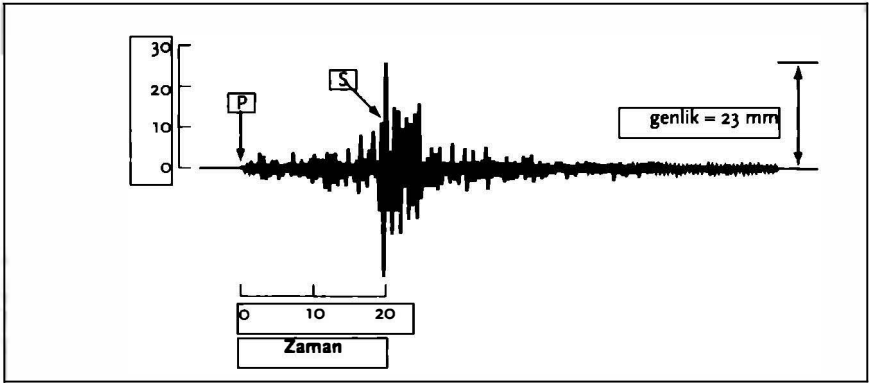
İnsanların geleceğe bakmasını güçleştiren sadece büyük zaman dilimleri değil. Dünyevi süreçlerin zaman içindeki farklı etki tarzları da bunu zorlaştırıyor. Bu kitabın temelini zamanın üç belirme şekli oluşturuyor: İrmak olarak zaman, dalga olarak zaman ve uyarı [impuls] olarak zaman. İlk belirme şekli, ırmak olarak zaman, en basiti görünüyor (şekil 4): Jeoloji tarihi aynı yönde ilerler, radyoaktif parçalanma ya da Büyük Patlama'dan bu yana genişleyen evren gibi, her biri kendi başına yeniden önceki olaylardan doğan, geri dönüşü olmayan bir zincirleme olaylar dizisidir –hep aynı yöne doğru ilerler, çünkü bir olayı bir sonraki takip eder. Eskiden insanlar hayatın evriminin hep daha karmaşık yaşam şekillerine, kaçınılmaz olarak yaratılışın doruğuna, insana doğru gitmesi gerektiğine inanıyorlardı. Stephen Jay Gould, *Time's Arrow, Time's Cycle* (1987) başlıklı kitabında bunu “time's arrow,” zamanın oku, diye adlandırır. Bu, en çok da insanın zamanı yaşama tarzına benzer. Yeniden bir doğum gününüz gelir, bir yıl daha yaşlanır-

sınız. *Life is hard and then you die.*⁷ Zaman ilerler, zaman akıp gider, insan aynı ırmakta iki kez yıkanamaz, *hora ruit, tempus fluit.*⁸

Aralarında Belçikalı Nobel Ödülü sahibi Ilja Prigogine'nin de (1917-2003) bulunduğu kimi fizikçiler, zamanın ok olarak var olmadığını ve geçmiş ile geleceği ancak bir gözlemcinin birbirinden ayırt edebileceğini öne sürüyorlar. Belki bu kitabı yazmama hiç gerek de yoktu.

İkinci belirme şekli, dalga olarak zaman, dolaşımlarla ilgilidir: Kan dolaşımı, nefes alıp verme, gece ve gündüz, yaz ve kış, buzul çağı ve holosen⁹ –bütün bunlar bir çevrimle bağlantılıdır (şekil 5). Dünya kendi ekseni etrafında döner, Dünya Güneş'in etrafında döner. Okyanusların suyu buharlaşır, bulutlar oluşturur, bunlar yağmura dönüşür, okyanusa geri döner –ve hidrolojik çevrim tamamlanır. Yerkabuğunu meydana getiren levhalar birbirine doğru hareket eder, birbiriyle çarpışır ve tekrar birbirinden uzaklaşır, bu tektonik¹⁰ çevrimdir. Bir yanardağ patlamasında lavlar dışarı akar; yağmur ile rüzgâr, kum ve kile dönüşünceye kadar kayaları parçalar, ırmaklar onları denize taşır; bunlar orada giderek daha genç tabakaların altına gömülür, gittikçe ısınır, sonunda çarpışan iki levha arasında kalır, erir, magma haline gelir ve bir yanardağ püskürmesinde yeniden lav olarak dışarı akmak üzere yerkabuğundan yukarı çıkar, bu da kayanın çevrimidir. Keza karbon çevrimi, azot çevrimi ve daha başkaları var. Gould bunu *time's cycle* (zamanın çevrimi) diye adlandırıyor. Dünya tekrar tekrar çıkış noktasına geri döner, ne bir başlangıç, ne bir son vardır. Yunanca *kiklos* kelimesi çevrim anlamına gelir, ancak zamanda tabii çıkış noktasına geri dönüş yoktur, çünkü ırmak olarak zaman hep daha ileri gider. Böylece iki boyutlu bir dalga hareketi ya da üç boyutlu bir spiral olur. Su yüzeyindeki bir dalga, bir daire hareketinin nasıl bir dalgaya çevrilebildiğini gayet güzel örnekler.

Üçüncü belirme şekli uyarı olarak zamandır (şekil 6). Jeoloji tarihi, ani enerji uyarılarının; depremle, göktaş çarpmaları, yanardağ püskürmeleri, su baskınları ve yön, amaç ya da düzensizlik gözetmeyen başka afetlerin karmakarışık bir silsilesidir. Rastlantıya inanan ve bir afete uğrayan, ardından ümitsizliğe kapılarak kendine: Niye ben? Neden sevdiğim? Niçin güçsüzler? Neden şimdi? diye soran kişi, burada söz konusu olanın zorunlu bir gelişme ya da sürekli kendini tekrarlayan bir dolaşım olduğunu



Şekil 6. Uyarı olarak zaman: Bir depremin sismogramı.

düşünme eğilimi göstermez. O sadece keyfilik ve kaos görür, sanır ki yer-yüzünde geçen zaman bir facia tiyatrosudur.

Bu kitapta ırmaklar, dalgalar ve uyarıların, en küçüğünden en büyük zaman dilimlerine kadar birlikte şaheser bir müzik yarattığını göstereceğim. İnsan bunun içinde ancak üç dördlük bir mezürü çalar, bu da insanı ölçü dediğimize denk düşer.

Gelecek bölümde, insanların 20. yüzyılda doğadaki eğilimlerin beklenmedik şekilde–Hazar Denizi'nde seviye değişiklikleri örneğindeki gibiter-sine dönmesi karşısında nasıl üç kez şaşkınlığa uğradıklarını göreceğiz. Bunu izleyen bölümde, geçmiş yüzyıllarda da, kadim zamanlardan 19. yüzyılda jeolojinin atalarına kadar, jeolojik zaman dilimlerinin derinlikleri ve jeolojik süreçlerin tarzıyla süresi konusunda büyük zorluklar çektiğimizi göreceğiz. Sonraki bölümlerde deprem, yanardağ etkinliği, iklim değişiklikleri, deniz seviyesinde oynamalar, ırmak yataklarının yer değiştirmesi, evrim ve göktaş çarpmaları gibi doğal süreçleri –ırmaklar, dalgalar ve uyarılar– izleyeceğiz: Hep küçük ve sık sık olandan büyük ve seyrek olana; önemsizden, havsalamıza sığmaz görünecek denli tehditkâr ve feci olana doğru gideceğiz.

Bunu, kıyamet ve insanlığın sonu konusunda uyarıda bulunmak için yapmıyorum. Bunu başkaları zaten yeterince ve tarihin bize öğrettiği

kadarıyla çoğu zaman haksız yere yapıyor. Aksine, doğrudan doğruya insanlığın daha sıcak ya da daha soğuk, daha yüksek ya da daha alçak deniz seviyelerine çok iyi uyum sağlayabildiğini ortaya koymak istiyorum. Taş devri insanı ayı postları ve taş baltalarla bütün bir buzul çağında hayatta kalmayı bildiye, o zaman bütün bu yüksek teknolojimizle bir metrelik bir deniz seviyesi artışıyla başa çıkamayacak mıyız? Westerschelde'de deniz seviyesi günde iki kere dört metre dolayında yükseliyorsa bunu haydi haydi yapabilmeliyiz. Belki deniz seviyesi yakında yeniden alçaldığı zaman ne yapacağımıza kafa yorsak daha iyi olur. Aradan on bin yıl geçmeden yeniden böyle bir durumla burun buruna geleceğiz.

ÇEVİRMENİN NOTLARI

- 1 Benim Hüzünlü Orosularım, s.42, Can Yayınları, İstanbul 2005.
- 2 Kuzeybatı Avrupa'nın fauna ve flora bakımından zengin olan ve Baltık Denizi'ne kadar uzanan 500 km'lik bu deniz ve kıyı kesimi üç devletin (Danimarka, Hollanda, Almanya) koruması altındadır.
- 3 Yüzeyleri bataklık bitkileriyle örtülmüş, derin olmayan su birikintilerinin diplerinde bitki kalıntılarından oluşan kömür. Torf olarak da bilinir.
- 4 Club of Rome: 1968'de kurulan, 1972'deki *Limits of Growth* (Büyümenin Sınırları) başlıklı raporuyla dikkatleri üstüne çeken, çeşitli uluslararası politik sorunlar hakkında fikir alışverişini amaçlayan örgüt.
- 5 Fırtına sonucu denizin kabarması (Alm. Sturmflut; İng. storm tide, storm surge).
- 6 *Homo floresiensis* ("Floresli insan") yaklaşık 100.000 ila 12.000 yıl önce Endonezya adası Flores'te yaşamış bir insan türüdür.
- 7 Amerikalı yazar David Gerrold'dan popüler bir alıntı: "Hayat zordur, ardından da ölür gidersin."
- 8 Daha çok güneş saatlerinde rastlanan Latince iki özlü söz: *Ruit hora* (saat geçer); *tempus fluit* (zaman akar).
- 9 Pleistosen'de, yaşanan son buzul çağının kapanmasıyla başlayan bölüm, 11 bin yıl öncesinden günümüze kadar süren zaman dilimini ifade eder.
- 10 Parçalanıp dağılmış yer katmanlarının birbirleriyle ilişkilerini araştıran jeoloji kolu.

HAZAR ZAMAN MAKİNESİ

"Nascuntur et alio modo terrae ac repente in aliquo mari emergunt, velut paria secum faciente natura quaeque hauserit hiatus alio loco reddente."

"Kara oluşur ve sanki doğa bir yerde yuttuğunu başka yerde telafi etmeye çalışıyormuşçasına ansızın denizden yüze çıkar."

PLİNİUS, *Naturalis Historiae*, 2, 202

Maria Nikolayevna Miroyedova, "Siz Hollandalı değil misiniz? Siz deniz seviyesine dair her şeyi biliyorsunuz. Lütfen bize yardımcı olunuz!" diyor. Kendisi Volga'nın Hazar Denizi'ne döküldüğü yerde, Astrahan İdari Bölgesi Milli Su Ürünleri Dairesi'nde müdür. Ve bir sorunu var.

Hazar Denizi yükseliyor. Hem de azıcık değil, büyük bir hızla yükseliyor. 1993'te orayı ziyaret ettiğimizde deniz seviyesi 16 yılda neredeyse iki buçuk metre yükselmişti. Bu yılda 15 cm eder. Bunu bir de okyanusların seviyesinin yükselmesiyle kıyaslayın: Bütün 20. yüzyılda 15 cm. Hazar Denizi okyanuslardan yüz kat hızlı yükseliyor –ama dünya denizleriyle bağlantısı da yok. Herodot'un yazmış olduğu gibi: Hazar Denizi kendi başına bir denizdir. Dünyanın en büyük içdenizidir ve suyu bizzat Volga'dan gelir.

Volga deltası, Hollanda'nın yarı büyüklüğünde, kıyıya yaklaştıkça giderek daha küçük akarsulara ayrılan düzinelerce ırmağın bulunduğu bir sulak bölgedir. Volga'nın 800 kadar ağzı var ve deltası dünyanın en büyük sulak alanı olup sazlar, çayırılar ve su bitkileriyle doludur. Mersinbalığı için ırmağın üst kısmındaki üreme yerlerinin en önemli girişidir. Orada 250'den fazla kuş türü var ve bölgede yarım milyon kaz yaşıyor. Deniz kartalının yörede 32'yi aşkın yuvası mevcut. Bu canlıların hepsi 1919'da kurulan ve bugün UNESCO'nun himayesindeki Astrahan Doğa Koruma Alanı'nın muhafazası altında bulunuyor.

Burada seddeler yok. Deniz seviyesi yükseldiğinde kara su baskınına uğruyor, bir de delta bu denli düz ve deniz seviyesi bu denli hızlı yükseldiği

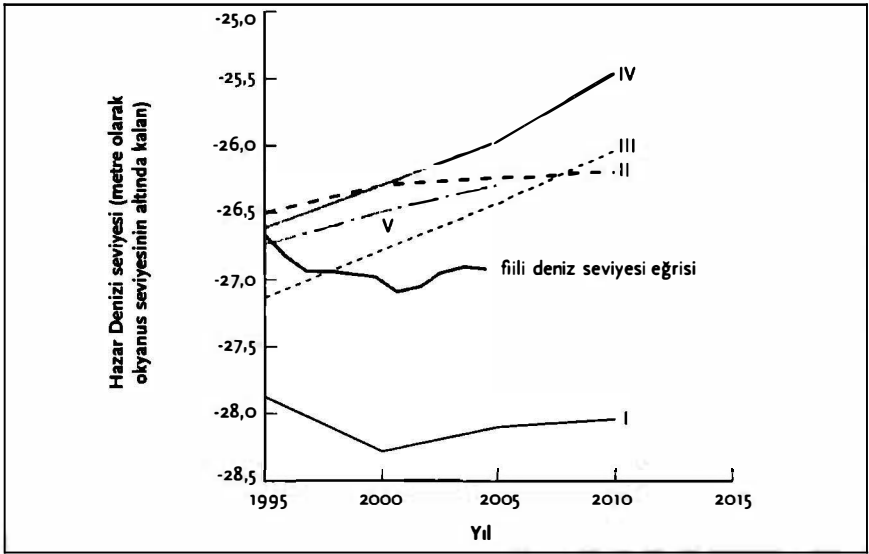
için çok çabuk sular altında kalıyor. Deniz, ırmak suyunu topluyor, taban suyu seviyesi yükseliyor ve büyük kurak arazileri sel alıyor. Su kuşlarının yuvaları suyla sürükleniyor. Maria Nikolayevna, "Polder," diyor, "Hollanda'daki gibi polderlere ihtiyacımız var," ve bir jestle alt dudaklarının üst kenarına kadar su altında olduklarını gösteriyor. Ekibimizin toprakbilimcisi, Devlet Su Ürünleri Müdürlüğü'nden Herman Winkels kuşkulu bir yüz takıyor. Şu sıra Hollanda'da daha fazla polder inşa etmek istenilmiyor, aksine doğaya daha fazla yer açmak isteniliyor. Dolayısıyla o daha ziyade müdahale etmeyi arzulamayan Doğa Koruma Alanı çalışanlarının çizgisini savunuyor.

Bu kurumun müdürü Gennadiy Andreyeviç Krivosonov davetimiz üzerine Hollanda'yı ziyaret etti. Amsterdam'da bir gezinti sırasında birdenbire Prinsengracht' boyundaki yüzer evleri göstererek şöyle dedi: "İşte gerek duyduğumuz şey bu: Yüzer evler, polder değil!"

İki yıl sonra. Deniz seviyesinin yükselişi acımasızca devam ediyor. Volga deltasında hâlâ hiçbir polder yok. Astrahan Doğa Koruma Alanı'nın çalışanları Hollanda'da deniz seviyesinin hızlı yükselmesinin bitkiler ile hayvanlar üzerindeki etkilerini kayda geçirdiler ve gelecek senaryoları geliştirdiler. 13 Mart 1995'te güneydoğudan gelen şiddetli bir fırtınada, Hazar Denizi'nin kuzeybatısındaki Kalmukya kıyı şeridinde büyük arazi parçaları sular altında kalır. Suların sürüklediği sazlar Lagan kentinin sokaklarında her yeri kaplar. Kentin çöplüğünü su basar ve çöpler her yerde yüzmeye başlar. Gerçi burada geçici seddeler inşa edilmiş, ama bunlar her yıl yeniden çöküyor.

Dağıstan Kıyı Koruma Müdürlüğü'nün mühendisleri, Vagib Ömeroviç Musayev'in yönetimi altında Hazar Denizi'nin batı kıyısındaki liman kenti Kaspiysk'in sahilinde, fırtınaların karaya doğru sürüklediği kumları toplayacak beton havuzlar inşa ediyor. Böylece kenti koruyabilmeyi umut ediyorlar. İlginç bir deney, ama işe yarayacak mı acaba?

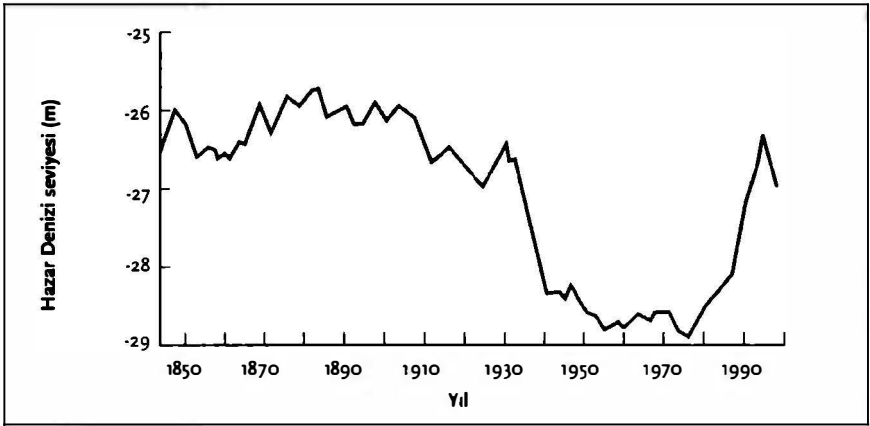
Kıyı boyunca helikopterle uçuyoruz. Her yerde sahil kısım kısım kopmuş ve rıhtımlar, limanlar, demiryolu hatları, yüksek enerji hatları, hatta köyler ve adalar sular altında kalmış. Suda, batmış petrol arama platformlarının yol açtığı büyük petrol birikintileri yüzüyor. Zarar muazzam. İnsanlar tahliye ediliyor. Deniz seviyesinin yükselmesi Rus Federasyonu'nun en büyük çevre sorununu oluşturuyor. 26 enstitünün beş yıl üstünde çalıştığı,



Şekil 7. Deniz seviyesinin 1996'da ani düşmesinden önceki varsayımlar. Nokta ve kesik çizgiler: 1995'ten sonraki deniz seviyesinin değişik yazarlarca 1995'ten önce yapılmış tahminleri. Kesintisiz çizgi: Deniz seviyesinin fiili gelişmesi.

16 bölümlük kalın bir rapor hazırlandı. Burada, deniz seviyesi daha da yükseldiği takdirde kıyılarda ne olacağı belirtiliyor. Böyle bir olgu akıl almaz bir afet anlamına gelecekti.

Peki, deniz daha da yükselecek mi? Bu konuda bilim insanlarının görüşleri aynı değil, çünkü bugüne kadar deniz seviyesinin neden yükseldiğini kimse gerçekten anlamadı. Söz konusu seviye 2004 yılında okyanusların seviyesinin yaklaşık 27 metre altında bulunuyordu. Ölü Deniz denli (eksi 400 metre) alçak değildi, ama yine de Hollanda'nın Alexander polderindeki en alçak noktasından (eksi 7 metre) bir hayli daha alçaktı. Hazar Denizi, suyunun yüzde 80'ini Avrupa'nın en büyük ırmağı olan Volga'dan alır. Ural, Emba, Terek, Sulak, Kura gibi başka ırmaklar ve taban suyu akıntısı ile denize düşen yağışlar kalan yüzde 20'yi sağlar. Bu suyun dışarı aktığı bir yer yoktur. Deniz ile tüm çevresindeki iklim bir yarı çöl iklimi olup su kaybını



Şekil 8. Seviye ölçümünün başlatılmasından beri Hazar Denizi'nde seviye değişiklikleri.

düzenleyen buharlaşmadır. Buharlaşıp daha fazla su girişi olursa deniz yükselir; buharlaşma su girişinden daha büyükse yine alçalır. Suyun ilke olarak Büyük Petro'nun zamanından beri bilinen bilançosu budur.

Şüpheciler denizin bir metreden fazla yükselmeyeceğini hesaplıyor, felaket tellalları ise bunun beş metre olabileceğini iddia ediyor. O zaman beş yüz yıllık geçmiş olan güzel, beyaz Astrahan kremlini [kale] de tehlikeye maruz kalacaktı. Daha çok araştırma yapmak ve acil kıyı koruması için adeta para akıtılıyor. Araştırmacılar da, mühendisler de mutlu –yapılacak çok iş var.

Derken hiç kimsenin öngörmediği bir olay vuku buluyor. Deniz 1996'da alçalmaya başlıyor, 1997'de daha da, üstelik 40 cm kadar alçalıyor. 1998'de tekrar biraz yükseliyor, ama ondan sonra sürekli, ta ki 1995'teki seviyesinin bir metre altında istikrara kavuşana kadar alçalıyor (Şekil 7). 1995 yılı Hazar Denizi'nin *en üst seviyede* olduğu yıldır. Alarm evresi geçti, Genadiy Andreyeviç Krivosonov'un yüzer evler ısmarlamasına gerek yok, Maria Nikolayevna Miroyedova da gönül rahatlığıyla emekliye ayrılabilir. Dağıstan Kıyı Koruma Müdürlüğü kapatılıyor, kum havuzları kumsalda anlamsız bir şekilde yatıyor ve Vagib Ömeroviç Musayev işsiz kaldı. Sorun ar-

tık mevcut değilmiş görünüyor. Araştırmacılara akın akın gelen para kaynakları da kuruyor ve görünüşe bakılırsa seviye artışının neden durduğu artık kimseyi ilgilendirmiyor. Oysa tarih bize tasasızlığın tehlikeli olduğunu öğretiyor, çünkü kıyısındaki sakinlerini Hazar Denizi ilk kez şaşkınlığa uğratmıyor.

Hazar Denizi'nin seviyesi 19. yüzyılın başından bu yana Bakü (Azerbaycan) ve Mahaçkale'deki (Dağıstan) su seviyesini gösteren aletlerle ölçülmektedir. 1834'ten beri iyi tutulmuş kayıtlara sahibiz. Ne yazık ki ölçüm istasyonlarının [verilerinin] doğruluğu ancak nispidir, çünkü sadece deniz seviyesi inip çıkmıyor, aksine kara da aşağı yukarı hareket ediyor. Bakü Kafkasya'nın bir dağ kolu üzerinde bulunuyor ve bu kol yeryüzünün en hızlı yükselen sıradağlarından biridir: Her yıl iki santim yükseliyor. Bundan dolayı tercihen "nispi" deniz seviyesi hareketlerinden söz ediliyor. Günümüzde Topex-Poseidon uydusunun yardımıyla deniz seviyesi artık mutlak olarak da ölçülebiliyor. Bu uydu deniz seviyesini dört santimlik bir hata payıyla, üstelik kara hareketlerinden bağımsız olarak belirliyor.

1834'ten bu yana deniz seviyesi eğrisi, 19. yüzyılın büyük bir bölümünde –sadece küçük oynamalarla– çok yavaş bir alçalmanın vuku bulduğunu gösteriyor (Şekil 8). Alçalma 20. yüzyılın başında biraz hızlanmış görünüyor ve bu biraz huzursuzluk yaratıyor. Petersburglu ünlü coğrafyacı ve zoolog Lev Semyonoviç Berg, 1925 dolayında o zamana kadar Hazar Denizi hakkında tarihi kaynaklardan bilinen tüm olguları; Herodot, Strabon, Batlamyus haritası, 10. yüzyıl Arap seyyahlarının anlatıları, eski Rus haritaları ve keşif yolculuğuna çıkan gezginlerin -ve bunların arasında Hollandalı Witsen, Ottens ve Struys'un- raporlarını eleştirel bir analize tabi tutuyor. Berg, denizin 1925'teki seviyesinin bir metreden fazla altına düşmesinin muhtemel olmadığı sonucuna varıyor. Burada özellikle iki mimari anıtın tarihine dayanıyor.

İlki Azerbaycan'ın başkenti Bakü'de bulunuyor. Kadim Bakü kentinin, iniş çıkışları Hazar Denizi'ninkileri andıran en az 2500 yıllık hareketli bir tarihi var. Persler, Araplar, Moğollar, Türkler ve Ruslar kente hâkim olmak için savaştılar ve Bakü 20. yüzyılın başında dünyanın petrol başkentiydi. Alfred Nobel, Siemens biraderler ve Rothschild'ler, hepsi zenginlikle-



Şekil 9. Bakü kıyısı önündeki 13. yüzyıldan kalma batık kale/kervansarayda bulunan Farsça kitabeler. Şirvanşah Sarayı, Bakü, Azerbaycan.

rini bu duruma borçludur. Bakü körfezinde, orada genellikle kervansaray diye anılan bir batık kale yatıyor. Berg 1925'te kenti ziyaret ettiğinde kale suyun 1,4 metre altındaydı. Kale 12. ya da 13. yüzyılda inşa edilmiş, Berg'in çıkardığı sonuca göre bu da deniz seviyesinin o zaman en az 1,4 metre daha alçak olması gerektiğini gösteriyor.

Eskiden daha alçak bir su seviyesi olduğunu gösteren ikinci bir belirtiyi, kuzeyde Hazar Denizi'nin batı kıyısında bulunan Derbent (Dağıstan) kentinde buluyoruz. Bu kent en az beş bin yıl öncesine giden daha uzun bir tarihe sahip. Derbent 6. yüzyılda Pers İmparatorluğu'ndaki Sasanî hanedanının en kuzeydeki ileri karakoluydu. Burası stratejik bir yerdir, çünkü Kafkasya'yı denizden ayıran kıyı şeridinin en dar kesimidir. Prens I. Hüsrev

Anuşirvan, imparatorluğu kuzeyden gelen göçebe akınlarına karşı korumak için kentin iki yanında, Batı tarafındaki yüksek Narinkale'den denize kadar uzanan iki sur inşa etti. Bu surların bazı kesimleri kentte bugün de görülüyor, ama surlarda bir gariplik var: Surlar deniz seviyesinin altına kadar devam ediyor.

Persler, göçbelerin suyun altından bile surların etrafından dolanmaya çalışacağını mı sanıyordu? Hiç sanmam. Berg'e göre daha muhtemel olan, surların deniz seviyesinin daha alçak olduğu bir sırada inşa edilmesiydi. Ondan sonra deniz seviyesi doğal bir şekilde yükselmişti. Gezinler üç kez; 915, 1638 ve 1847'de denizin surları nasıl aştığını gördüklerini tasvir ettiler. Jan Struys da kitabında şöyle yazıyor: "La mer bat contre ses murailles et par un temps de mer passe mème souvent par-dessus." Berg, Struys'un bunu, Olerarius'un 1638 tarihli kitabından kopya ettiğini tahmin ediyor ve elindeki verilere dayanarak deniz seviyesinin olsa olsa 1925'teki düzeyinin bir metre altına düşebileceğini sanıyor.

Gelgelelim Berg yanıldı, doğaya dair öyle kolay tahminde bulunamazsınız. Deniz daha 1930'larda çok belirgin bir şekilde alçalmaya başladı, hem de on yıl içinde neredeyse iki metre aşağı indi. Bakü'nün batık kalesi ya da kervansarayı 1938 dolayında sudan yükseldi. Azerbaycan Bilimler Akademisi'nin arkeolojik kazılarında yüzlerce sikke ve deniz suyunun aşındırdığı Farsça kitabeli 200'ü aşkın taş levha meydana çıktı (Şekil 9), bunlardan kalenin 1234 yahut 1235'e doğru inşa edildiği sonucuna varılıyor. Hatta yapının temel duvarları 32 metre derinlikte, bugünkü su seviyesinin altı metre altında bulunuyor. Demek ki deniz seviyesi 13. yüzyılın başında 1925'teki seviyenin beş metre altında bulunuyordu!

Berg 1946'da yayımlanan *Rus Coğrafi Keşiflerinin Tarihine İlişkin Denemeler*'de bu konuya geri döner. Önceki tahmininin doğru olmadığını kısıca kabul eder, ama şunu eklemeyi edemez:

Hazar Denizi'nin bugünkü (20. yüzyıl) alçalmasının ne anlama geldiğini saptamak bize olağanüstü önemli görünüyor: Bu, tarihöncesi çağdakine benzer bir sürecin başlangıcı mı (o zaman deniz seviyesi şimdikininkin beş metre altına kadar inmişti), yoksa tarih ça-

ğında da 20. yüzyıldakiyle kıyaslanabilir alçaklıkta su seviyelerine rastlandı mı?”

Berg 1950’de öldü ve sorusunun cevabını alamadı.

Ardından 1960’larda ünlü şair Nikolay Gumilyov’un oğlu, tarihçi Lev Nikolayevič Gumilyov sahneye çıktı. Tarihçi, 6. yüzyılda yaşamış Türk kökenli bir boy olan ve bazılarınca Yahudi inancına döndükleri söylenen kayıp Hazarların tarihinden büyülenmişti. Denizin adı Azerice Hazar olduğuna göre o yörede yaşamış olmalıydılar, ancak kesin yerleşim yerleri bilinmiyor. Gumilyov koyu bir ekolojik determinizm taraftarıydı, buna göre halkların ortaya çıkışı ve yok oluşu iklim değişiklikleriyle sınırlı bağlantılıdır, çünkü ülkenin tarım ya da hayvancılık için uygun olup olmadığını bunlar belirler. Gumilyov Hazarların yerleşim yerlerini aramayı kararlaştırır. O büyük jestlerin adamıdır: Minicik bir belirtiden muazzam bir hipotez inşa eder ve insan ona parmağını verirse sadece elini değil, bütün kolunu kapır. Son kırk yılda yazdığı makale ve denemelerinden derlenmiş kitabı *Otkritiye Hazariy* (Hazarların Keşfi) bir polisiye roman gibi okunur. Kitabın tarih ya da arkeoloji, coğrafya ya da ekoloji, gerçek ya da kurmaca mı olduğunu saptamaya çalışanlara, Gumilyov bunun Molière’in intihal suçlamalarına verdiği yanıt olduğu gerçeğinin bilincine varmaksızın şöyle yanıt verir: “Je prends mon bien où je le trouve.”⁴

Gumilyov’a göre Hazarların ülkesi Hazar Denizi’nin kuzeyinde suyun dibinde yatmaktadır. Deniz seviyesinin alçak olduğu 6. yüzyılda orada, Gumilyov’un “Hazar Hollanda’sı” diye adlandırdığı cennet gibi bir alçak ülkede yaşıyorlardı. Deniz seviyesi 13. yüzyılda yükselmeye başladığında Hazarlar yurtlarından sürülüyor ve başka halklarla karışıyorlardı. Deniz seviyesinin 6. yüzyılda gerçekten ne kadar alçak olduğu bilinmiyordu –oysa Gumilyov’un hikâyesini inandırıcı kılmak için bu bilgiye ihtiyacı vardır. Gumilyov, Derbent’teki Pers surunun suyun altında nereye kadar uzandığını araştırarak bunu ortaya çıkarmak ister. 1961 Ağustosunda Kurtarma İstasyonu’nun küçük bir teknesiyle üç dava arkadaşı, bir pusula ve kendisi tarafından imal edilen bir akustik iskandil aletiyle denize açılır. Sırtlarında bir solunum cihazıyla bulanık suyu araştırırlar. Sur bedeni 4 metre kalın-

lıkta olup denizde 300 metre ileriye gider ve bir burçla son bulur. Burcun kaidesi eksi 33,5 metrede, Hazar Denizi'nin bugünkü seviyesinin hemen hemen 8 metre altında bulunmaktadır. Denize dalış yaptıklarında bir su şebekesinin pişmiş topraktan parçalarını bile bulurlar, buradan da bütün yapının o zamanlar suyun üstünde olduğu nihai şekilde anlaşılır –günümüzdekinden 8 metre daha derinde! Gumilyov adeta zil takıp oynayacaktır. Hazar Denizi'nin tüm kuzeyi, Hollanda ile Belçika kadar büyük bir alan eksi 34 metrede kuru durumdaydı, demek ki Hazarlar için bol bol yer vardı. Ne yazık ki rahatsız edici küçük bir ayrıntı mevcut: Bugüne kadar orada hâlâ Hazar yerleşimleri bulunamadı.

O sırada su seviyesinin düşmesinden kaygılananlar için Gumilyov'un keşfi kötü bir haberdirdi. Bu durumda deniz seviyesi birkaç metre daha alçalabilirdi. Gerçekten de böyle olur, 1977'ye kadar eksi 29,1 metreye ulaşır, yani 1925'teki seviyenin 3 metre altına iner. Kıyı sakinleri ve hükümet umutsuzluk içindedir. Limanlar kurumaya başlar, gemiler çamurda paslanır, karada bitkiler kurur, balık avı yarı yarıya azalır ve denizin en kuzeydeki kısmında su o denli sığlaşır ki havyar kaynağı mersinbalığı, ırmağın yukarısındaki üreme yerlerine yüzemez hale gelir. Volga ile Hazar Denizi arasında gemi trafiğinin işlediği en büyük kanalın 20 km dolayında uzatılması gerekir. Doğu kıyısında Türkmenistan'ın Karaboğaz Körfezi'nde, taze deniz suyu akışına bağımlı tuz kazanımı güçlüklerle karşılaşır. İktisadi ve ekolojik zarar muazzamdır. Deniz seviyesi bir yarım metre daha düştüğü takdirde, Hazar Hollanda'sı yeniden kuruyacaktır –90'lı yıllarda Aral Gölü'nde görülen gelişmeler bunun yanında devede kulak kalacaktır.

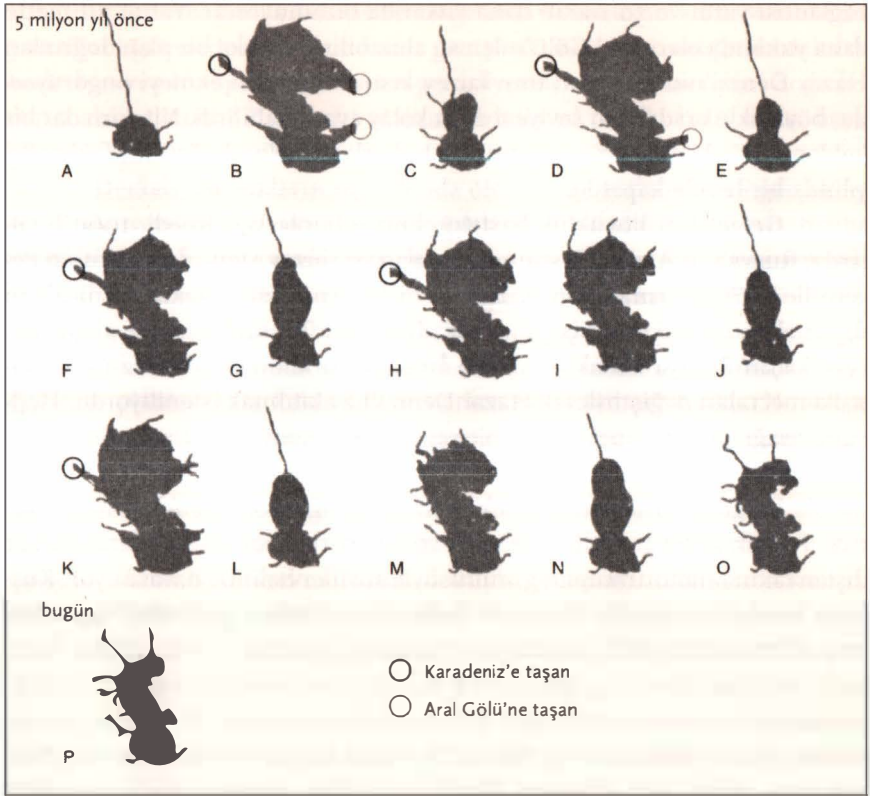
Berg 1925'te neyi yanlış yapmıştı? Aslında fazla bir yanlış yoktu. O dikkatli bir insan, keskin bir tahlilciydi, literatürde sık sık karşılaştığı felaket tellallarının kafasını karıştırmalarına izin vermek istemiyordu. On metre daha yüksek ya da dört metre daha alçak bir su seviyesini savunan kişileri acımasızca eleştiriyor yahut kanıt yetersizliğinden reddediyordu. Ancak o zaman Derbent'in surlarının altı metre derinlikten geçtiğini ve keza Bakü Kervansarayı'nın temelinin deniz seviyesinin altı metre altında yattığını henüz bilmiyordu. Hazar Denizi'nin kuzeyi 6. ve 13. yüzyılda gerçekten kurumuş olmalıydı. Gelgelelim 1925'te oksijen tüplü dalma cihazı henüz keşfe-

dilmemişti, deniz biyologları, radyokarbon tarihlendirme yöntemleri ve bilgisayar modelleri de henüz yoktu.

Berg'in ayrıca Stalin'in engel tanımaz sanayileşme hevesini hesaba katması imkânsızdı. Stalin 1932'den itibaren Volga'da yeni barajlar inşa etmeye ve muazzam sulama projeleri uygulamaya başladı. Bu su yapılarının Hazar Denizi'nin seviyesinin düşmesine yol açacağına dair daha o zamanlar uyarılar geldi; iklimbilimci Sergey Rodionov, bugüne kadar Hazar sorununun en derinlemesine analizi olarak kalan *Global and Regional Climate Interaction: The Caspian Sea Experience* (1994) adlı kitabında bunu yazıyordu. Bu iddialar 1941-45 arasındaki zaman diliminde, su seviyesinin düşmesi ansızın durduğunda kinik bir şekilde onaylanıyordu: İkinci Dünya Savaşı yeni barajların tasarımını engellemiştir. Öyleyse her şeyin suçlusu Stalin miydi?

Hayır, çünkü elbette doğal sebepler de vardı. Su seviyesinde düşüş bir kez gerçek olduğunda, bilim insanları açıklama çabaları açısından birbirleriyle yarış ediyorlardı. Deniz seviyesindeki bir düşüş hakkında sonradan tahmin yürütmek 1930'larda halk arasında alay konusu oluyordu. İnsanların çoğu iklimsel bir etkiye inanıyordu. Basitçe Volga'nın su tutma havzasına daha az yağmur yağıyor, bu da yine atmosferin dolaşım modelindeki değişiklikten ileri geliyordu. Artık Rusya'nın sonsuz ovaları üstünden o denli çok sayıda alçak basınç alanı geçmiyordu. Bunun için Stalin'in elinden bir şey gelmezdi. Bazı kimseler Hazar Denizi havzasında büyük zemin çökmeleri olduğunu farz ediyor, bazıları da yeraltı suları akıntılarını suçluyordu. Bununla birlikte tüm açıklamalarda, deniz seviyesinin 30'lu yıllarda düşmek *zorunda* olduğu sonucuna varılıyordu. Ne var ki bu kişilerin geleceğe ilişkin tahminleri daha az uyuyor, sürekli birbiriyle çelişiyordu.

Yine de genel beklenti deniz seviyesinin alçalmaya devam edeceği yönündeydi. Bu düşünce mantıklıydı, çünkü Volga'nın suyu gelecek yıllarda tarım ve sanayi tarafından ister istemez daha fazla kullanılacaktı. Sonunda bu dönemde Sovyetler Birliği'nin muzafferane gelişmesinden şüphe duymak vatana ihanetle eşanlamlıydı. Buna inanmak istemeyenin, Frank Westermann'ın harika kitabı *Ingenieure der Seele*'yi (Ruh Mühendisleri) okuması yeterli olacaktır. Eğilimleri tahlil eden istatistikçilerin su seviyesinin daha da



Şekil 10. Beş milyon yıl öncesinden (A) günümüze kadar (P) Hazar Denizi'nin kapladığı alan.

düşeceği sonucuna varmaları şaşırtıcı değil. Çeşitli doğal bileşenler su dengesini sabit tuttuğu sürece tek seviye düzenleyici etken insandı.

Ve eğer insanoğlu suyun alçalmasından sorumluyorsa, o zaman hatasını düzeltmek de elindedir, ama sanmayın ki bu daha az baraj inşa ederek ya da daha verimli bir sulamayla yapılacaktı –Sovyetler'in çağında böyle modern çözüm yaklaşımlarına yer yoktu. Daha az değil, daha çok su yapılarına gerek vardı. Yeterince plan mevcuttu: Sözgelimi Karadeniz'den Hazar Denizi'ne su nakledilebilirdi, çünkü Karadeniz'in dünya denizleriyle bir

bağlantısı vardı ve 30 metre daha yukarıda bulunuyordu. Yahut 70 metre daha yukarıda olan Aral Gölü'nden su alınabilirdi. Başka bir plan doğrudan Hazar Denizi'nin düz olan tüm kuzey kısmına sedde çekmeyi öngörüyordu, böylelikle oradaki su seviyesi daha kolay ayarlanabilirdi. Nitekim dar bir koldan içeri akan deniz suyunun çok buharlaştığı Karaboğaz Körfezi 1980 yılında bir bentle kapatıldı.

Gelgelelim büyüklük hastalığı bütün bunlarla bitmedi. 1960'lı yıllarda, Rusya'nın Avrupa kısmında yer alan ve Kuzey Denizi'ne dökülen Peçora ile Viçegda ırmaklarını Volga'yla birleştirme ve bu şekilde Volga'dan dışarı akan su miktarını çoğaltma planı oluştu. Bunun ötesinde suları kuzeye kaçan Sibirya ırmakları Ob ile İrtiş, 2000 kilometreden uzun bir kanalla mecraları değiştirilerek Hazar Denizi'ne akıtılmak isteniliyordu. Hepsinin aşağı yukarı 2000 yılında bitmesi söz konusuydu. Bu, yüzyılın projesiydi ve Stalin'i gururlandırırды.

Volga deltasından geçerek Astrahan Doğa Koruma Alanı'na giriyoruz. Toprak setlerin üstlerinde sağlam soltu çayır boy atmış. Karabataklar dıştan takma motorumuzun gürültüsüyle sürüler halinde havalanıyor. Kuşların kondukları ağaçlar tamamen kelleşmiş ve üstleri guanodan⁵ beyazlaşmış. Kıyının dibindeki sulara saz, sukamışı, şeritotu ve –Volga'nın kraliçesi– lotustan ibaret uçsuz bucaksız alanlar; içinde yeşil, yenilebilir kabuklu yemişler bulunan parlak sarı yumurtalıklarıyla görkemli, büyük pembe renkte çiçekler dalgalanıyor: Bunlar *Nelumbo nucifera*, kabuklu yemiş taşıyan lotus olarak adlandırılıyor. Büyük, yumuşak, çanakсы yaprakların üstü keçe ya da kadife gibi son derece ince tüylerle kaplı. Yaprığın zemininde yusuvarlak, ılık ılık bir su damlası, dünyayı lotusun gördüğü gibi yansıtan dışbükey bir ayna var. Ansızın bir *sazan*⁶ döne döne sudan dikine fırlıyor –bu onun son sıçrayışı. Bir deniz kartalı tekneimizin hemen önüne pike yapıyor, büyük pençeleriyle sazanı kapıyor ve ağır kanat vuruşlarıyla onu otlakların yukarısındaki yuvasına taşıyor.

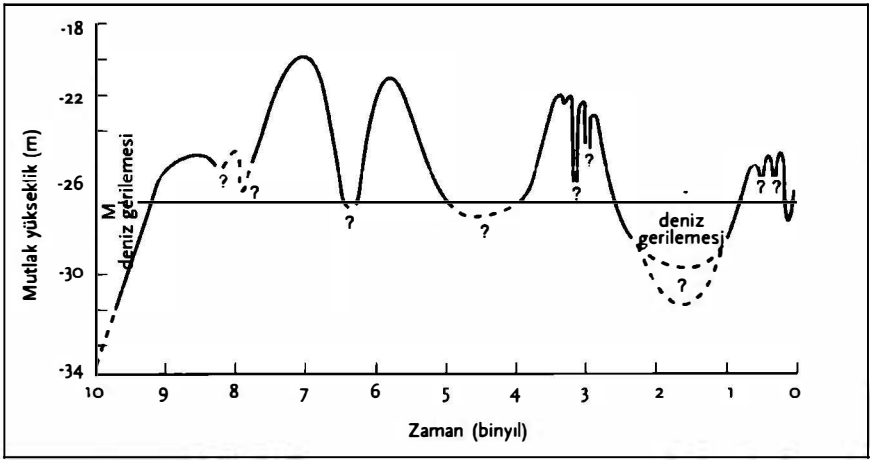
Ölü bir yan kola giriyoruz. Burada su bitkileri tüm yüzeyi kaplamış: beyaz ve sarı nilüferler, suotu, yüzen eğreltiotu, göl kestanesi. Neredeyse her yaprağın üstünde bir kurbağa oturuyor. Doğa Koruma Alanı'nın jeomorfoloğu Yennadiy Vasilyeviç Russakov, "Kıyı 1920'lerde buradaydı," di-

yor. “Bugün ırmağın 25 kilometre aşağısında bulunuyor. 30’lu yıllarda suyun alçaldığı evrede delta da o kadar genişledi. Su hızlı azaldığında delta da hızlı, bazen yılda birkaç kilometre genişliyordu –bu, bedava yeni doğa koruma alanı demekti.” Utrecht plajının yetmiş yıl önceki hali: Adeta hayal gücünü aşan bir durum.

Derken, zorlukların uç noktada olduğu bir anda mucize gerçekleşti. Deniz 1977’de aniden ve beklenmedik bir hızla yılda 15-20 cm, tıpatıp 30’lu yıllarda alçaldığı hızla yükselmeye başladı. Hatta 1979’da 34 cm yükseldi. İlk bunun sadece infazın ertelenmesi olduğu sanıldı: Yakında tekrar alçalır diye kehanette bulunuldu, ama su yükselmeye devam etti. Çok şükür tehlike atlatıldı, alarm sona erdi. Sibiry ırmaklarının yataklarını değiştirme planları rafa kaldırıldı ve herkes rahat bir nefes aldı. Ne var ki 80’lerin sonuna doğru insanlar yeniden dertlenmeye başladılar, çünkü deniz artık gerçekten epey hızla yükseliyordu. Suyun alçalmasını takip etmek için hep denize doğru kaydırılmış olan sayısız tesis artık su altında kalma tehdidiyle karşılaştı. Karaboğaz Körfezi bendi acele yeniden açıldı. 1993’te, Maria Nikolayevna Miroyedova’yla görüştüğümüz sırada kırmızı alarm verilmişti.

Peki, bütün bunları kim önceden kestirmişti? Hiç kimse. Vuku bulduktan sonra, herkes. Aynı 1930’daki ani alçalma gibi. Aynı 1977’deki ani yükselme gibi. Ve 1995’te de yeniden. Bir yüzyıl içinde tüm tarihi olgulara, karbon tarihlendirmelerine, dünya iklim modellerine, istatistik eğilim analizlerine rağmen üç kez gafil avlandık. Üç kez şöyle düşündük: Alçalıyor, öyleyse herhalde alçalmaya devam edecek; yükseliyor, öyleyse herhalde yükselmeye devam edecek –borsadaymışız gibi düşündük.

Ve ona göre davrandık. 30’larda deniz seviyesi alçaldığında insanlar daha da alçalacağından o denli eminlerdi ki, yeni kazanılan alanlarda çok sayıda yeni yerleşim ve sanayi kompleksi inşa ettiler. Bu Stalin ile ardılarının genişleme dürtülerine harika uyuyordu, ama Şeyh’in daha 14. yüzyılda söylediklerine kimse kulak asmıyordu: “Denizin sana armağan ettiğini kabul etmemelisin, çünkü daha sonra onu elinden alacaktır.” Bakü körfezindeki batık kalenin, suyun altından geçen Derbent surlarının mesajını kimse anlamıyordu. Ve su seviyesinin bir keresinde, 18. yüzyılın sonunda yılda



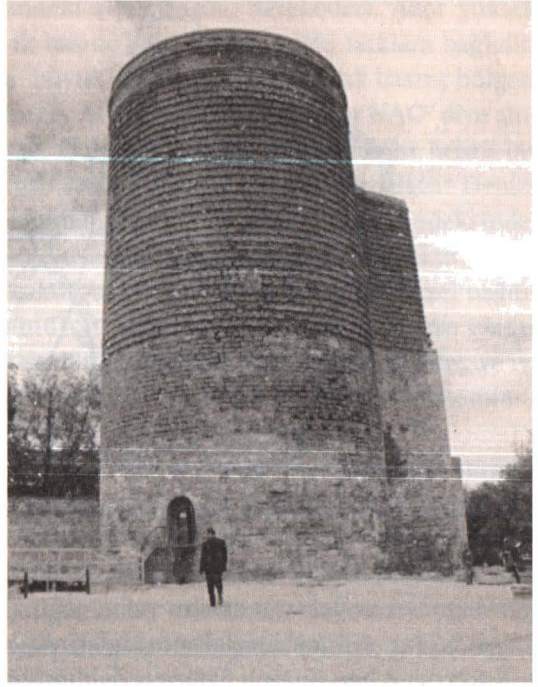
Şekil 11. Hazar Denizi'nin su seviyesi son on bin yılda büyük iniş çıkış gösterdi. Bugünkü seviye eksi 27 metre dolayındadır.

15 cm yükselmiş olduğunu kimse hatırlamıyordu. Sanki bir eğilim tuttu mu hep o eğilim sürüp gidecekti. Kolektif belleğin toplu olarak devreden çıkmasıydı bu. Maria Nikolayevna niçin seddeleri çoktan inşa etmemiştii?

Dahası sorun son yüz ya da bin yılla sınırlı değildi. Şekil 10'da Hazar Denizi'nin geçen beş milyon yıldaki dış hatları görölüyor. Görüntü, filizlenen patateslerden ve zencefil köklerinden ibaret bir natürmortu andırıyor. Küçük patatesler alçak su seviyelerini, büyük zencefil kökleri ise yüksek olanları temsil ediyor.

Deniz seviyesinde iniş çıkışlar, üstelik farklı zaman cetvelleri içinde Hazar Denizi'nde hayatın bir parçasıdır. En küçük değişiklikler her gün gelgit şeklinde oluyor. Gelgitlerin burada fazla önemi yok, çünkü okyanusların büyük su kütleleriyle herhangi bir bağlantı olmadığından topu topu üç santim fark meydana geliyor.

İkinci bir zaman cetveli mevsimsel değişikliklerdir. Baharda, uçsuz bucaksız Rus ovalarında karlar eridiğinde Volga kabarır ve mayıs-haziran-da su seviyesi uç noktalara tırmanır. Bunu takiben su miktarı yavaş yavaş



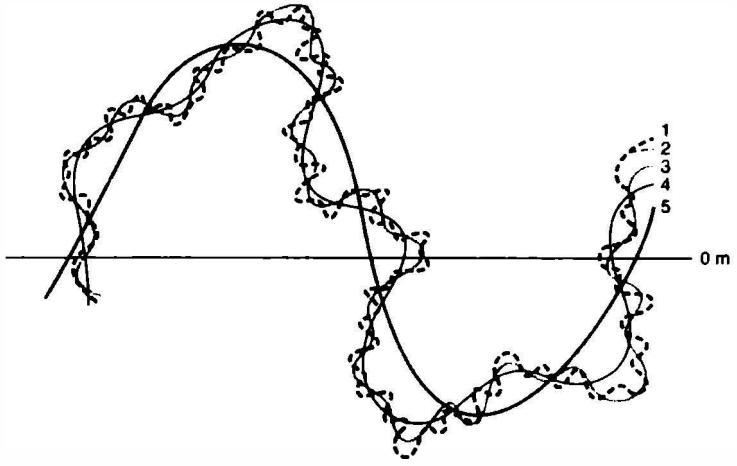
Şekil 12.

2600 yıl önce su altında olan
Bakire Kulesi (Bakü).

azalır ve kışın her yer donduğunda asgariye iner. Yüksek ve alçak su seviyeleri arasındaki fark mevsimlere bağlı olarak 40 cm dolayındadır.

Daha uzun vadeli bir çevrimden demin söz ettik: Söz konusu çevrim bir uçtan öteki uca yaklaşık 65 yıl sürer, aradaki fark ise üç metre dolayındadır. Bunu açıklamak belirgin şekilde daha zordur. Şimdi kalkıp, “İşte, sera etkisi!” demek zorunda olduğunı sanan kişinin işi kolay değil. Dünya çapındaki iklim değişiklikleriyle basitçe bağlantı kurulamıyor. Atmosferdeki karbondioksit miktarı 19. yüzyıldan bu yana yükseliyor, ama su seviyesi 20. yüzyılın 30’lu yıllarında ansızın düştü ve ardından tekrar çıktı.

Sergey Rodionov ve öncellerinin akla yatkın bir açıklaması atmosferik dolaşım tiplerine dayanır. Bu tipleri burada Kuzey Denizi’nde de çok iyi tanıyoruz. Güneybatı rüzgârlarının hâkim olduğu atmosferik bir dola-



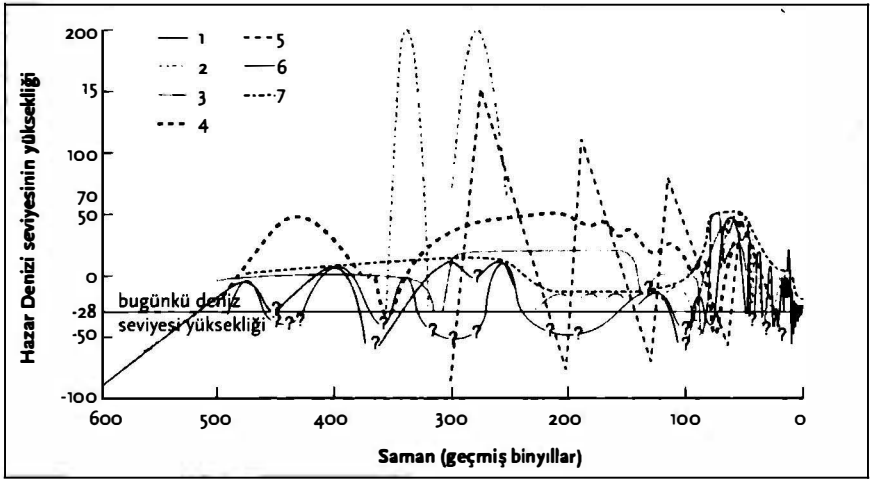
Şekil 13. Hazar Denizi seviyesindeki dalgalanmaların zaman cetvelleri ile genliklerinin şeması.

şım tipi bize serin hava ve bol yağmurlu alçak basınç bölgeleri getirir. Rüzgâr doğudan esiyorsa, o zaman yazın çoğu zaman sıcak, kuru hava ve kışın don olur. Güneybatı dolaşım tiplerinin kıtasal Rusya üstündeki payının 1977'den beri önemli ölçüde çoğaldığı saptandı. O zamandan bu yana, özellikle ağustos-ekim ayları arasında Rusya üzerinden önceki yıllara göre çok daha fazla Atlantik alçak basıncı geçti. Daha çok yağış tabii Volga'dan daha büyük miktarda su geçmesi, dolayısıyla deniz üstünde aşırı buharlaşma olmadığı sürece Hazar Denizi'nde su seviyelerinin daha yüksek olması anlamına geliyor. Hazar Denizi'nin su seviyesi eğrisi ile Volga'nınki arasındaki bağlantı bir hayli iyi. Bu şu demek: Yüzyıllar bakımından dikkate alındığında, deniz seviyesindeki oynamaların dünya çapındaki iklim değişiklikleriyle herhalde bir ilintisi var. Yalnız söz konusu olan sera etkisi gibi bir sıcaklık etkisi değil, aksine atmosferdeki büyük akım modellerinin değişiklikleriyle bağlantılı bir yağış etkisidir. Dahası dünya sıcaklık ortalaması 40'lı yıllarda gerilemiş, 1976 civarında dibe vurmuş ve o zamandan beri büyük bir artış göstermiştir. Gerçi 1995'ten bu yana bir gerilemeden söz edilemez. Tersine –yeryüzünde sıcaklıklar hâlâ yükseliyor.

Atlas Okyanusu üzerindeki alçak basınç hareketleri, Azor yüksek basınç bölgesi ile İzlanda alçak basınç bölgesi arasındaki farklara bağlıdır. Bu farklar büyükse çok sayıda, büyük değilse az sayıda alçak basınç bölgesi meydana gelir. Bu fenomen Kuzey Atlantik Salınımı, kısaca NAO⁷ diye anılır. NAO, Güney Yarıküresi'nde El Niño'nunla kıyaslanabilir belirli bir çevrimsellik sergiler. Söz konusu çevrimsellik geçen yüzyılın Hazar Denizi seviyesi eğrisiyle bazı uyumluluklar gösterir: Pozitif bir NAO endeksinde, yani alçak basıncın çok olduğu durumlarda su seviyesi de yüksektir, negatif bir NAO endeksinde ise alçaktır, ama iklimbilimciler istatistiksel bağıntının kuvvetli olmadığını düşünüyor. Ayrıca gerek NAO'da, gerekse Hazar Denizi'nde gözlemlenen zaman dilimi, geçmişte daha geriye gitmek ve iyi tahminlerde bulunmak bakımından fazla kısıdır. Kaldı ki iklim sistemimizin bu "dahili" çevrimselliğine neyin yol açtığı açık değil.

Bunun yanı sıra Hazar Denizi'nin seviyesiyle iyi bağıntılar sergileyen harici süreçler de var. En popülerleri on bir yıllık güneş lekeleri çevrimidir. A. N. Afanasyev 1967'de deniz seviyesinin 70'li yılların sonunda yeniden yükseleceğine dair doğru bir kehanette bulundu, ne yazık ki bunu güneş lekelerindeki bu etkinliğin yanlış bir tahminine dayanarak yaptı! Ve 1939 öncesinin verileri de dikkate alındığında bağıntı belirgin şekilde zayıflar. M. S. Eygenson, güneş lekelerinin sayısıyla neredeyse kusursuz bir bağıntı buldu: Güneş lekelerinde etkinlik yüksek olduğunda su seviyesi alçalıyor, etkinlik azaldığında su yükseliyordu. Eygenson 1970- 2000 arasında deniz seviyesinin yüksek olacağı kehanetinde bulundu. Güneş lekeleri hipotezinin günümüzde de birçok taraftarı var, ama ne yazık ki bunun hangi mekanizmalar üzerine bina edilmesi gerektiğini açıklamak zor. Mevcut ilintiler bugüne kadar salt istatistik tarzındadır.

Binlerce yıldan on binlerce yıla uzanan bir aralık içindeki daha uzun çevrimlere bakacak olursak, görünüme göre o zaman deniz seviyesindeki oynamaların büyüklüğü artıyor. 20. yüzyılın çevrimi üç metrelik bir aralığa sahipken, yani eksi 26 metreden eksi 29 metreye kadar inip çıkarken, bu sayı daha büyük zaman dilimlerinde çok daha yüksektir. En yüksek su seviyelerini belirlemek nispeten basittir. Daha 1934'te Lev Semyonoviç Berg deniz seviyesinin son on bin yıl içinde 1925'teki seviyeden, yani eksi 21 met-



Şekil 14. Hazar Denizi seviyesinin sadece gelecekteki değil, geçmişteki yüksekliği konusunda da farklı görüşler var. Değişik yazarların son yarım milyon yıl için belirledikleri su seviyesi eğrileri birbiriyle çelişiyor. Doruk noktaları zencefil köklerine, en alçak noktalar Şekil 10'daki filizlenen patateslere denk düşüyor.

reden daha yukarı çıkmadığını söylüyordu. Bunu, Hazar kıyılarının her yerinde su seviyesinin beş metre üstüne kadar kum midyesi (*Cardium*) fosilleri bulması, ama bunun üstünde bulamaması olgusundan çıkarıyordu. Kum midyesi ilk defa on bin yıl önce Hazar Denizi'ne ulaşmıştı, demek ki bu mantıklı bir düşünceydi. Berg ayrıca şöyle diyordu: Deniz seviyesi son on bin yılda eksi 21 metreyi geçmediyse, o zaman yakın gelecekte de bunu herhalde yapmayacaktır. Gördüğümüz gibi 1925 için haklı çıktı.

Moskova Devlet Üniversitesi'nden jeomorfolog Georgiy İvanoviç Riçagov, Berg'in çıkardığı sonuçları ayrıntılı birçok veriyle doğruladı. Turali'de (Dağıstan), denizin kıyıdaki derinlemesine yarılmış ırmak vadilerine ne denli nüfuz etmiş ve kum tepeliklerini karanın içine doğru ne denli sü-rüklemiş olduğunu inceledi. Birikintilerin içinde –Berg'in elinde henüz bulunmayan– karbon 14 yöntemiyle yaşlarını tayin ettiği deniz kabuğu parçaları buldu. Tarihlemelerinde eleştirilecek birçok nokta olsa da, son on bin yılı oluşturan holosende birkaç bin yıllık değişik çevrimler bulunduğu,

ama hiçbirinde eksi 20 metrelik seviyenin aşılmadığı belirginleşti. Riçagov, Şekil 11’de görülen seviye eğrisini 1977’de doktora tezinde yayımladı. Su bilançosu hesaplarına değil de, saha araştırmalarıyla tarihlendirmelere dayanan bu eğri kısa süre öncesine kadar en güvenilir eğriydi.

Georgiy İvanoviç artık seksen yaşına geldi, ama deniz seviyesindeki oynamalar konusunda en çok bilgi sahibi olan hâlâ odur. Dolayısıyla 2002’de bizim Delft ekibiyle, ayrıca birkaç Moskovalı ve Dağıstanlı meslektaşla birlikte Turali’ye gelmek istemesine sevindik, amacımız orada onun eski keşif yerinde modern tekniklerle bir tarihlendirme için yeni örnekler almaktır. Georgiy İvanoviç, dümdüz arkaya taralı beyaz saçlarıyla yanımızda cesurca yürüdü. Gençlik yıllarının saha araştırma bölgesini bu denli uzun bir zaman sonra yeniden görmek –herhalde her jeoloğun da hissedeceği gibi onu duygulandırmıştı. Ve her şey tıpatıp doğrudur. İnsanın otuz yıl önce bizzat emek verdiği işin, günümüzde bir sınamadan hâlâ yüz akıyla çıktığını görmek sevindiriciydi. Son iki yüksek su seviyesinin tarihlendirmelerini artık tam olarak belirleyebildik: Sonuncusu 1400-1800 arasındaki küçük buzul çağıyla aynı zamana rastlıyor ve sondan bir evvelki ise yaklaşık 2600 yıl önceki bronz çağına denk düşüyor, her iki dönemi de serin, nemli iklimler niteliyordu.

Çarpıcı bir olgu, –Azeri tarihçi Davud Ahundov’a kulak verecek olursak– tam da bu sırada, MÖ 6. yüzyılda Bakü’de Hazar Denizi havzasının en eski yapısı olan Bakireler Kulesi’nin temelinin atılmış olmasıdır (Şekil 12). Bu, görkemli, itici, heybetli, her katta bir tane olmak üzere sadece sekiz küçük pencereci bir taş kuledir. Aynı zamanda bir bacadır: Bakü’de her yerde olduğu gibi kulenin altındaki doğal gaz ve petrol alanları o denli yüzeye yakındır ki gaz kendiliğinden topraktan çıkar ve anında yanar. Burası sonsuz ateşin ülkesidir. Zerdüşt o dönemde Bakü’de yaşıyordu ve ateşperestlerin dini olan Zerdüştlüğü kurdu, Zerdüştlere doğal gazı borularla kulenin tepesine naklettiler.

Kulenin zemin planı bir virgüle benzer. Kulenin kendisi yuvarlaktır, ama eklentisi dalgakıran olarak hizmet ettiği söylenen kocaman bir taş yapıdır. Oysa bu dalgakıran bugünkü deniz seviyesinin üç metre üstündedir, öyleyse suyun MÖ 6. yüzyılda üç metre daha yukarıda olması gerekir. Bu sonuç Turali’de edindiğimiz sayılarla uyum içindedir.

Amsterdamlı iklimbilimci Bas van Geel'e göre bronz çağı ile küçük buzul çağıının nemli-soğuk iklimleri 1400 yıllık bir çevrimle güneş etkinliklerindeki varyasyonlara bağlıdır. Bu hipoteze inanmak, özellikle insanın kendi verileriyle uyduğunda baştan çıkarıcı gelir. Bizden önce birçokları bu tuzağa düştü, ama burada da geçerli olan şudur: Güneş lekeleri etkinliğinin iklimi ne şekilde etkilediği hâlâ tümüyle belirsizdir.

Bununla birlikte yukarıdaki soruyu henüz cevaplamadık: Bu binyıllık çevrimlerde deniz seviyesindeki dalgalanmaların büyüklüğü neydi? Riçagov bu konuda kendinden emin değildi, çünkü en düşük su seviyesinin izleri suyun altındaydı, dolayısıyla araştırılması kolay değildi. Bu sebeple grafik eğrisinde alçak yerleri kesik çizgiyle gösterdi. Daha Derbent'in surlarından, deniz seviyesinin 6. yüzyılda en az sekiz metre daha aşağıda olması gerektiğini gördük. Benim Delft grubundaki araştırmacılardan Bob Hogendorn ile Jelle Boels, Azerbaycan kıyısı önünde İngiliz ve Azeri meslektaşlarıyla ortaklaşa sismik araştırma ve sondaj işlemleri yürüttüler, bunların sonucunda su seviyesinin erken ortaçağda belki kısa süreli olarak eksi 48 metre bile olduğu açığa çıktı. Bu, iklimbilimcilerin ortaçağ sıcak dönemi diye adlandırdıkları zamanla çakışıyor ve üç bin yıl içinde azami eksi 23 metre ve asgari eksi 48 metre olan 25 metrelik bir seviye farkı anlamına geliyor! Deniz seviyesinde 20. yüzyılda görülen dalgalanmalardaki farklardan neredeyse on kat fazladır bu!

Daha geriye gidelim ve on bin ila yüz bin yıl arası zaman cetvellerini inceleyelim. Bizde deniz seviyesinin 100 metre daha aşağıda olduğu ve Kuzey Denizi'nin kuruduğu sırada, Hazar Denizi artı 50 metreyle en üst noktada ve bugünkü seviyenin 75 metre yukarısındaydı. Hazar'ın kuzeyindeki ova, yarın milyon kilometre kareden daha büyük bir alan suyun bir hayli altında yatıyordu. Bu, Şekil 10'da zencefil kökünün iri başını temsil ediyor. Volga'nın aşağı havzasının 400 kilometresini deniz yutmuştu. Volgograd o sırada deniz kıyısında kalıyordu, bu adeta Köln'ün bir plajı olması gibi bir durumdu! Su daha fazla yükselsemezdi, çünkü artı 50 metre seviyesinde Kafkasya'nın kuzey kenarındaki Kuma-Maniç ağzından Karadeniz'e bir üst akış meydana geliyordu. Karadeniz tam o sırada düşük bir seviyedeydi, bu durumda herhalde hoş bir çağlayan oluşmuştur.

Sebeplere gelince, bu konuda büyük anlaşmazlık var. Bazıları, arktik Sibirya'daki buzulların erime sularının Aral Gölü üstünden Hazar Denizi'ne ulaştığını söylüyor. Başkaları, bu kuramı savunmanın, insanın bilimsel saygınlığını tehlikeye atmasının en iyi yolu olduğunu düşünüyor. Her ne olursa olsun, dokuz bin yıl önce holosenin başında vuku bulan bu muazzam buzul baskınından az sonra Hazar Denizi tekrar son derece düşük bir seviyeye inmişti. Bu kimisine göre eksi 80 metre, kimisine göre de eksi 113 metreydi, demek ki birkaç bin ila on bin yıl içinde toplam 150 metre dolayında bir seviye farkı meydana gelmişti. Bununla kıyaslandığında 20. yüzyılın üç metrelik farkı adamaklılı önemsizdir. Şurası belli ki daha uzun çevrimler daha büyük seviye farkları gösteriyor.

Hazar Denizi için bunun anlamı, her su seviyesinin farklı sürelerle ve seviye farklarına sahip dalgalanmaların bir birleşimini temsil ettiğidir. Ve her çevrimin yine kendi sebebi vardır. Deniz kabuklarını, meslekten bir karides temizleyicinin hızıyla tasnif eden Moskovalı fosilbilimci [paleontolog] Aleksandr Adamoviç Svitoç, bu olguyu aşağıdaki küçük grafikte (Şekil 14) tasvir etti. Bu çok hoşuma giden bir şekil ve son yıllarda dünya çapında yükselen sıcaklıkların yarattığı korkudan söz edildiğini duyduğumda her zaman gözlerimin önüne geliyor. O zaman şöyle düşünüyorum: Gözümüzü hafif dalgalanmalara dikip çok daha büyük bir dalganın üstünde oturduğumuzu unutuyoruz.

Oysa bu eğrinin noktası noktasına doğru olup olmadığını henüz bilmiyoruz. Söz konusu eğri, bilimin henüz çok uzağında olduğu bir ideali temsil ediyor.

2003 yılındayız ve yeniden Volga deltasına gidiyoruz. Mevsimlerden güz; lotuslar neredeyse solmuş, uçsuz bucaksız kahverengi-yeşil yaprak yağmının içinden artık sadece tek tük pembe renkli çiçek yaprakları dışarı taşıyor. Sarı yumurtalıklar kahverengiye dönmüş, kabuklu yemişler dışarı dökülmüş ve artık ahşap duş başlıkları gibi duruyor. Bunlar hayatın geçiciliğini ifade etmesi düşünülen güz çiçekleri düzenlemelerinde seve seve kullanılıyor. 1995'in yüksek su seviyesi arkada kaldı ve artık delta tıpkı 30'lu yıllarda olduğu gibi tekrar hızla denize doğru genişliyor. Volga'nın çatallanarak denize döküldüğü sayısız yatağa dar kum yığınları eşlik ediyor, ama

su Yennadiy Vasilyeviç'in 1995'te bize göstermiş olduğu 1920'lerdeki seviyeye çıkmadı. O zaman kuruyan topraklar artık saz ve çayır kaplı. Üç metrelik bir alçalma onların meydana gelmelerine yetti, ama üç metrelik bir yükselme ortadan kalkmalarına yetmedi.

Görünüşe bakılırsa doğa kendi bildiğini okuyor. Deniz seviyesi küçük kısa çevrimlerle ve büyük uzun çevrimlerle yükseliyor, alçalıyor, yükseliyor. Peki, sonra? Aslında ne diye bu denli heyecanlanıyoruz ki? Niçin küçük çevrimlerde büyük yaygara koparıyor, eğilimlerin beklenmedik şekilde tersine dönmesiyle nahoş şaşkınlıklar yaşıyor, ama büyük çevrimleri, bunların gelecek kuşaklar için ne anlama geldiğini kavramadan kayıtsızca veya hatta keyifle izliyoruz?

ÇEVİRMENİN NOTLARI

- 1 Deniz ya da ırmak sularının basmasını önlemek için seddelerle çevrilmiş, akaçlanmış ve tarıma açılmış bölgeye verilen ad.
- 2 Prensler Kanalı: Amsterdam'daki dört ana kanaldan en dışta kalanı.
- 3 Deniz surlara vuruyor ve dalgalar onları bile aşıyordu.
- 4 İşime yarayan şeyi nerede bulursam alırım.
- 5 Özellikle deniz kuşlarının pisliklerinin bir yerde uzun süreden beri birikip yığılmasıyla oluşan, azot ve fosfat bakımından zengin, gübre olarak kullanılan madde.
- 6 Slavca kökenli olduğu ileri sürülen "sazan" kelimesi metinde böyle geçiyor.
- 7 İng. North Atlantic Oscillation'ın kısaltması.

ATALAR

"You can laugh at the sands as they run through the hour glass."

"Kum saatinde akan kumlara gülebirlsin"

G. S. VIERECK, P. ELDRIDGE, *My First Two Thousand Years*, 1929

Bu satırları yazarken tarih 22 Ekim 2004'ü gösteriyor. Durup düşünülmesi gereken bir tarih, çünkü 22 Ekim 4004'te –gerçi milattan önce– Tanrı yeri göğü yarattı. Elbette bu tam altı bin yıl değil, 6008 yıl ediyor. Dünyanın kuruluşunun altı bininci yılı, 22 Ekim 1996 tarihi, anılmaya değer bir gündü, çünkü Papa II. Ioannes Paulus tam o gün Papalık Bilimler Akademisi önünde, evrimin "bir hipotezden öte" olduğunu kabul etti.

Bu, papanın doğum günü hediyesi miydi? Yoksa o bir fırsat mı kaçırdı? Belki doğum gününden söz etmemesinin sebebi, yaratılış tarihini hesaplamış olanın bir Protestan, İrlandalı Anglikan piskopos James Ussher (1581-1656) olmasıydı. Ussher'ın hareket tarzı gayet basitti: Kutsal Kitap'ta soy sahibi olan tüm kuşakların ömürlerini üst üste toplamış ve bunu Kutsal Kitap'taki tek bir olayla birleştirmişti; söz konusu olayı ise Yunan ve Roma kaynaklarına dayanarak bir yıl rakamına bağlayabiliyordu: Bu, Nebukadnezar'ın ölüm tarihi olan MÖ 562'ydi.

Bu ataların çoğu olağanüstü uzun bir ömür sürdü: Dokuz yüz yaşını aşan birden çok örnek vardı ve birçoğu yüz yaşını çoktan geçtikten sonra çocuk sahibi olmuştu. İstisnai durum Hanok'u (365 yıl) dikkate almazsak, ataların ömrü giderek kısaldı: Adem 930 yıl yaşadı, Şit 912, Kenan 910, Mihail 895, Berd 847, Methuselah 720 ve nihayet Lamek 653. Gittikçe daha erken ölmeleri, I. Hooykaas'ın Kutsal Kitap'ın 1906 tarihli Leyden bas-

* Tam metin şöyle: *Today, (...) some new findings lead us toward the recognition of evolution as more than a hypothesis.* [Bugün, (...) bazı yeni bulgular bizi evrimin bir hipotezden öte olduğunu kabul etmeye itiyor.] İngilizce metnin ilgili bir dipnotta, bu cümlelerin Fransızcadan yanlış bir çeviri olduğu telkin ediliyor. Orijinal Fransızca metin şöyle: *Aujourd'hui, (...), de nouvelles connaissances conduisent à reconnaître dans la théorie de l'évolution plus qu'une hypothèse.* Papa muhtemelen birçok hipotez olduğunu söylemek istedi, ama o zaman *plus d'une hypothèse* demesi gerekirdi. Söylenen, söylenmiş olarak kalır –yazarın notu.

kısındaki tefsirinde benimsediğine göre muhtemelen sefaperest hayat tarzlarının cezasıydı. Son üçü, Yaratılış'tan sonra 17 Şubat 1307'de başlayan tufan sırasında ölüyordu; onlarla birlikte besbelli keza günahkâr olan hayvanların büyük bölümü de telef oluyor (sadece Georges Cuvier'nin *Les Révolutions du Globe*'da alaya aldığı gibi, görünüşe göre o denli şiddetli tutkuları olmayan balıklar hayatta kalıyordu).

Dokuz yüzyıl günah işlemeyen durmak bana gerçekten zor geliyor. Zamanımızda yeniden daha uzun bir hayata doğru yol alıyoruz, ama bunu daha erdemli olmaya borçlu olduğumuz şüphe götürür. Eğer bu ataların hepsi normal bir hayat sürmüş olsaydı ve kuşaklar için yaklaşık yirmi beşer yıllık normal süreler koysaydık, o zaman dünyanın yaşı sadece beş bin yıl olurdu. Ancak Ussher için dünyanın gençliği kadar ataların yüksek yaşları da sorun değildi –canım, Kutsal Kitap'ta öyle yazıyordu.

Gelgelelim Kutsal Kitap zaman ölçümünde, keza o denli kesin tarihlendirilen tufanın hikâyesinde de fazla hassas değil. Hooykaas'ın tefsirine göre iki tufan hikâyesi birbirine karışmakta, bunlar ayrıca karşılıklı çelişmektedir. Daha eski olanında 40 gün yağmur yağar (Kutsal Kitap 1; 7,4), daha yenisindeyse su yükselir, 150 gün hem yerden ağız, hem gökten yağar (Kutsal Kitap 1; 2, 24 ve 8,3). Eski hikâyede Nuh, gemisinde 60 günden biraz daha uzun kalır (Kutsal Kitap 1; 8,6-12), yenisinde bütün bir yıl. Nitekim tufan bu daha yeni hikâyede çok daha fazla yer tutar ve su en yüksek dağların 15 arşın üstüne çıkar (Kutsal Kitap 1; 7,19-20).

Yaratılış hikâyesi de Hooykaas'a göre daha eski bir Babil hikâyesinin gözden geçirilmiş şeklidir ve burada yaratılış altı değil, sekiz güne bölüştürülür, çünkü "Tanrı konuştu" sözleriyle başlayan, "Tanrı, yaptığına iyi olduğunu gördü" açıklamasıyla biten sekiz yaratılış eylemi var. Bu daha eski hikâyede şabat zikredilmez. Hooykaas, İsraililerin bundan gocundukları ve dolayısıyla bu yaratılış eylemlerinden ikisinin üçüncü ve altıncı yaratılış günlerine ertelendiği fikrindedir. Hikâyeyi kaleme alan öncelikle Dünya'nın yaratıcısı olarak Tanrı'sının onurunu korumak niyetindeydi ve bunu, yedinci günde Tanrı'nın dinlenmesini temsilen şabatı tesis ederek yapmak istiyordu.

Demek ki Dünya'nın tarihini Tekvin'de' anlatıldığına kıyasla biraz daha kesinleştirmek istediğimiz için utanmamıza gerek yok, çünkü Dünya

6008 yerine 4 milyar 550 milyon yaşındadır. Jeolojik zamanın o korkunç sonsuz derinliğine ilk kez göz atalı, yani radyoaktivitenin keşfinden bu yana henüz bir yüzyıl bile geçmedi. İnsan Dünya'nın yaşını bilmiyorsa, yer-yüzü süreçlerinin seyrini anlaması da mümkün değildir. Dünya'nın dört buçuk milyar yaşında olduğunu bilmemek, bir insanın ortalama yetmiş yıl yaşadığını bilmemekle birdir. Aynı ilişkiyi temel alırsak, bir insanın hayatı Ussher'in zaman cetvelinde bir saatten uzun sürmez.

Ussher'in zamanında işler basitti: Dünya insandan daha yaşlı olamazdı, çünkü başka hangi sebeple yaratılacaktı ki? Tanrı, yarattığını taçlandırıncaya kadar niçin uzun süre beklemeliydi? 18. ve 19. yüzyılda doğal bilimlere ilişkin bilgilerin arttığı ölçüde dünyanın yaşı da büyüdü.

Fransız bilim insanı Georges Buffon'a (1707-88) göre Dünya 74.800 yaşındaydı. Bu sonucu, farklı büyüklükte olan kor halindeki dökme demir küreleri oda sıcaklığına kadar soğuttuğu ve bunu Dünya büyüklüğünde bir küreye dair tahmin yürütmek için kullandığı bir deneyden çıkardı. Onun edindiği sonuca göre bir insanın ömrü on saattti. Charles Darwin konuyu başka türlü ele aldı. İngiltere'deki Downs bölgesinin erozyona uğramasının ne kadar zaman alacağını hesapladı ve 300 milyon yıl rakamına ulaştı –bu sayı onu bile ürküttü: Darwin'in sonuçlarına göre bir insan dört yaşını geçecekti! Bununla birlikte bu onun düşüncesine adanmış uyuyordu, çünkü bir türün başka bir türden gelişebilmesi için Darwin'in çok zamana ihtiyacı vardı. Darwin, sadece bulduğu gülünç sayının büyüklüğünden değil, fizikçilerin dikkate alamadıkları gayri ciddi yönteminden dolayı da anında çağdaşlarının eleştirilerine uğradı. Ünlü İngiliz fizikçisi Lord Kelvin'in daha iyi bir fikri vardı. Onun görüşüne göre Güneş ile Ay'a enerji veren tek kaynak yerçekimiydi. Kelvin, Dünya'nın başlangıçta sıvı olduğu ve sıcaklığın her 15 metrede 17 derece arttığı varsayımından hareket ediyordu. O dönemde bilinen fizik yasalarına dayanarak yaşının 20 ila 400 milyon yıl arasında olduğunu hesaplıyor, bu arada en mantıklı rakam olarak 98 milyon yaşını kabul ediyordu –bu, insanların 1,5 yaşına gelince öldükleri anlamına gelirdi. İnsan ne denli yaşlı olursa, dünyası o denli gençleşiyordu ve Kelvin'in bu konuya dair 1897'de kaleme aldığı son yazısında artık geride sadece 24 milyon yıl kalmıştı, bu da bizim hesap örneğimizde ortalama dört aylık bir insan ömrüne denk geliyor.

Ne var ki Henri Becquerel bir yıl önce radyoaktiviteyi keşfetmişti, bu da yeryüzünde yerçekiminden başka bir enerji kaynağı olduğu anlamına geliyordu. Bu durumda Dünya'nın soğuması daha yavaş vuku bulmuş olabilir-di, çünkü radyoaktivite yerkürede yeni sıcaklık meydana getiriyordu. İleri yaştaki birçok bilim insanı gibi yaşlılık hiperaktivite sendromunun tipik bir temsilcisi olan ihtiyar Kelvin de, gençlik yıllarının kuramından vazgeçme büyüklüğünü gösteremedi ve ona ün kazandıran rakama inatla bağlı kaldı.

Aslında uranyumun, kayaç ve minerallerde radyoaktif bozunmayla kurşuna dönüşmesi konusunda insanın elinde doğal bir saat bulunduğu halde, Dünya'nın yaşı hâlâ sistemli şekilde düşük tahmin ediliyordu. İngiliz jeoloğu Arthur Holmes, daha 1931'de National Research Council'in Washington'daki bir toplantısında, Dünya'nın yaşının her durumda 1600 milyon yıldan fazla, ama kesinlikle 3000 milyondan çok daha az olduğunu söylüyordu.

Holmes'ın insanları en azından yirmi yaşına geliyor, ama hiçbir durumda elliye geçmiyorlardı. Hiç uranyum içermeyen meteoritlere kıyasla yeryüzündeki kayaçlarda radyoaktif bozunma yoluyla ne kadar daha fazla kurşun mevcut olduğunu saptamak suretiyle, dünyanın bugün 4,6 milyar yaşında olduğunu biliyoruz. Böylelikle insan yetmiş yaşına geliyor. Bu tartışmada dikkati çeken, jeolojik zaman duygusu edinmenin güçlüğüdür. İngiliz jeoloğu Anthony Hallam *Great Geological Controversies* başlıklı kitabında, "Kambriyenin başlangıcı, 1885 ve 1902 yılları arasında çeşitli yazarlarca 3, 18, 28, 600, 794 ve 2400 milyon yıl öncesine tarihlendirildi!" diye yazıyor. Bugünse bu tarihi bir ondalık hanesine kadar bile, bir milyon yıllık ($542,0 \pm 1$) bir belirsizlikle kesin biliyoruz.

Keza dünyanın üç işlev tarzının –ırmak olarak, dalga olarak ve uyarıtı olarak– içyüzünün kavranması da bugünden yarına meydana gelmedi. Bu, özellikle 17. yüzyıldan 19. yüzyıla kadar Thomas Burnet, Abraham Gottlob Werner, James Hutton, Charles Lyell, Georges Cuvier ve Charles Darwin gibi jeolojinin kurucuları sayesinde oldu. İşin garibi, onların gerçek düşüncelerini keşfetmek o denli basit değil. Bu da artlarından gelen birçok kimsenin onların bizzat yazdıklarını değil, aksine başkalarının onlara dair yazdıklarını okumalarından kaynaklanıyor. Çoğu defa fikirleri, bazen anlayamamaktan, bazen de kasten çarpıtılarak ifade edildi. Ancak kısa süre önce Stephen Jay

Gould, Anthony Halam ve Martin Rudwick gibi bilim tarihçileri orijinal metinlere geri gitti. Jeolojinin kurucuları hakkında onlarca yıl dikkatsiz okuyucular, tembel yazıcılar ve başka taklitçiler tarafından kuşaktan kuşağa aktarılan klişelerin yavaş yavaş ortadan kalkmasını o insanlara borçluyuz.

Bu arada bizzat bilim tarihçilerinin de at gözlüğü taktıkları oluyor. Sözelimi Rus asıllı *uomo universale* [evrensel insan] –fizikçi, kimyacı, filozof, yazar, dilbilimci, mineralog, Moskova Devlet Üniversitesi’nin kurucusu ve İsveç ile Bologna bilim akademilerinin şeref üyesi (bu sonuncusu mozaikler için bir renkli cam üretim tekniği bulmasından dolayıydı)–Mihail Vasilyeviç Lomonossov, Batı Avrupa ve ABD’de fazla ilgi görmemişti. Lomonossov, *O slojach zemnych* (Yeryüzü Katmanları Üstüne, 1750’de yazılıp 1763’te yayımlandı) başlıklı kitabında başka şeylerin yanı sıra Amsterdam’ın altındaki balçık, turba ve kum tabakalarını, bir de Utrecht yakınında turba çıkarılmasını çok doğru tasvir eder; ayrıca Kuzey Denizi’nin, balinalardan gizlenebilen ringalar için bir sığınak olduğunu belirtir. Lomonossov, yerkabuğunun hareketlerini sarsıntılara (deprem), yavaş dalgalanmalara –bunlar deniz seviyesinin yükselip alçalmasına sebep oluyor– ve sıradağlar meydana getiren hızlı (yıkıcı) süreçlere ayırır: Uyarı ve dalga olarak zaman. Bu şekilde Lomonossov, gelecek bölümde ele alacağımız tekbiçimciler ile katastrofistler’ arasındaki tartışmada yarım yüzyıl öndeydi.

İngiliz bilgini Thomas Burnet (1635-1715), Dünya’nın tufandan başlayıp soğumasına kadar nasıl gelişeceğini masa başında keşfettiği için uzun süre hayalperest olarak kötülenmişti. İlk kez Stephen Jay Gould *Time’s Arrow, Time’s Cycle*’da, Burnet’in *Telluris Theoria Sacra*’da (Dünya’nın Kutsal Kuramı) adlı eserinde Kutsal Kitap’a karşı zorbaca davranmaksızın Dünya’nın tarihini Newton’ın fizik yasaları vasıtasıyla kavramaya çalıştığını gösterdi.

Burnet’in tarihi, her türlü parçacığın düzensiz halde karmakarışık hareket ettiği kaosla başlar. Yaratılış süreci sırasında ağırları hafiflerinden önce olmak üzere aşağıya yuvarlanan parçacıklar, ortak bir merkez etrafında tabakalar halinde bir küre meydana getirir: Cennetin dünyasıdır bu, atalarımızın dokuz yüz yaşına kadar yaşayabildikleri, ama ne yazık ki aynı insanların günahları yüzünden tufan tarafından yutulmuş harika bir yer. Tufandan geriye kaotik bir enkaz yığını, bugünkü Dünya’mız kaldı.

Ve Burnet, Newton'cu bir bilgin olarak şunu sormadan edemez: Tufanın bütün bu suyu nereden geliyor? Çünkü Burnet Dünya üzerindeki toplam suyun, 40 gün yağmurdan sonra bile tüm yerküreyi 15 arşınlık [yaklaşık 10 m] bir su tabakasıyla kaplamaya yetmeyeceğini hesaplamıştı. Öyleyse suyun derinden gelmesi gerekiyordu. Burnet bunu kafasında şöyle canlandırdı: Derinden o denli çok su gelmişti ki yerkabuğu bunun ardından çökmek zorunda kalmıştı ve dolayısıyla o günkü peyzaj bu denli çapraşık bir kargaşa sunuyordu.

Burnet, peygamberden, günün birinde dünyanın her şeyi yakacak kızgın bir korun kurbanı olacağını öğreniyor ve bunu o zamanki bilime uygun bir form içinde tasvir ediyordu. Önce bütün su buharlaşacak, ardından Vezüv ile Etna ateşi tutuşturacak ve kömür tabakalarının hepsi, yeryüzünün tüm gözeneklerinden kaçan havanın körüklemesiyle alev alacaktı. Bu yangınların bütün is parçacıkları, ağırları hafiflerinden önce olarak tekrar dünyaya yağacak ve bu suretle yeniden ortak bir merkez etrafında kusursuz bir küre meydana gelecekti –yeni cennet.

Burnet'in fikirleri bugün Dünya hakkında bildiklerimizden çok uzak olmakla birlikte, yine de onun tutarlı bir doğa bilimleri kuramı geliştirmeyi denediğini kabul etmek zorundayız.

Bilimin bugünkü seviyesinden hareketle şunu söyleyebiliriz: Burnet sadece sıralamada yanılmıştı. Dünya ile diğer gezegenlerin, Güneş'in oluşumundan az sonra bir gaz bulutu içinde çarpışan toz parçacıklarından meydana geldiği kabul ediliyor. Bütün bu parçacıklar yerçekimiyle toplanıyor, Dünya sıcak ve akıcı bir hale geliyordu. En ağır unsurlar Dünya'nın çekirdeğine doğru çekiliyor ve daha hafifleri –yer mantosu, yerkabuğu, hidrosfer [suküre] ve atmosfer [havaküre]– portakal kabukları gibi onun çevresini sarıyordu. Böylece gezegenimiz ortak bir merkez etrafında yapılanıyordu. Beş milyar yıl içinde, Dünya'nın son evresinde yeryüzündeki radyoaktivite ve levha [plaka] tektoniği durduğunda son erozyon süreçlerinde kalan dağlar düzleşecek ve sonuncu tortul maddecikler denize sürüklenecek. Bunlar, önce daha ağırları, sonra daha hafifleri olmak üzere orada çökecek, böylece tekrar pürüzsüz bir küre meydana gelecek.

Yanardağların, yanmakta olan yeraltı kömür tabakalarının eseri olduğunu sanan atalarımıza eskiden yüksek sesle gülmeden edemezdik –bu in-

sanlar o zamanlar ne denli az bilgi sahibiydiler! Ne denli safdildiler! Ta ki bir keresinde Çin'de, yerin 200 m altında taşkömürü tabakalarının yandığı, kor halinde, kıpkırmızı bir dağın üstünde bizzat durana kadar: Yerden küktürt, katran ve amonyak buharları yükseliyor, erimiş kumtaşı damlaları sanki lavmış gibi sarp kaya boyunca aşağı kayıyordu. Bu fenomene milyonlarca yıldır rastlanıyor. Çin'de bu taşkömürü yangınlarını söndürmek için muazzam para akıtılıyor. Bazı kimseler, bugün atmosferde karbondioksit miktarının yüzde 2-3 artmasının Çin'deki bu taşkömürü yangınlarının sonucu olduğunu düşünüyorlar. Bu olay Burnet'in döneminde hâlâ sık sık vuku buluyordu. Safdil olan bendim. Belki Burnet daha da uzağı görmüştü, çünkü Güneş 13 milyar yıl sonra kıvılcık bir deve dönüşecek ve o denli büyüyecek ki Dünya'yı yakıp kül edecek. Ve genişleyen evren, kimilerinin sandığı gibi herhangi bir anda tekrar büzülüp yeni bir Büyük Patlama olursa, Burnet'in modeli onun bizzat hayal etmeyi göze alacağından da büyük bir öngörü değerine sahip olacaktır. Çünkü o zaman her şey yeni baştan başlayacaktır.

Burnet ve Newton bir noktada, yaratılış günlerinin süresi konusunda farklı görüştüler. Newton, Dünya'nın o dönemde belki kendi eksenini etrafında daha yavaş döndüğünü, bundan dolayı çok uzun günler olduğunu ileri sürdü, ama Burnet'in aklına bununla ilgili, Dünya'nın daha sonra kendi eksenini etrafında birdenbire daha hızlı dönmesi için hiçbir bilimsel sebep gelmiyordu. Burnet, Güneş'in dördüncü günde yaratılmasından önce bir "gün"den söz edilemeyeceğini ve dolayısıyla yaratılış günlerinin uzunluğunu alegori şeklinde görmek gerektiğini düşünüyordu. Modern görüşe göre, tarihinin başlangıcına kıyasla Dünya'nın kendi eksenini etrafında daha yavaş dönmesi de dikkate alınacak eğlendirici bir noktadır. Sürtünmeden dolayı Dünya'nın dönüşü yavaşlamaktadır.

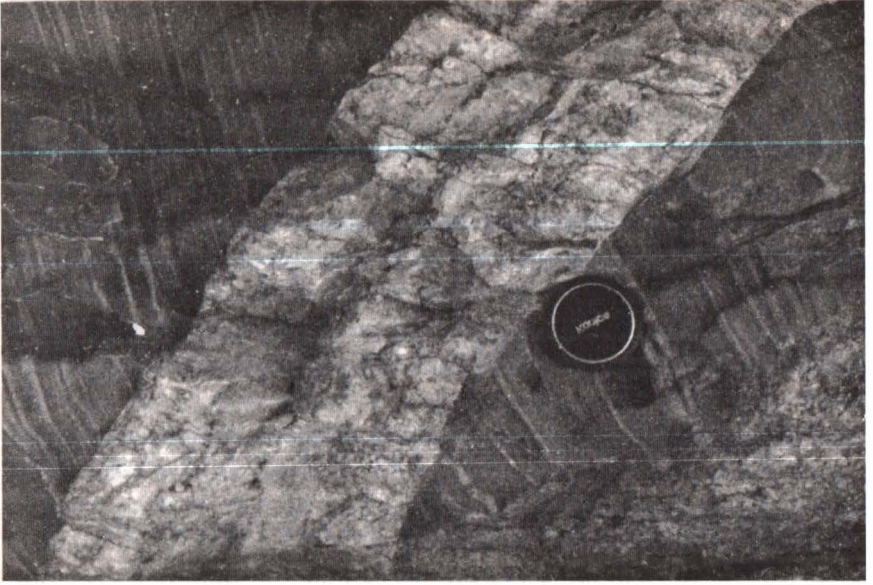
Gerçekten atalara layık adları olan Abraham Gottlob⁴ Werner (1749-1817), Saksonya'da Freiburger Bergakademie'de profesördü ve o denli yetenekli bir öğretmendi ki onu dinlemeye Avrupa'nın dört bir yanından insanlar geliyordu. Yazmayı ders vermeye tercih ettiğinden onu kendi eserlerinden çok öğrencilerinin ders notlarından tanıyoruz. Werner'in görüşleri kendisinin değil, daha ziyade meslektaşlarının saha araştırmalarına dayanıyor, bu durum sağlığının kötü olmasıyla açıklanıyordu.



Şekil 15. Kolombiya Andları'nda Garzón (Huila) yakınında bir uyumsuzluk [diskordans] örneği. Magdalena Irmağı'nın çöktürleri dağ oluşumuyla yatık olarak yerleşip ardından erozyona uğramış, bunun üstünde aynı ırmağın yeni bir yatay çakıl tabakası tortulaşmıştı. Yatık durumdaki tabakalar 14 milyon, bunların üstündeki yatay çakıl tabakası iki milyon yaşındadır. Öyleyse uyumsuzluk yüzeyi 12 milyon yıllık bir boşluğu temsil etmektedir.

1777'de yakındaki Harz, Erzgebirge ve Thüringer Wald bölgelerinde, yaşlısından gencine doğru beş büyük birim ayırt ediyordu, bunlar sırasıyla “yerli kayaçlar”, “geçiş kayaçları”, “tortul kayaçlar”, “katmanlı kayaçlar” ve “volkanik kayaçlar”dı ve bu birimlerin her biri daha küçük kayaç alt birimlerine ayrılır. Bu yaş sınıflandırması hâlâ büyük ölçüde geçerlidir.

Her ne kadar Werner fazla saha araştırması yapmadıysa da –belki tam da bu sebeple– kendi küçük âleminin tarihini tüm Dünya'nın tarihi olarak genelleştirdi, bir tür taşralılıktı bu ve 20. yüzyılın içlerine kadar ayakta kalan birçok dirençli yanlış anlamanın kaynağı oldu. Sözgelimi Sovyetler Birliği'nde 1985'e, yeniden yapılanmaya (perestrojka) kadar levha tektoniği hakkında konuşmak mümkün değildi, çünkü jeolojinin büyük isimleri, en



Şekil 16. Siyah şist içinde granit damarları (Milliau/Brötanya/Fransa).

başta V. V. Belussov, onların küçük Moskova dünyaları içinde yeryüzünün sadece aşağı yukarı hareket ettiğini görüyorlardı.

Werner bütün kayaların, hatta bazaltın, Camargue tuzlarındaki tuz gibi deniz suyunun çökeltileri olduğunu düşünüyordu. Bu suretle tarihe, deniz tanrısı Neptün'ün adından dolayı Neptünist olarak geçti. Günümüzde artık buna inanmıyoruz ve bundan dolayı birçok kimse Werner'i jeolojinin yanlış yola sapanlar takımına sürgün etti, oysa Werner en azından bu çökeltme sürecini doğru bir mantıklı sıralama içinde gösteriyordu. İlk en derin su tabakalarının "yerli kayalar"ındaki granit ve şistler çökeliyor; bunu, suyun sıkışıp bulanıklaşmasından sonra "geçiş kayaları"nın birkaç fosil ve de küçük miktarlarda kum ile balık içeren çökeltileri izliyordu. Zaman ilerledikçe, nitekim artık "tortul kayalar"a ulaşmış oluyorduk, kum ile balık giderek önem kazanıyor ve fosil miktarı da artıyordu. "Katmanlı kayalar" da, toprağın en derin kesimlerinde, yani ırmak vadilerinde artık sadece kum ile balık çökeliyordu.

Gerçi James Hutton sayesinde bugün “yerli kayaçlar”ın granitlerinin ve bazaltların (“volkanik kayaçlar”) deniz suyundan değil, magmadan çıktığını biliyoruz, ama bu durum, burada Dünya’nın bir parçasının modern jeoloji tarihindeki başlangıcının söz konusu olduğu olgusunu değiştirmiyor. Anthony Hallam bunu şöyle dile getiriyor: “Werner’in sistemi Hutton’inkinden önemli bir bakımdan daha üstündü: Bir stratigrafiye sahipti.” Zamanının bir doğrultusu, bir oku vardı. Zamanı, akış içindeydi.

Sözgelimi iki yüzyıl öncesinden bu yana modern jeolojinin kurucusu olan İskoç James Hutton (1726-97) stratigrafi bilmiyordu, aksine koyu bir çevrimciydi. 1788’de İskoçya’daki Siccar Point’te, sonradan onun namına kitap yazacak olan John Playfair’le birlikte dikkat çekici bir kaya gözlemliyordu. Buradaki dikey şist katmanları bir bıçakla yatay kesilmiş görünüyordu. Üstte, kesitte, yatay durumda bir kumtaşı [kuvarsit] kütlesi bulunuyordu. Bizler böyle bir kesiti uyumsuzluk [diskordans] diye adlandırırız. Hutton bunun önemini fark eden ilk kişiydi. Şist, denizde yatay olarak çökelen kilden meydana gelir. Oysa bu şist dikey duruyordu ve adamakıllı sıkışmıştı. Yani yeryüzünün içinde kili şist halinde sıkıştıran ve bunu kılıçlama’ yerleştirebilen güçler vardı. Daha sonra şist yerinden kalkmış, çatlayan dalgalar dikey şist kütlesini bıçak keskinliğindeki kesite kadar erozyona uğratmış ve üzerine yeni bir kum tabakası sermişti. Ardından bu kum da keza taşlaşmış ve denizden yükselmişti (Şekil 15).

Demek ki burada bir dizi olgudan oluşan bir çevrim görüyoruz: Kilin çökmesi, sıkışması ve kılıçlama dikilmesi, yukarı kalkması, erozyona uğraması, yeniden bu kez kumtaşı halinde çökmesi ve tekrar sıkışma, yukarı kalkma ve erozyon. Playfair şöyle yazıyordu: “Sanki şist o dönemki denizin zemininiymiş gibi kendimizi zamanda geri gitmiş hissediyorduk ve okyanus sanki kumtaşını, kum ve kil suretinde henüz daha yeni çöktülmüştü.” Ve Playfair tumturaklı üslubuyla devam ediyordu: “The mind seemed to grow giddy by looking so far in the abyss of time.”⁶

Bu çevrimlere güç veren neydi? Hutton daha hiçbir uyumsuzluk görmemişken de buna kafa yormuştu. Çünkü 1785'te Grampian Highlands'teki [İskoçya] Glen Tilt'te, pembe renkte granit damarlarının siyah şistin arasından boydan boya geçtiğini görmüştü. Granit! "Yerli kayaç", en

yaşlının en yaşlısı! Nasıl olur da başka bir kayacın içinden boydan boya geçebilirdi! (Şekil 16). Öyleyse granit daha genç olmalıydı ve sıvı halde olması gerekirdi! Magma! Hutton'ın beyninde gerçekten şimşek çakmış olmalıydı. Playfair, ona eşlik eden rehberler, sevincine bakarak bir altın ya da gümüş damarı bulduğunu sandılar diye yazar.*

Kapstadt 1997. Burada bir jeoloji kongresine katılıyorum. Güney Afrikalı jeologlar Roger Smith ile Brian Turner bizi Oueen's Beach'e, lüks otellerin olduğu işlek bir bulvarın altında kalan, etkileyici kaya bloklarının bulunduğu geniş bir kumsala götürdüler. Yeşil yosunların ve cilalı gibi kaygan kayacın üstünde kaydık. Bu, sarı beyaz renkte enfes granit⁷ damarlarının garip hatlar çizdiği siyah, düzensiz faylarla dolu bir gnays kütlesiydi. Çatlayan her dalga renk tezaadını vurguluyordu –şaşılacak bir görüntüydü. Merdivenlerden bulvara doğru çıktık. Yukarıda parmaklığa, aşağıdaki metnin yazılı olduğu bir madeni levha vidalanmıştı:

“Bu levhayla deniz arasındaki kayalar, koyu renkli şist ve açık renkli granitin meydana getirdiği örnek bir dokanak kuşağıydı.⁸ Bir tortul kayaçla bir püskürük kayaç arasındaki dokanağa dair bu ilginç örneğe ilk kez 1818'de Clarke Abel tarafından değinildi. Bu yerin keşfi, jeolojinin gelişme tarihi üzerinde tekrar tekrar canlandırıcı bir etki yaratmıştır. Burayı tasvir edenler arasında 1836'da ziyarete gelen Charles Darwin özellikle kayda değer.”

Bacaklarım çözülüyor. Kırmızı kürecik! Zamanın derinliği, şimdi de bilim tarihi! Charles Darwin onu gördü, tam da bu dokanak kuşağını ve onu günlüğünde özenle anlatıyor. Acaba Darwin tam olarak nerede durmuştu? Önemdeki resmi 150 yıl öncekiyle bağdaştırmaya çalışıyorum. O zamandan bu yana neler değişti? Kaç kaya bloğu yerinden yok oldu, çatlayan dalgalarla aşındı? Sayılarının fazla olduğunu sanmıyorum.

Burada bende olduğu gibi Darwin'in beyninde de aynı şimşek çakmış olmalıydı. Nerede araması gerektiğini o da biliyordu, çünkü ondan ön-

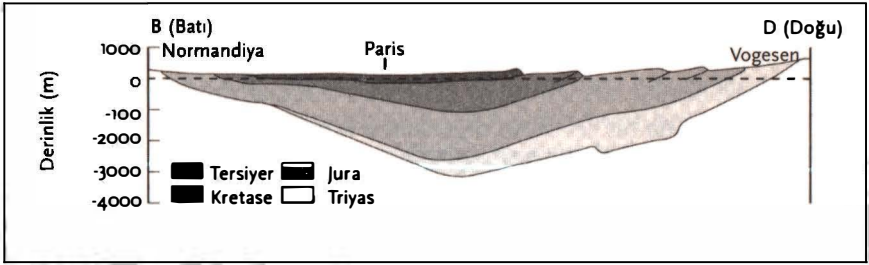
* Stephen Jay Gould (*Time's Arrow, Time's Cycle*) burada Hutton'a haksızlık ediyor. Gould'a göre bu gözlemler Hutton'ın kuramının gelişmesi açısından önemsizdi, ama yukarıda değinilen heyecana bakılırsa bunun gerçekten önemli bir rol oynamış olması gerekir -yazarın notu.

ce zaten John Playfair 1815'te kaptan Basil Hall'a yazdığı mektup vesilesiyle buna değinmişti (demek ki Clarke Abel ilk değildi). Playfair şöyle yazıyor:

"Thus the granite is shewn, I think with great probability, to be newer than one of the rocks incumbent on it and older than the other. I know not that we have ever before had an example of a fact which so directly ascertains the place which granite really occupies, in respect of other parts of mineral kingdom (...); it is highly favourable to opinion, that granite does not derive its origin from aqueous deposition."⁹

Hutton'ın çevrim imgesini uyumsuzluk [diskordans] tamamlar. Çökeltiler giderek daha kalın tabakalar halinde denizde birikir, bu suretle git-tikçe yerkabuğunun daha derinlerine ulaşır, bu sırada -ta ki sonunda eriyip magmaya dönüşünceye kadar- sıcaklığı gitgide artar. Granit magması çökeltileri yukarı kaldırır, sıkıştırır ve şeklini değiştirir, böylece deprem ve yanardağ etkinliğiyle (volkanizm) iç içe olan yeni bir dağ kütlesi meydana gelir. Irmaklar dağı erozyona uğratar ve denize tekrar çökelti taşır –ve bu şekilde daire tamamlanır: Ebedi bir dalga hareketi.

Hutton'ın nazarında Dünya, içindeki sıcaklığın sağladığı güçle sonuza kadar iş görebilecek bir makineydi. Söz konusu tez, bu makinenin nasıl oluşmuş olduğu ve gelecekte nasıl gelişeceği sorusu sorulmadığı sürece geçerliydi. Hutton'ın 1795 tarihli *Theory of the Earth* adlı eserindeki ünlü son sözlerini hatırlayalım: "No vestiges of a beginning, no prospect of an end."¹⁰ Ona göre başlangıç ile son bilimin görüş alanı dışında kalıyordu ve bu görüşünün Newton'un Güneş sistemi vizyonu ile pekiştiğini hissediyordu. Newton'un sisteminde de, o zaman bilindiği kadarıyla, bir başlangıç ve son yoktu. Ve Hutton'ın başlangıçta tıp eğitimi görüp Leyden'de kan dolaşımı üstüne bir tezle doktora yaptığını unutmamamız gerekir. Hutton safkan bir çevrimselciydi. Jeolojik zamanın sonsuzluğuna kesinkes inanmıştı ve Dünya'nın bir de tersine çevrilemez bir tarihi olması gerektiğini görmek istemiyordu; Playfair, *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth*'de (1802) bu görüşü örtbas ediyor ve sonraki birçok kuşağın gözünden kaçır-



Şekil 17. Paris Çanağı'nın enine kesiti.

yordu. İlk kez Stephen Jay Gould, Hutton'ın çevrimselliğinin tavizsizliğini yeniden kamuoyunun dikkatine sunuyordu.

Charles Lyell (1797-1875) Hutton'dan bir adım daha ileri gidiyordu. Sadece bu çevrimselliği benimsemekle kalmıyor, aksine aynı zamanda çevrimin tüm süreçlerinin o gün de hâlâ etkili olduğuna inanıyordu. Süreçler doğa yasalarını takip eder ve çevrim istediği kadar eski olsun doğa yasaları değişmez. Onun ana tezine göre: *The present is key to the past.* Kumsala giderseniz, çatlayan dalganın kayanın üstüne kum yığarak nasıl bir uyumsuzluk [diskordans] yarattığını görürsünüz. Fransa'da Masif Santral'e¹² giderse- niz, o zaman eskiden bir gölde çökelmiş olan ve artık deniz seviyesinden yüzlerce metre yukarıdaki yanardağlar tarafından yükseltilmiş tabakalar görürsünüz. Magmanın var olduğuna inanmıyorsanız –zira Freiberg Akade- misi'ndeki berjer koltuğunuzdan bunu göremezsiniz, azizim Abraham Gottlob– Etna'yı bir ziyaret etmeniz yeter. İnsan bütün Dünya'yı, son dere- ce yavaş olsalar da bugünkü süreçlere dayanarak açıklayabilir, elbette bütün bu çevrimler için yeterince vakti olması şartıyla. Oysa jeolojik zaman son- suzdur. Lyell'in *opus magnum*'u [başyapıt], modern jeolojinin ilk elkitabı olan *Jeolojinin İlkeleri*¹³ (1830-33) baştan sona bu görüşü savunur. Söz konu- su ilke İngilizcede *uniformitarianism* [tekbiçimcilik] olarak da anılıyor, jeolo- jinin bir ilkesinden ziyade karanlık bir tarikatı hatırlatan ürkütücü bir nite- lemedir bu. Almandaca *Aktualismus* [aktüalizm] terimi kullanılıyor, aslında bu tam olarak eşanlamlı değil, çünkü İngilizce kavram doğa yasalarının de- ğiştirilmezliği de işaret ediyor.

Ne var ki gerek Hutton'ın *steady-state earth*¹⁴ kavramının, gerek Lyell'in aktüalizminin zayıf bir yeri var: Hayatın tarihi ve insanın meydana gelişi. Çünkü bunlar, zaman içinde bir ilerleme olduğunu, zamanın aktığını ve aynı zamanda bir çevrimin diğerinden farklı olduğunu tartışılmaz bir şekilde gösteren noktalar. En eski katmanlarda fosil yoktur, üstlerindeki katmanlardaysa sadece ilkel organizmalar mevcuttur; jeolojik sırada tırmanmaya devam edilirse birbiri ardına bitkiler, sonra amfibiler ile sürüngenler, bunların ardından memeliler ve nihayet primatlar ile insan gelir. Bunu ilerleme, harika bir aksilik ya da tesadüfi bir çakışma olarak adlandırıp adlandırmamayı bir kenara bırakalım: Gerçek şu ki, zamanın ilerlemesiyle hayat formlarının karmaşıklığı da artıyor. Hatta yaratılış tarihinin Tekvin bölümündeki isimsiz yazarı önce bitkileri, ardından hayvanları ve ancak ondan sonra insanları vücuda getiriyordu. Onun bitki-hayvan-insan şeklindeki bu sıralamaya nasıl ulaştığını hiçbir zaman öğrenemeyeceğiz, ama o sırada besin zincirinden esinlenmiş olması muhtemeldir. Eğer Yaradan daha önce bitkileri yaratmamış olsaydı, Kutsal Kitap'taki inekler, keçiler ve koyunlar ne yedi? Hayat formlarının zaman içinde ilerlemesi, John Phillips tarafından 1841'de jeolojik zamanın üçe bölünmesiyle resmîyet kazandı: Paleozoik, mezozoik ve senozoik zamanlar (aslında bu Giovanni Arduino'nun 1760'taki *primario* [birinci], *secundario* [ikinci] ve *terziario* [üçüncü] şeklindeki, jeolojik zamanı değil katmanları belirten sınıflandırmasının bilmeden tekrarlanmasıydı). Zamanın, başlangıç ve sona ilişkin soruyu da kaçınılmaz kılan, geri döndürülemez bir okuydu bu.

Oysa çevrimselciler bu soruyu sormak istemiyordu. Hutton fosilleri sadece tortulaşma ortamının göstergesi sayıyordu: Midyeler denizin etkisinin, ağacın fosilleşmeleri ise karanın mevcudiyetinin göstergeleridir; bununla birlikte Hutton onları hayata dair kendi hikâyelerini anlatan mesajlar olarak görmüyordu. Lyell de, türlerin hepsinin bütün jeoloji tarihi boyunca her yerde ortaya çıkabileceği fikrindeydi. Dünyanın henüz keşfedilmemiş yerlerinden birinde paleozoik zaman katmanlarında memeli hayvanların da bulunması sadece bir zaman meselesiydi. Bu hayvanların Avrupa'da henüz bulunamamasının tek sebebi jeolojinin tarih kitabında o denli çok sayfanın eksik olmasındandı. Hatta Lyell dünya tarihinin çevrimselliğine o ka-

dar inanıyordu ki *iguanodon*, *ichthyosaurus* ve *ptero dactylus* gibi dinazorların, iklim günün birinde tekrar daha ılıman hale geldiğinde yeniden peyda olacağını düşünüyordu. Ancak otuz yılı aşkın bir süre sonra, bu paleozoik memeli hayvanların dünyanın büyük bölümünde boşu boşuna aranmasının ardından, 1866'da kitabının sekizinci baskısında hayatın herhalde bir gelişme geçirmiş olduğunu kabul etti. Charles Darwin'in evrim kuramı onu bu noktaya getirmişti.

Hayatın tarihiyle ilgili bir sorun daha vardı. İlk kez Georges Cuvier (1769-1832) değişik fosil türlerini, üstelik doğrudan kendi çevresinde, Paris Çanağı'nda¹⁵ titizlikle inceledi. Burası verimli bir buluntu yeridir. Paris Çanağı, üst üste yığılı katmanlardan meydana gelen kâse şeklinde bir teknedir, en dıştaki katmanın çapı 500 kilometre olup ortaya doğru gide rek daralır. Başlangıçta yatay halde sığ denizlerde ve kıyılar boyunca çöke len, bunun ardından bir kâse şeklinde hafifçe sıkışan bir kireç, marn ve kum istifidir. Steno'nun daha 1699'da ortaya koyduğu üst üste gelme kuralına göre en yaşlı katman altta, en genciye üstte bulunur. Öyleyse Paris Çanağı'nın dış tarafındaki en büyük kâse en yaşlısı, en küçüğü en gencidir. Paris'ten, teknenin merkezinden kuzey, batı ya da doğuya doğru gider seniz, o zaman zorunlu olarak daha yaşlı katmanlarla karşılaşacaksınız –jeoloji tarihinin 200 milyon yılı aşkın bir dönemi içinde harikulade bir zaman yolculuğudur bu (Şekil 17).

Cuvier bu yolculuğu yaptı; güzergâhının her merhalesinde bulduğu fosilleri itinayla not etti. Sonuçları 1812'de *Discours sur les Révolutions de la Surface du Globe*'da yayımladı. Peki, Cuvier orada ne yazıyordu:

“Halihazırda dünyada ne olduğunu bir gözlemleyelim. Yeryüzünde hâlâ etkili olan süreçleri tahlil edelim ve bu etkilerin nerelere kadar uzandığını saptayalım. Uzun süre –tıpkı siyasi tarihte, günümüzün duygu ve entrikalarını bildiğimiz takdirde geçmişin olgularını da kolay açıklayabileceğimiz gibi– daha önceki büyük değişimlerin bugünkü süreçlerle açıklanabileceği görüşünde olmamız, bunu dünya tarihinin daha da önemli bir bileşeni kılıyor. Ancak ne yazık ki bunun doğa tarihinde geçerli olmadığını göreceğiz: Süreçlerin halkala-

n kırılıyor; doğanın seyri değişti ve bugün kullandığı aletlerin hiçbirisi daha önceki işlerini yaratabilmek için yeterli olmazdı.”

Demek ki daha Lyell'in 1833'te *the present is the key to the past* [geçmişin anahtarı şimdiki zamandır] sloganını türetmesinden önce Cuvier bu ilkenin farkındaydı, sadece ona inanmıyordu. Ve bunun için de iyi gerekçeleri vardı. Bundan dolayı Lyell, eski bir avukat sıfatıyla sahip olduğu bütün o belagat yetenekleriyle Cuvier'nin kuramını gülünç duruma düşürmeye çalışmadı mı?

Cuvier, Paris Çanağı'ndaki zaman yolculuğu sırasında tatlı su tortulaşmalarıyla tuzlu su tortulaşmalarının birbirini takip ettiğini görmüştü, bu da bir çevrimselliğe işaret ediyordu, ama ne Hutton, ne Lyell'in bunun için utanç duymaları gerekiyordu. Cuvier buradan hareketle deniz seviyesinin bir yüksek, bir alçak olması gerektiği sonucuna da varmıştı. Buraya kadar her şey yolundaydı, ama çevrimselliğe, *steady-state earth*'e uymayan olgu, belirli katmanlarda sayısız organizmanın ansızın kaybolması ve buna karşılık büsbütün yeni türlerin ortaya çıkmasıydı. Türlerin de neslinin tükenebileceğini ilk ima eden Cuvier'ydı. Bunu yaparken, başka şeylerin yanı sıra Sibirya'nın daimi don¹⁶ tutmuş topraklarında bulunan mamutlara dikkati çekiyordu. Bunlar hâlâ o denli tazeydi ki keşif seferine katılan köpekler onlardan et parçaları koparmıştı. Mamutlar ani bir afet sonucu ölmüş olmalıydı, yoksa etleri bozulmuş olurdu. İyi de, söz konusu afet neydi?

Cuvier'nin meslektaşı Alexandre Brongniart, 1821'de Alpler'in yükseklerinde ve başka sıradağlarda aynı ani kaybolma ve yeniden ortaya çıkma örneklerini keşfetti. Böylelikle bu sıradağların ne zaman meydana gelmiş olduğu da tespit edilebildi. Cuvier'nin parlak öğrencisi Élie de Beaumont, tam da türlerin beklenmedik kitlesel ölümü anında, bugün kretase ve tersiyer diye andığımız dönemlerin sınırında Pireneler'in de oluşmuş olduğu sonucunu çıkarıyordu. Belki bu olaylara pekâlâ sıradağlar yol açıyordu! Bugün gördüğümüz türden sakın sakın seyreden çevrimler söz konusu değildi: Tıpkı Lomonossov'un 1750'de varsaydığı gibi hem nispeten sakın dönemler, hem yıkıcı jeolojik etkinlik dönemleri hüküm sürüyordu. Hutton'ın uyumsuzluk [diskordans] kavramının gerçek anlamı buydu: Afetler! Yeryüzü bir facia ti-

yatrosundan ibaretti! Uyarı olarak zaman! Buna göre Dünya'yı vurmuş tek afet tufan değildi; burada yeni bir yıkım şekli peyda oluyordu. Élie de Beaumont daha 1829'da dağ oluşumunda dört ana evre tanımlamıştı. Daha sonra bu sayıyı 12, ardından 22 ve hatta sonunda 100'e çıkarıyordu –Guido Chiesura'nın, harika kitabı *Charles Darwin Geologo'da* (2002) betimlediği üzere böylelikle aslında olayın afet karakterini telar zayıflatıyordu, çünkü bu suretle dağ oluşumu adeta sürekli bir etkinliğe dönüşüyordu.

Lyell böyle afetlere inanmıyordu. Bununla alay ediyor, Cuvier'yi haksız yere inatçı tufan havarileri kulübüne sokuyor ve Paris ekolünün fikirlerini o denli çarpıtıyordu ki katastrofistler bir yüzyıldan daha uzun bir süre ciddiye alınmıyorlardı –ona gelince bu dönemde ölümünden çok sonra da kahraman rolü oynayabiliyordu. Nihayet bugün de afetlerin vuku bulunduğunu görmüyoruz, diye iddia ediyordu. Günümüzde artık mevcut olmayan birtakım süreçlerin geçmişte etkili olduğunu varsaymak fiziği kendine göre yorumlamak demektir! İnsanın yeterince zamanı varsa –ki vardır– yavaş süreçler sizin kaçınılmaz dediğiniz afetlerle aynı etkiyi gösterebilir. Lyell uyumsuzluk ve dağ oluşumu konularındaysa belirsizlik içindeydi. Murchinson, Alpler'de tepe üstü duran büyük katman istifleri bulunduğunda ve bunu bir afet işareti olarak nitelediğinde, Lyell şöyle diyordu:

“It is not the magnitude of the effects, however gigantic their proportions, which can inform us in the slightest degree whether the operation was sudden or gradual, insensible or paroxysmal. It must be shown that a slow process could never in any series of ages give rise to the same results.”¹⁷

Lyell, sözelimi Paris Çanağı'nda olduğu gibi organizmaların ansızın ortadan kaybolmasını şu surette açıklıyordu: Bir türün neslinin tükenmesi her zaman yerel bir olaydı ve esaslı bir şekilde arandığı takdirde yer-yüzünün herhangi bir köşesinde –orada su yeterince derin ya da iklim yeterince sıcak kalmış olurdu– hayatta kalmış olduğu bir yer mutlaka bulunurdu. Yani bir kez daha, tüm türlerin her yerde var olduğunun kanıtlanamaması jeolojik haritalandırmanın eksikliğine yoruluyordu.

Lyell, Cuvier'yi adım adım yerin dibine batırmayı başarmış olabilir-
di –ama Charles Darwin o kadar kolay lokma olmuyordu. Darwin başlan-
ğıçta Lyell'in en ateşli taraftarlarındandı. *Beagle* gemisiyle ilk beş yıllık dün-
ya seyahatine çıkarken yanında *Principles of geology*'nin [Jeolojinin İlkeleri]
ilk bölümü vardı ve sonraki bölümleri, bir tefrika roman gibi, gittiği çeşitli
limanlara göndertiyordu. Şili kıyıları boyunca seyrederken deniz seviyesin-
den 85 m yüksekliğe kadar çıkan eski sahil şeritlerini fark ediyordu; üstüne
üstlük 1835'te orada kıyının 100 kilometreyi aşan bir uzunlukta ansızın bir-
kaç metre yükseldiği bir deprem yaşayınca, Lyell'in kuramı her bakımdan
doğrulanmış görünüyordu. Böyle küçük adımlar bütün bir sıradağ kümesi-
ni yığabiliirdi. Böylece Darwin bir uyardıdan bir dalga yaratıyordu. Lyell, bir
deprem aslında onun kastettiği şeyden daha şiddetli olsa da bu görüşe canı
gönülünden rıza gösteriyordu.

Gelgelelim *On the Origin of Species*'in¹⁸ [Türlerin Kökeni Üzerine]
özünü, yeni türlerin doğal ayıklanmayla oluştuğunu Lyell asla kabul etme-
di. Türlerin nesli tükenebilirdi –bunu onların yavaş çevrimselliğiyle bir aya-
ra getirebilmek ancak güçbela mümkün olsa da, hâlâ kavranabilir bir olguy-
du bu, ama bir türün başka bir türe intikal etmesi onun için fazla aşırıydı.
Nitekim buna ömrünün sonuna kadar hiçbir zaman inanmadı.

Talihin cilvesi şu ki tam da Darwin'in sonuna kadar inatla tekbiçim-
ci kaldığı görüş, yani bir türün *tedricen* başka bir türe intikal etmesi bugü-
ne kadar doğrulanmamış görünüyor. *Missing link*'i,¹⁹ bir türden diğerine ge-
çiş formunu bulmak hâlâ çok nadiren mümkün oluyor. Cuvier'nin zaten
saptamış olduğu ani geçişlere eskisi gibi rastlanıyor ve hatta bunlar bu ara-
da o denli incelikli bir şekilde ele alınıyor ki, jeolojik zaman akışlarını çok
ayrıntılı olarak sınıflandırmak için onlardan yararlanılıyor. Jeolojik zaman
cetvelinin hiyerarşisinde en alt seviyedeki bölümler bile bir iki milyon yıl-
dan uzun sürmedi ve hepsinin ortak niteliği belirli türlerin ansızın ortaya
çıkması ve başkalarının ortadan kaybolmasıdır. Bu konuya daha sonra tek-
rar döneceğim.

Öyleyse kim haklıydı? Doğrultusal mı,²⁰ evrimci mi, en önemli ol-
gunun zaman vektörü olduğunu düşünen, onun için zamanın her şeyden
önce “aktığı” tarihçi mi? Yoksa bugün bile etkileri altında kaldığımız yavaş

süreçlerin yönlendirdiği doğa çevrimlerinin, tıpkı denizin dalgaları gibi, başlangıçsız ve sonsuz, sürekli gidip geldiğini gören tekbiçimci mi? Yoksa başarılı hayat formlarının açıklanamaz bir uyartıyla ansızın son bulduğu ve bir geçiş döneminden söz edilebilmeksizin yeni hayat formlarının oluştuğu görüşünü savunan katastrofist mi? Yoksa hepsi mi haklıydı? Buna dair bir ilk cevap, çağdaşlarından üçünün Lyell'in eserine ilişkin yorumlarında yatar. Her üçünün de, Lyell'in yumuşak iniş çıkışlı çevrimlerine biraz daha dramatik bir ton eklemeleri için bir motifleri vardı.

İlk kez Louis Agassiz 1837'de, yeryüzünün bir zamanlar büyük buz örtüleriyle kaplı olmuş olması gerektiği sonucuna varmıştı. Bu konuyu gelen bölümlerden birinde ele alacağız. Afetimsi bir buzul çağı Lyell'in dünya görüşüne elbette uymuyordu. Agassiz, Lyell'in kitabının kendisine ait nüshasına düştüğü (ve oradan Stephen Jay Gould'in bulup çıkardığı) bir kenar notunda *the present is key to the past* konusunda şunları yazıyordu:

"These causes are identical as the cause that produces good weather is identical with the cause that produces the tempest. But it never comes to anyone's mind to array them in the same category. There have always been several categories of causes. (...) But these changes, since they don't always have the same *intensity* [altını ben çizdim, S. K.] in our own day, could not have so worked in former times. They have therefore differed at all times from considerable changes that never result from the addition of small changes."²¹

Din adamı W. D. Conybeare o döneme kadar tufan kuramının sofu bir taraftarıydı. 1821'de kaleme aldığı etkili metninde, kayaç tabakalarının yukarı kalkması ve eğik konumu için hâlâ patlamaları sorumlu tutuyordu. Bu konudaki inancı Lyell'in tekbiçimciliğiyle sarsıntı geçiriyordu. O da jeolojik süreçlerin herhalde her zaman aynı olduğunu, ama yoğunluklarının değişebileceğini defalarca söylüyordu.

"No real philosopher, I conceive, ever doubted that the physical causes which have produced the geological phenomena were the same

in kind, however they have been modified as to the *degree and intensity* [altını ben çizdim, S. K.] of their action by the varying conditions under which they may have operated at different periods.”²²

Üçüncü bir yorum, Cambridge’de mineraloji doçenti olan ve tekbiçimcilik ile katastrofizm kavramlarını bulan William Whewell’e aittir. Whewell 1837’de şöyle yazıyordu:

“In reality when we speak of uniformity of nature, are we not obliged to use the term in a very large sense, in order to make the doctrine at all tenable? It includes catastrophes and convulsions of a very extensive and intensive kind; what is the limit to the violence which we must allow to these changes? In order to enable ourselves to represent geological causes as operating with uniform energy through all time, we must measure our time by long cycles, in which repose and violence alternate; how long must we extend this cycle of change, the repetition of which we Express by the word *Uniformity*? And why we must suppose that all our experience, geological as well as historical, includes more than *one* such cycle? Why must we insist upon it, that man has been long enough an observer to obtain the *average* of forces which are changing through immeasurable time.”²³ (W. Whewell, *History of the Inductive Sciences, from the Earliest to the Present Time*, 1837, Hallam’dan alıntılandı.)

Kısaca: Lyell’in ana tezi –bugünkü süreçleri gözle!– çok yankı buldu, ama çabucak şöyle sorular soranlar da çıktı: Böyle bir çevrim ne kadar sürüyor? Süreçler nasıl bir hızla ilerliyor? Farklı yoğunlukları hesaba katmak gerekmiyor mu? Senin *şimdiki zaman*’ın ne kadar sürüyor, Lyell? Günümüzdeki iklim ısınması tartışmasını takip edenler bu soruların hâlâ son derece güncel olduğunu tespit ediyorlar. Bunlar bu kitabın da ana sorularıdır. Çünkü Dünya’nın yaşını kavramak ne denli güçse, zaman ister ırmak, ister dalga, isterse uyarı olarak söz konusu olsun, dünyevi süreçlerin hız ve yoğunluğunu idrak etmemiz de o denli eksiktir. Ne var ki, Lyell’dan sonra

birisinin yoğunluğu *çıkış noktası* olarak almayı akıl etmesine kadar uzun süre geçmesi gerekecekti.

ÇEVİRMENİN NOTLARI

- 1 Tekvin (Yaratılış): Tanah ve Eski Ahit'in ilk beş kitabını meydana getiren Tevrat'ın birinci kitabı; Dünyanın yaratılışını, Adem ile Havva'yı, cennetten kovuluşu, Habil ile Kabil'i, Nuh Tufanı'nı, Babıl Kulesi'ni, bir de İbrahim, İshak, Yakup ve Yusuf peygamberleri anlatır.
- 2 Yazar bilginlerin Dünya'nın yaşını hesaplamadaki yanlışlarına dikkat çekmek istiyor. Bu gün Dünya'nın yaklaşık 4,5 milyar yaşında olduğunu biliyoruz, insanın ortalama yaşı da 70 yıl yani 613200 saat diyelim. Dünya'nın yaşı Buffon'un dediği gibi 75.000 yıl olsaydı, bir orantı hesabıyla ortalama insan ömrü de $(75.000 \times 613200 / 4.500.000.000) = 10$ saat, Darwin'in Dünya yaşı tahmininde göre de 4 yıl olacaktı.
- 3 Jeolojideki bu geleneksel tartışmanın taraftarları sırasıyla Almandaki *Aktualisten*/aktüalistler (İng. *uniformitarianists*/tekbiçimciler) ve *Katastrophisten* (İng. *catastrophists*)/katastrofistler olarak anılıyor. Tekbiçimciler, süreçlerin düzgünlüğü ilkesinden hareketle günümüzde gözlemlenen jeolojik olayların geçmişte de etkili olduğunu savunuyor (şiarları, "Günümüz geçmişin anahtarıdır" diye özetlenebilir); katastrofistler (afetçiler, bu akım Türkçede katastrofizim diye anılıyor) ise yeryüzünün tarihinde afetlerin büyük rol oynadığına inanıyorlar.
- 4 "İbrahim Allahaşûkür" diye Türkçeleştirilebilir.
- 5 Keskin ve dar tarafı yukarı gelmek üzere.
- 6 Zamanın dipsiz boşluğunun böylesine derinliklerine bakmak insanın aklını başını döndürüyordu.
- 7 (Alm. *Gneis*'tan) Kuvars, mika ve feldspattan oluşmuş kayaç.
- 8 Temas, kontak yeri anlamında bir jeoloji terimi.
- 9 "Kanımca büyük ihtimalle, bu şekilde granitin onun üstünde yatan kayaların birisinden daha genç, diğerlerinden ise daha yaşlı olduğu örnekleniyor. Granitin, mineraller âleminin öteki parçalarıyla ilgili olarak gerçekten işgal ettiği yeri bu denli doğrudan belirleyen bir olgu örneğiyle daha önce hiç karşılaşmadığımızı biliyorum (...); granitin kökeninin sudaki bir çözeltide yatmadığı fikri son derece akla yakın görünüyor."
- 10 "Ne bir başlangıcın izleri, ne bir sonun beklentisi [var]."
- 11 Geçmiş anahtarı şimdiki zamandır.
- 12 Fr. *Massif Central*: Fransa'nın güney ve güneydoğusunda 85.000 km² büyüklüğünde bir alana yayılmış dağ silsilesi ve volkanizm bölgesi.
- 13 *Principles of Geology*.
- 14 İng. Denge durumundaki, kalıcı/sabit durumdaki ya da kararlı haldeki Dünya.
- 15 Dar anlamda Seine Irmağı'nın su toplama ya da beslenme alanını, geniş anlamda da Orta Fransa ve Lothringen tortulaşma çanağını ifade eder.
- 16 En azından birkaç yıl boyunca sıcaklığı sürekli olarak 0°'nin altında kalan toprak veya kaya tabakası; bunun için Almanca ve İngilizcede olduğu gibi Türkçede de jeoloji terimi olarak "permafrost" kullanılıyor.

- 17 Bizi bir olayın birden yahut tedrici, belli belirsiz yahut nöbetler halinde olup olmadığı konusunda asgari derecede bilgilendirebilen, oranları ne denli devasa olursa olsun etkilerin büyüklüğü değildir. Yavaş bir sürecin, zaman içindeki uzunluğu ne olursa olsun asla aynı sonuçları doğurmayacağını göstermek gerekir.
- 18 İngiliz doğabilimcisi Darwin'in (1809-82) 1859'da yayımlanan ve canlıların ortak atalardan evrilek çeşitlendiği fikrini işleyen eseri.
- 19 Eksik halka.
- 20 Alm. Direktionalism, İng. directionalism: Katastrofizme yaslanan, 19. yüzyılın ortalarında çok moda olan bir jeolojik düşünce akımı (Türkçede varlığını saptayamadığımız terimi biz ürettik).
- 21 "İyi havayı doğuran sebeple fırtınayı doğuran sebep bir olduğuna göre bu sebepler özdeşdir. Ama kimsenin aklına onları aynı kategoriye sokmak gelmez. Sebepler daima birkaç kategoriye ayrılır. (...) Ama bu değişiklikler, günümüzde hep aynı yoğunlukta olmadığına göre geçmiş zamanlarda da böyle gerçekleşmiş olamaz. Dolayısıyla daima önemli değişikliklerin sonucunda farklı hale gelmişlerdir ve hiçbir zaman küçük değişikliklerin eklenmesinin sonucu olarak ortaya çıkmazlar."
- 22 Tasavvur ediyorum ki hiçbir gerçek filozof, jeolojik fenomenleri üreten fiziki sebeplerin, etkilerinin *derece ve yoğunluğu* (altını ben çizdim, S. K.) farklı dönemlerde değişen şartlar tarafından ne denli değişikliğe uğratılırsa uğratılsın, aynı türden olduğundan asla şüphe etmemiştir.
- 23 Aslında doğanın tekbiçimliliğinden söz ederken, doktrini hiç olmazsa makul kılmak için terimi çok geniş bir anlamda kullanmak yükümlülüğünde değil miyiz? Kavram çok kapsamlı ve yoğun türden afetlerle sarsıntıları içeriyor; bu değişikliklerde kabul edilebilir şiddet sınırı nedir? Jeolojik sebepleri, tüm zamanlarda aynı enerjiyle etkide bulunurken sunmayı becerebilmemiz için, zamanımızı durgunluk ve şiddetin birbirini sırayla izlediği uzun çevrimlerle ölçmek zorundayız; tekrarlanmasını *tekbiçimlilik* kelimesiyle ifade ettiğimiz bu değişiklik çevrimini ne kadar uzatmamız gerekiyor? Ve neden hem jeolojik, hem tarihsel olarak tüm yaşadıklarımızın böyle *bir* den çok çevrimi içerdiğini farz etmek zorundayız? İnsanoğlunun, ölçülemez zamanlar boyunca değişen güçlerin *ortalama*'sını elde etmek için yeterince uzun süre bir gözlemci konumunda olduğunda niçin ısrar etmek zorundayız?

RICHTER ÖLÇEĞİ VE BAK'IN KUMU

"A bad earthquake at once destroys the oldest associations: the world, the very emblem of all that is solid, has moved beneath our feet like a crust over a fluid; one second of time has conveyed to the mind a strange idea of insecurity, which hours of reflection would never have created."

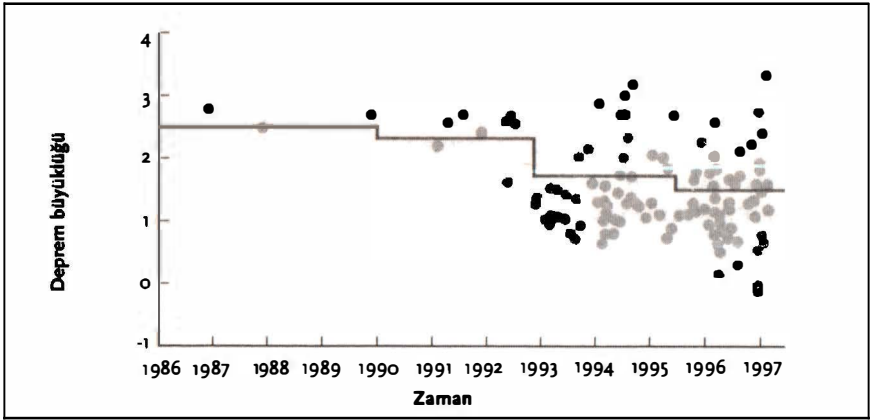
"Şiddetli bir deprem bir anda en eski çağrışımları yok eder: Sağlam olan her şeyin simgesinin ta kendisi, Dünya, ayaklarımızın altında bir sıvının üstündeki kaymak gibi hareket etmiştir; bir saniyelik bir zaman parçası, zihnimize saatlerce derin düşünmenin asla yaratamayacağı garip bir güvensizlik fikri aşılır."

CHARLES DARWIN, *Journal of Researches*, İkinci Kısım

Bir zamanlar bir masal vardı. Masalın tam da nasıl olduğunu artık bilmiyorum, ama Jan, Piet ve Hein adlarında üç biraderden söz ediliyordu, bunlar orduları yeniyor ve bir prensesle ödüllendiriliyorlardı, çünkü her birinin özel nitelikleri vardı: Jan çok iyi görebiliyordu ve daha uzaktan hangi orduların geldiğini ve prensesin hangi şapkeyi giydiğini görürdü. Piet'in çok hassas bir burnu vardı ve daha kilometrelerce öteden topların yatak yağının ve prensesin yıkandığı güzel sabunun kokusunu alırdı. Hein çok iyi duyuyordu ve kulağını yere koyduğunda, gelen ordunun büyüklüğünü ve prensesin tek mi yoksa çift bacaklı mı olduğunu yahut sadece tek bacakla sıçrayıp sıçramadığını (çünkü prenses henüz çok gençti) anlardı.

En iyi Hein'i tanıyorum, çünkü o bütün dünyadaki depremleri kaydeden Hollanda Kraliyet Meteoroloji Enstitüsü'nde (HKME) çalışıyor. Nasıl ki bir coğrafyacı ve bir topograf varsa, insanın onu da bir sismograf(çı)' olarak adlandırması geliyor. Gelgelelim bu kelime zaten verilmiş, çünkü bir sismograf aslında Hein'in bizzat yapması gerekeni yapıyor: Kulağı yerde Dünya'yı dinlemeyi.

Hein gerçekten dikkatle dinlediği zaman Dünya'nın en hassas titreşimlerini tespit eder, çünkü yeryüzü hep hareket halindedir, her zaman

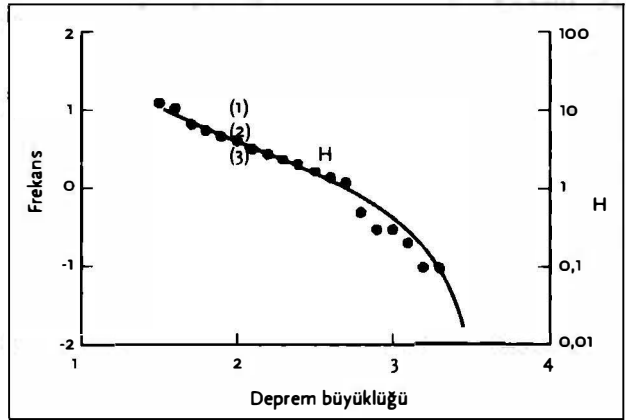


Şekil 18. Hollanda'nın kuzeyinde 1986'dan beri görülen depremler.

Dünya'nın herhangi bir yerinde boşalan bir gerilim mevcuttur. Bu bir sismogramda,² Hein'in kulağına ulaşan titreşimlerin gösterildiği bir kâğıt yaprağı üstünde yatay bir titreşim çizgi olarak görünür ve *white noise*'a,³ çok çeşitli türden karışık frekansların gelişigüzel küçük sinyallerine benzer, ama bunu kesin bilmiyoruz, belki bu çizginin pekâlâ her titreşimi bir anlam taşıyor. Ünlü jeofizikçiler –çünkü Hein Haak ve meslektaşları gibi sismograf olamadıklarından böyle adlandırılıyorlar– bütün Hollanda'ya yayılmış bir alıcı ağıyla bu sinyali daha iyi yakalamaya ve analiz etmeye çalışıyorlar: Bu LOFAR Projesi diye anılıyor. Ne var ki bu basit bir iş değil, çünkü sinyal aralıksız olarak insan etkinlikleri; gümbürtüyle geçen trenler, kara mayınları, tünel açma makineleri, sondaj yapan petrol şirketleri, marş halindeki askerler ve sıçrayan prensesler tarafından bozuluyor. Artık tarlasız bir ülke, ışıksız gece, insan kokusuz rüzgâr, maden tadı olmayan su yok –ve hatta şimdilerde Dünya'nın titreşimleri de artık el değmemiş değil. Jan, Piet ve Hein, doğal sinyalleri insanların yol açtıklarından ayırt etmekte sıkıntı çekiyorlar.

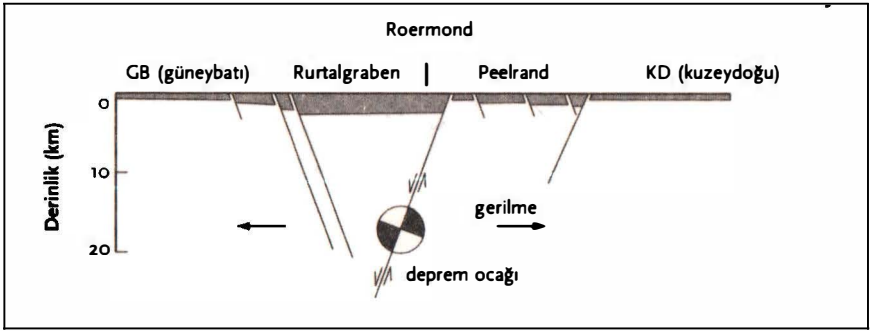
Sismogramdaki titreşim çizgi bazen beklenmedik bir yükselişle kesinliğe uğrar. Bu sözgelimi 24 Mayıs 1999 Pazartesi günü vuku buldu. Önce-

Şekil 19.
Hollanda'daki gaz
depremlerinin frekans-
büyüklük diyagramı.



likle Güney Limburg eyaletinde zaten huzursuz günler hüküm sürüyordu, ama gerçek deprem yüzünden değil, aksine hâlâ insan etkinliklerinden dolayı: Bunu yaratan tünel açma makineleri değil, Pinkpop Festivali'ydi.

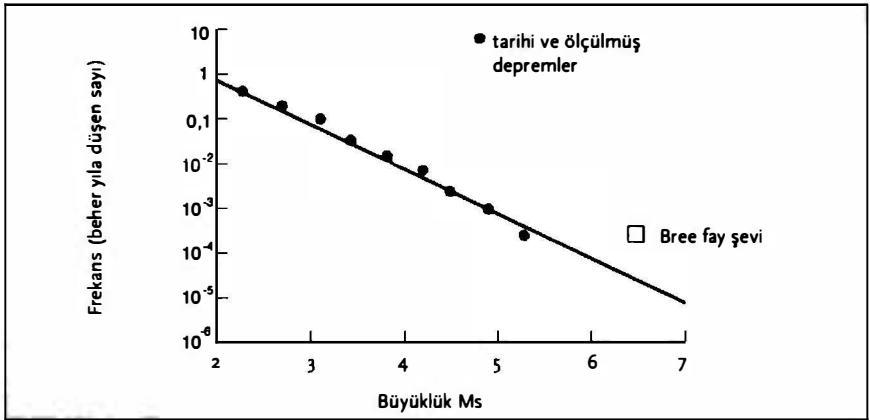
HKME, sismogram üzerinde çeşitli müzik gruplarının yol açtığı oynamaları itinayla ölçtü ve buna dayanarak Richter ölçeğinde –California Institute of Technology'dan (Caltech) Charles F. Richter'in adından– her titreşimin büyüklüğünü belirledi. 100 km uzaklıkta vuku bulan ve sismogramda bir milimetrelik bir sapmaya yol açan bir deprem, onun tanımına göre 3 büyüklüğünde oluyordu. Ölçek logaritmiktir, bu, büyüklüğün bir birim artmasıyla sismogramda on kat daha büyük bir sapma olması demektir. Yani 100 km uzaklıkta 10 milimetrelik bir sapmaya sebep olan bir deprem 4 büyüklüğündedir. Richter ölçeği bir depremde serbest bırakılan enerji için kullanılan bir ölçüdür. Ölçekte bir adım yukarısı yaklaşık 30 kat daha fazla enerji, iki adım neredeyse 1000 kat daha fazla enerji anlamına gelir. Hollanda sismik bakımdan sakin bir ülkedir. Pinkpop Festivali'nin sarsıntısı ancak HKME'nin hassas aletleriyle kaydedilebilir, insanlar bunun farkına varmazlar. İnsanın hissedebileceği en alçak değer 2 büyüklüğündedir, bu da önümüzden geçen bir kamyonun yarattığı sarsıntıdan fazla değildir. Hollanda'nın kuzeyi kısa süre öncesine kadar ülkenin en sakin kısmıydı, ama 1968'de Assen yakınında ansızın neredeyse 3 büyüklüğün-



Şekil 20. 1992 depreminin vuku bulduğu Rortalgraben [Rortal Çöküntüsü] boyundaki Peelrand fayı. "Plaj topu" deprem ocağını temsil ediyor. Oklar, burada gerilme kırıklarının söz konusu olduğu anlamına geliyor.

de bir deprem oldu (Şekil 18). Bu yöre sakinlerince hissedildi ve duvarlarda çatlaklar oluştu. Artık bu küçük, hoş bir gümbürtü olmaktan çıkmıştı. 1987'de başka bir deprem daha oldu. 1991'den beri giderek sayıları arttı ve kimi yıllarda Richter ölçeğinde 3,5 büyüklüğe kadar çıkan düzinelerce deprem görüldü. O zamandan bu yana 300 kadar deprem oldu. Bu garip bir durum, çünkü depremler normal olarak yer kabuğunda zaten gerilimlerin olduğu yerlerde meydana gelir. Daha önce sakin olan bir bölgede nasıl olur da durup dururken depremler vuku bulur?

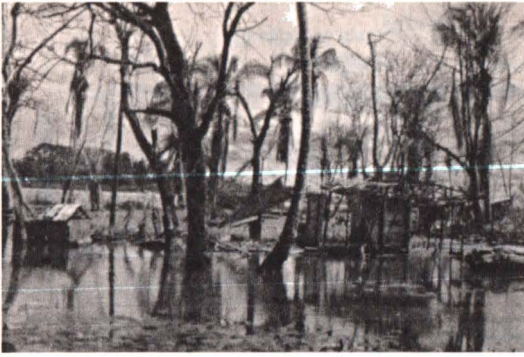
Acaba Hollanda'nın kuzeyinde yeni gerilimler mi ortaya çıktı? Çevreci gruplar derhal sitemkâr bir dille *Nederlandse Aardolie Maatschappij*'e, devasa Groningen doğal gaz alanını işleten Shell ve Esso ortak girişimine işaret ediyorlar. Bu düşünce akla yakın geliyor. Gaz, kumtaşı katmanlarının gözeneklerinde bulunur ve basınç altında olduğundan kayacın içindeki kum taneciklerini biraz destekler. Gaz çıkarılırsa basınç düşer ve kayaç biraz gevşer, bunun sonucu gaz sahası üstündeki yeryüzü başarısız bir süfle gibi çöker. Elbette bu bir depreme sebep olabilir. Gaz şirketi, tazminat taleplerinden çekinerek başta her şeyi şiddetle inkâr ediyordu; ama NAM'ın, HKME'nin ve Hollanda Uygulamalı Yerbilimleri Enstitüsü'nün yaptığı daha hassas araştırmalar, bunun pekâlâ gaz çıkarmanın bir sonucu olabileceğini gösteriyor. Ayrıca depremlerin gaz sahasında yo-



Şekil 21. Limburg'daki tarihi ve ölçülmüş depremlerin frekans-büyüklik diyagramı: Deprem ne denli şiddetliyse, o denli seyrek oluyor. Bree yanındaki kutucuğu: Paleosismik verilere dayanılarak yeniden tasarlanmış deprem.

ğunlaşması fazlasıyla büyük bir tesadüf olurdu. En son deprem 24 Ekim 2004'te vuku buldu (yazık, doğum günümü kıl payı kaçırmış, gerçi bazı kaynaklara göre James Ussher yaratılışı 23 ya da 26 Ekimde başlatıyor, anlaşılan biraz hileye izin var). Merkez üssü tam da yer çökmesinin en büyük olduğu yerde: Kız kardeşimin Loppersum'daki evinin yakınında bulunan bu deprem 3,0 büyüklüğündeydi – acaba Yaradan bir inançsızdan intikam mı alıyordu?

300 gaz depremiyle pek hoş istatistiksel eğlenceler düzenlenebilir. Bir grafikte depremin büyüklüğü frekansla, yani bir yılda vuku bulan bu büyüklükteki deprem sayısı ile karşılaştırıldığında durum ilginçleşmeye başlar; diğer taraftan bakacak olursak telaralama sıklığından, yani aynı şiddette iki deprem arasındaki ortalama fasiladan da söz edilebilir. Frekans ve büyüklük logaritmik bir cetvele yerleştirilirse, göze çarpan bir doğrusal ilişki ortaya çıkar: Büyüklüğü ne denli artarsa, depremin kendisi o denli seyrekleşir. 1 büyüklüğünde depremler yılda on kereden sık görülür, buna karşılık büyüklüğü 3 ya da üstünde olan depremler ancak on yılda bir meydana gelir (şekil 19).

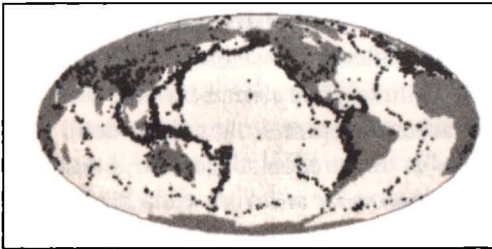


Şekil 22.

Deniz seviyesinde bir saniyede bir buçuk metrelik yükselme, Boca Martina (Kosta Rika).

Bunun anlamı nedir? Burada bir kurallılığın izini mi yakaladık? Cevabı, birkaç depremi daha ele aldıktan sonra vermek üzere biraz erteleyelim.

Saat neredeyse sabaha karşı dört olmalı. Wageningen'deki eski evimizin tavan arasındaki odada sakın ve derin bir uykudayım. En azından öyle sanıyorum; sadece uykudan birdenbire fırladığım anı hatırlayabiliyorum. Yatak sarsılıyor ve ağır çatı mertekleri gürültüyle çatırıyor. Yanımda yatan C. sıçrayarak uyanıyor ve kesik kesik soruyor: "Salle, ne oluyor?" Geçmiş tecrübelerime dayanarak, "Bir deprem," diye cevap veriyorum. C. tamamen sakinleşmiş olarak, "Ah, bir deprem," diyor, öbür tarafa dönüyor ve uyuma devam ediyor. Herhalde insan bir jeoloğun yanında yatıyorsa başına bir iş gelmez diye düşünmüş olmalı, ama ben kuruntuya kapılıyorum, aşağıya iniyor ve çocukların uyuyup uyumadıklarına, gaz ve su tesisatının sağlam olup olmadığına bakıyorum. Her şey yolunda, ortalıkta yeniden sükûnet hüküm sürüyor.

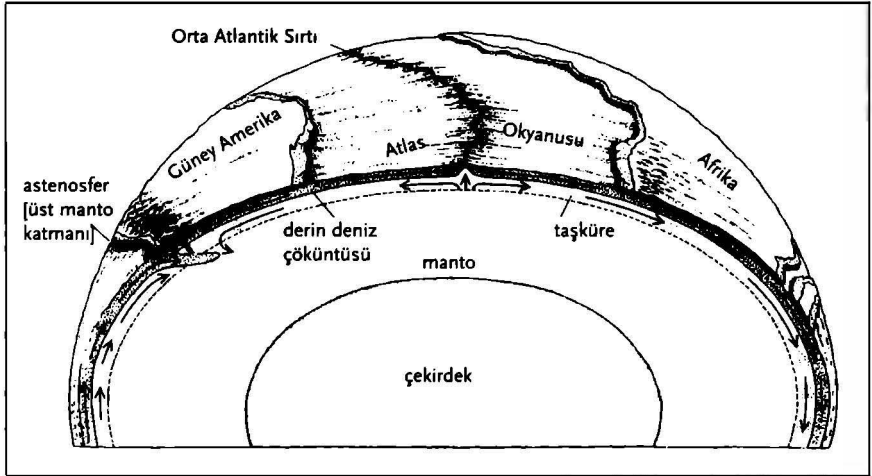


Şekil 23. Dünya çapında yakın dönem depremleri.

Bu 13 Nisan 1992 Roermond depremiydi ve Richter ölçeğine göre 5,7 büyüklüğündeydi: Sismologların Hollanda'da mümkün görmüş olduklarından daha şiddetli bir deprem (şekil 20). Bundan dolayı onu ölçemediler, çünkü sismograflar en küçük sarsıntılara göre ayarlanmıştı, gelen sinyal doygundu; depremin pik noktası kesilmişti ve büyüklüğü tam olarak tespit edilemiyordu. Söz konusu deprem Hollanda için fazla şiddetliydi. Sonunda büyüklüğü yabancı istasyonların yardımıyla belirlenebildi. Deprem Çek Cumhuriyeti, İsviçre ve Kuzey Fransa'da da hissedildi.

Bu defaki gerçek bir deprem, insanlar tarafından yaratılmamıştı, aksine uzun süredir mevcut olan ve çok uzun zamandır bilinen Peelrand fayı boyunca biriken gerilimlerin bir sonucuydu. HKME'den Hein Haak ertesi akşam televizyonda bunu bize tam olarak açıkladı. Yerkabuğunun Limburg'da nasıl birbirinden koptuğunu ve bu yolla bir parçasının fay boyunca aralıklı sarsıntılarla aşağıya kaydığını gösterdi.

Ancak halk başlangıçta depremi şüpheyle karşıladı: Deprem mi - böyle bir şey Hollanda'da olmaz ki! 1932'nin yaklaşık aynı şiddetteki Uden depremi kolektif belleğimizden tümüyle silinmişti. O gece bir radyo prog-



Şekil 24. Levha tektoniği: Atlas Okyanusu ortasındaki ayrılma kuşağında yeni kabuk meydana gelir ve eski kabuk Güney Amerika dalma-batma kuşaklarında batar.

ramının moderatörü stüdyo sarsılmaya başladığında: “Bakan Dales yatağından düştü,” diye espri yapıyordu. Dales zamanın bir hayli iri yapılı kadın işçileri bakanıydı. Ertesi gün Roermond’ta gözükmeyi hiçbir politikacı gerekli görmüyordu: Sonuçta ölü yoktu ve gaz istihali depremde sorumlu tutulamazdı, değil mi? Doğal bir depremde insan kendine şöhret payı çıkaramaz, bütün bunlar herhalde araştırmaları için daha fazla para koparmak isteyen bilim insanlarının bir numarasıydı. [Politikacıların] ilgileri ancak zararın 300 milyon gulden tahmin edildiğini öğrendikleri zaman uyanırdı: Bu, depremli ya da depremsiz olsun, bir politikacıyı yataktan dışarı uğratacak büyüklükte bir miktardı.

Güney Limburg Eyaleti ve çevresinin uzun bir deprem geçmişi var ve tıpkı gaz depremi gibi bunlar da bir frekans-büyüklik diyagramında gösterilebilir (şekil 21). Sonuç şaşırtıcı derecede benzerdir, sadece büyüklükler daha yüksek değerlere ve daha düşük frekanslara ulaşır, ama ilke aynı kalır. Bunu sonra bir kez daha derinlemesine ele alacağız.

Öğleden sonra saat dört ve sıcaklık beni rahatsız ediyor. Bugün CA-TIE’nin (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [Tropikal Tarım Araştırma ve Eğitim Merkezi]) barındığı bu eski Alman çiftlik evinde klima tesisatı yok ve Kosta Rika’nın Cordillera Central sıradağlarında yaklaşık 600 metrelik bir irtifada bulunan Turrielba serinletici bir rüzgâr için yeterince yüksek değil. Binanın arka tarafındaki küçükçe mekânlardan birinde toplantı yapıyoruz. Düşünceleri Kosta Rika-Hollanda işbirliği üstünde yoğunlaştırmak zahmetli geliyor, aslında bir öğle uykusuna yatmanın tam zamanıdır. Derken birden her şey sarsılıp titremeye başlıyor, içimizden birinin omzuna bir dolap çarpıyor, bir başkası pencereden atlıyor ve ben bir depremde tam da yapılmaması gerekeni yapıyor ve kapıdan fırlayıp kırmızı çini döşeli uzun koridor boyunca koşuyorum, kurtarıcı dış kapıya ulaşmadan önce kartonpiyer kafama düşüyor. Bu talih eseri küçük bir parça ve yara almıyorum. Dışarıda park yerinde arabalar sanki denizdeymişçesine sallanıyor ve büyük bir toz bulutu diğer yapıları gözlerden saklıyor. Enstitünün üstünde bulunduğu yüksek kıyının bir parçası ırmağa düşmüş. Bir baca az kalsın birini öldürecekti. Binada birkaç yarık var, ama hiçbir şey yıkılmadı. Herkes dışarı çıkıyor, kimse çalışmayı düşünmüyor ve

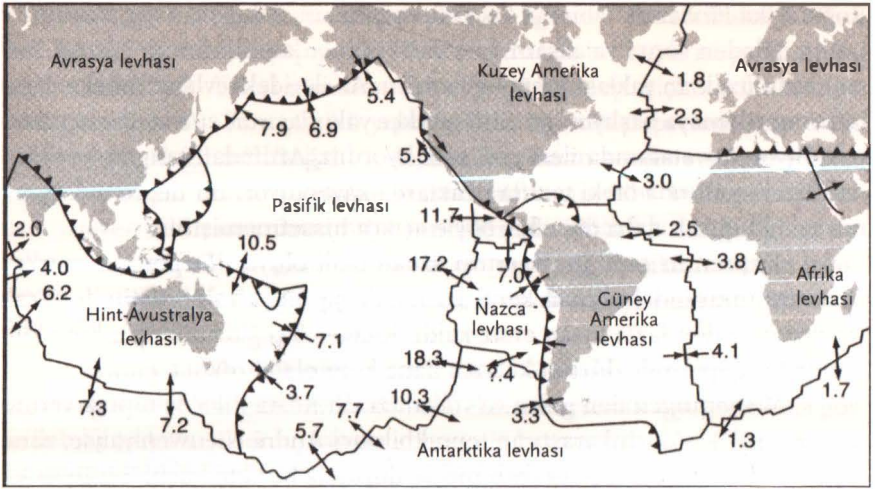
Kosta Rika-Hollanda işbirliği kısa süreliğine unutuluyor. Artçı sarsıntılar bütün öğleden sonra ve akşam, ben yatakta yatarken de devam ediyor. Sarsıntıların uzaktan yaklaştığını duyuyorum. Az ilerideki evlerin teneke damları tangırdamaya başlıyor, gürültü gittikçe yakınlaşıyor, sıra otelimın damına geliyor ve yatağımda ileri geri sarsılıyorum. Ardından tangırtı yeniden hafifliyor, sonunda öteki tarafta uzaklarda kayboluyor. Bir deprem dalgasının ne olduğunu daha önce hiç böyle açıkça hissetmemiştim.

Depremın çapı ancak ertesi sabah belli oluyor. Depremın merkez üssünün yakınındaki liman kenti Limón'da 54 ölü, 100'ün üstünde yaralı var ve 7000'den fazla insan evsiz kaldı. Richter ölçeğine göre 7,4 büyüklüğünde bir depremde durum kolayca daha kötü olabilirdi.

Wageningen'den gelen ve volkanizmin Kosta Rika'da toprak verimliliği üzerindeki etkisini araştıran toprakbilimci André Nieuwenhuijse, zararını gözlemlemek için ertesi sabah birkaç dostuyla birlikte küçük bir uçak kiraladı. Gördükleri olağanüstüydü. Ülkenin güney tarafı bu depremle bir çırpıda 1,5 m yükselmişti. Mercanlar kurumuş, balıklar kumsala vurmuş ve mangrovarların nefes alma köklerinin etrafındaki su birikintileri ansızın yok olmuştu. Moín'deki petrol limanı sığlaşmış; Limón'un kanalizasyonunda akış tersine dönmüş, ve artık denize değil, gerisin geri evlere yönelmişti. İç tarafta, Cordillera de Talamanca'da toprak kaymaları yağmur ormanını yamaçlardan sıyrıp atmıştı; aylar sonra bile kumsallarla ırmaklar yarılmış ağaç gövdeleriyle doluydu.

100 km daha kuzeyde, depremle 1,5 m çöken kıyı yerleşimi Boca Matina'da durum daha da kötüydü. Su, yıkık dökük balıkçı kulübelerinin içine girmişti ve bir daha geri çekilmeyecekti –bu, saniyede 1,5 metreyle deniz seviyesinde görülen gelmiş geçmiş en hızlı yükselmeydi (Şekil 22).

Deprem, Limón'dan pek uzak olmayan Río Pacuare'de [Pacuare Irmağı] bir baraj yapmayı planlayan Instituto Costarricense de Electricidad [Kosta Rika Elektrik Enstitüsü] mühendislerinin hesabını da bozuyordu. Söz konusu mühendisler kapsamlı araştırmalar yapmış, eski fayları kazıp ortaya çıkarmış, buralarda aktif kırıklar var mı diye incelemiş ve her şeyin güvenli olduğu sonucuna varmışlardı. Gelgelelim deprem keyiflerini kaçır-maya yetti. Planlar bir kenara bırakıldı, bu da çevre hareketini ve çevreci tu-



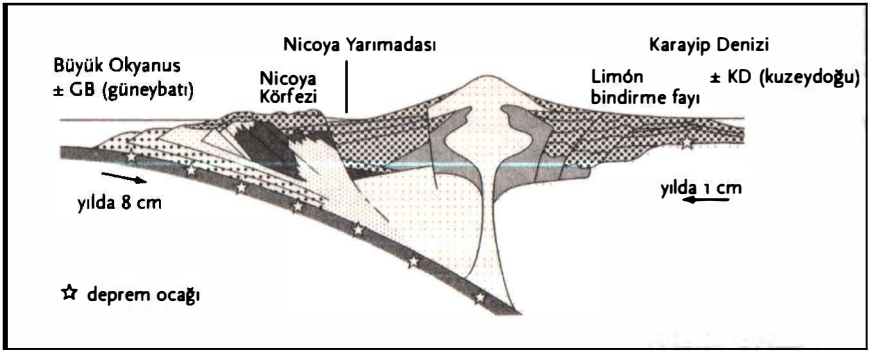
Şekil 25. En önemli taşküre levhaları ve santimetre cinsinden yıllık hareket hızları.

ristleri sevince boğdu, çünkü Pacuare Irmağı dünyanın en iyi beş rafting merkezinden biri sayılıyor.

22 Nisan 1991'deki Limón depremi Honduras'tan Panama'ya kadar hissedildi ve o yılın dünya çapında en şiddetlisiydi, ama aslında hiç de olağandışı değildi. Kıyının yükselmesi bile aslında özel bir durum değildi: Sonunda Darwin de 20 Şubat 1835'te Şili kıyısındaki Concepción'da aynı olayı yaşamıştı (Şekil 23).

Limón ile Concepción depremleri, coğrafi konum, deprem merkezinin derinliği ve frekans-büyüklik diyagramındaki yeri bakımından aynı modele sahiptir. Dünya haritasına bir göz atılırsa, bu depremlerin Büyük Okyanus'u çevreleyen küresel bir deprem kuşağına ait olduğu görülür; bu da levha tektoniğiyle ilgilidir.

Levha tektoniği, yeryüzünde vuku bulan ve geniş alanları kapsayan süreçlerin kavranmasında yaklaşık kırk yıldır önemli bir işlev görüyor (Şekil 24). Yeryuvarlığının taşküre [litosfer] diye anılan en dışındaki 100 kilometrelik kısmı, nispi olarak birbirine doğru hareket eden levhalardan inşa edilmiştir. Levhaların birbirinden uzaklaştığı yerlerde, Orta Atlantik Sırtı



Şekil 26. Kosta Rika'nın Cordillera Central sıradağlarından enine kesit; yıldızlar dalma-batma kuşağı boyundaki deprem ocaklarını belirtiyor. Grafiğin sağındaki Limón depremi türetilmiş bir yer sarsıntısıdır.

boyunca, bazal magma yükselir ve İzlanda'da olduğu gibi yeni yerkabuğu meydana getirir. Gerçi oralarda depremler olur, ama bunlar çok büyük derinlikte ve özellikle şiddetli değildir. Güney Limburg depremi bu tiptendi.

Taşküre levhaları birbirine doğru hareket ederse, o zaman biri diğ-
erinin altına bastırılır ve Limón ile Concepción'da, Büyük Okyanus'un çev-
resinde her yerde ve Alpler-Himalaya kuşağında görülen türden depremler
oluşur. Alta sürülen levha 700 km derinliğe kadar depreme yol açabilir.
Batmakta olan yerkabuğu daha büyük derinlikte o denli ısınır ki elastiki bir
hale gelir ve artık kırılması mümkün değildir. Yerküre daha fazla büyüye-
meyeceği için, Orta Atlantik Sırtında ne kadar yeni yerkabuğu meydana ge-
liyorsa bu dalma-batma kuşakları* boyunca da aynı miktarda yerkabuğunun
ortadan kaybolması gerekir. Üçüncü tip bir deprem, levhaların sözgelimi
Kaliforniya'da San Andreas fayında olduğu gibi yatay şekilde yan yana ha-
reket ettiği yerlerde oluşur (Şekil 25).

Bu model Hutton, Lyell ve Darwin'in önceki bölümde tanıdığımız
fikirlerinden adamakıllı farklıdır. Yeni modele götüren büyük dönüm nok-
talarından birini, birçok deprem kuşağında görülen yatay örneğe borçluyuz.
K. Wadati ve H. Benioff, deprem merkezlerinin kıydan ne denli uzaksa o
denli derinde yattığını keşfettiler. Buna dayanarak depremlere, bir levha di-
ğerinin altına kaydığında meydana gelen sürtünmenin yol açtığını varsay-

dılar. Alta giren ve nispeten ağır olan levhanın da kendi ağırlığıyla bu süreçte katkısı oluyordu.

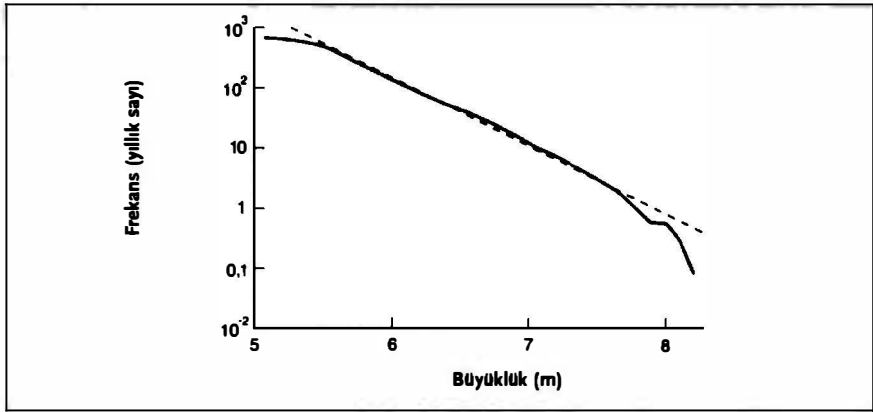
Orta Amerika'nın Kosta Rika yöresinde alınan bir kesitinde, böyle bir dalma-batma kuşağında tam olarak ne olup bittiği görülüyor (Şekil 26). Co-cos levhasının Büyük Okyanus'daki kabuğu yılda sekiz santimetrelik bir hızla doğuya, kendisi de yılda bir santimetrelik bir hızla batıya doğru hareket eden Karayip levhasının altına kayar. Arada bulunan her şey sıkışır ve depremlerin çoğu alta kayan yüzeyde vuku bulur. Bunun üstündeki yer kabuğu sayısız kırık tarafından kesilir, sıkıştırılır ve yukarı kaldırılır. Kırıklarda batıda doğuya, doğudaysa batıya doğru meydana gelen tipik bir çipek yapısı görülür.

Bu durum, sanki Kosta Rika kendisini sıkıştıran mendenen yukarı ve aşağı kaçarak kurtulmaya çalışıyor gibi bir izlenim yaratır. Alta giren kabuğun en derindeki parçaları ile tortuların bir kısmı o denli ısınır ki bunlar eriyip magmaya dönüşür ve yer kabuğundan yukarı çıkarak volkanizme yol açar, burada söz konusu olan Turrialba, Irazú, Poás ile başka birçok Kosta Rika yanardağının meydana getirdiği büyük silsiledir. Demek ki magma, Hut-ton, Lyell ve Darwin'in sandıkları gibi dağ oluşumunun sebebi değil, aksine onun sonucudur. Bu konuyu bir sonraki bölümde bir kez daha ele alacağız.

Bir tarih daha: 26 Mayıs 2004. Cava Adası'nın batı ucunda duruyorum. Demirden yapılmış beyaz deniz fenerine çıktım ve denize bakıyorum. Uzakta Krakatau, ufukta koyu renkli, sivri adalar görülüyor. Simon Winchester 1883'teki yanardağ püskürmesini konu alan *Krakatau* adlı kitabını burada başlatır. Fenerin eteğinde tuğladan, yarısı su içinde muazzam bir yuvarlak kaide bulunuyor. Bol miktarda tuğla parçası çatlayan dalgalarla ileri geri yuvarlanıyor. Bunlar püskürme sırasında yıkıma uğrayan önceki fenerin kalıntıları. Fener, püskürmeden değil, onu takip eden ve 34.000 insanın canına mal olan tsunamiden yıkılmış.

Krakatau'nun arkasında Sumatra olmalı, ama onu göremiyorum. Babam 1818'de orada, adanın en kuzeyinde, bugün Banda Açe diye anılan Kota Raca'da doğdu. Ben hiç orada bulunmadım.

Banda Açe artık mevcut değil. 26 Aralık 2004'teki tsunami onu deprem görmüş gibi haritadan sildi. Bu kelimeleri şimdiye kadar hiç bu denli yerinde kullanmak gerekmemişti. Bir ordu bir kenti haritadan sildi-



Şekil 27. 1977'den 1989'a kadar dünyadaki 5'ten büyük ($M > 5$) depremlerin frekans-büyüklik diyagramı. Kesik çizgi, hesaplanmış dağılımı 2, 22 fraktal boyutlu olarak veriyor.

ğinde geride yıkıntılar kalır, ama Noel'in ikinci günündeki bu deprem daha esaslı bir iş gerçekleştirdi. İlk önce bütün evleri yıktı, ondan sonra gelen dev dalga yıkıntıların tümünü olduğu gibi denize sürükledi. Kentten geriye artık sadece çamurlu bir yatay kesit kaldı. Video görüntüleri, uydu çekimleri, gazete fotoğrafları –bütün bunlar gözümde o denli canlılığını koruyor ki bu konuda elim yazmaya varmıyor. Şişman bir turistin cansız bedeni yüzlerce başkasıyla birlikte kumsalda dalga sınırına atılmış. O karınüstü yatıyor ve gövdesi yarı yarıya temiz, sarı kuma gömülmüş. Yarı açık bacaklarının arasından erkeklik organı görünüyor, çatlayan dalgalar onun üzerinden aşıyor: İnsani bir enkaz. Bu söz de hiçbir zaman bu denli yerli yerine oturmamıştır. Bu konuda daha fazla yazmak istemiyorum, imgeler hâlâ çok canlı (Şekil 27).

Babam tam olarak nerede doğdu? Ya ondan bir yıl önce teyzem? Dedemin askeri doktor olarak Açe'de ne işi vardı? Bunları daha önce kendime hiç sormadım? Her durumda cevapları orada, bir zamanlar kentin bulunduğu bu ıslak yüzeyde aramam gerekmiyor.

2004 Noeli'nin ikinci günündeki Sumatra depremi, Richter ölçeğinde 9,0 büyüklüğüyle ve 200.000'den fazla ölüyle tarihin en büyük afetlerin-

dendi, ama tabii sismologlar için değildi, çünkü onlar depremlerle yaşar ve frekans-büyüklik diyagramına ekleyebildikleri her sonraki noktaya şükran borçludurlar. Çünkü bu büyük depremler için de aynı ilişki geçerlidir: Büyüklik ne denli artarsa, olay o denli seyrekleşir. Sumatra depreminin şiddetindeki bir deprem aşağı yukarı 230 yılda bir olur. Tüm depremleri dünya çapında alt alta koysanız da bu durum değişmez. Bu ilişki ilk kez 1954'te Benno Gutenberg ve aynı adı taşıyan ölçeği bulan Charles F. Richter'in ta kendisi tarafından saptandı. Bundan dolayı Gutenberg-Richter bağıntısından söz edilir. Araştırılan sahanın jeolojik yapısına göre sadece çizginin eğimi değişebilir. Ne tür rakamların söz konusu olduğu aşağıdaki çizelgede bellidir.

Büyüklik	Yıllık ortalama sayı
8 ve yukarısı	1
7 - 7,9	18
6 - 6,9	120
5 - 5,9	800
4 - 4,9	6.200 (tahmini)
3 - 3,9	49.000 (tahmini)
3'ün altında	Ort. = 2-3: günde 1.000 Ort. = 1-2: günde 8.000

Önceki bölümde ele aldığımız tekbiçimciler ile katastrofistler arasındaki tartışmaya ilişkin cevabın bir kısmı da burada yatmaktadır. Güncel süreçlerin yoğunluğunun gözlemlenmesini de talep edenler haklıydı. Küçük alanlardaki düşük büyüklükte uyarılar sıradan olaylardır ve Lyell'in belirttiği anlamda güncel süreçlerden kaynaklanır. Yüksek büyüklükte olaylar nadirdir, bu sebeple afet gibi görünür. Kimi zaman sadece bir tek tanesini yaşamaya bir insan ömrü yetmez. Demek ki aslında iki görüş arasında gerçek bir zıtlık yok; sadece o zamanlar deprem ve başka doğal süreçlerin bu denli farklı büyüklüklerde meydana gelebileceği henüz bilinmiyordu. Bunun ötesinde insanın bir afetin ne olduğuna ilişkin bakış açısı kişisel tecrübelerle çarpıklaşır. Groningen sakinleri için 3 şiddetinde bir deprem kaygı verici bir olaydır; Kosta Rikalılar içinse alışkın oldukları, günlük sayılacak

küçük bir değişikliktir. Orada, yılda bir kez çok büyük bir deprem olacağına keşke her gün küçük bir deprem olsa, denilir. Ve jeolojik zaman dilimlerinin uzunluğuna alışıldığında, o zaman büyük afetler de Dünya'nın işleyiş şeklinin normal bir parçası haline gelecektir.

Gutenberg-Richter grafiği ve çizelge ortaya derhal birkaç soru daha atar: Bildiğimiz en şiddetli depremler hangileridir? Gelecekte daha şiddetli depremler beklemeli miyiz? Grafik aşağı doğru nasıl devam ediyor? Ve öncelikle: Frekans-büyüklik bağıntısı ne anlama geliyor? Onunla depremleri önceden tahmin edebilir miyiz?

Bildiğimiz en büyük depremler aşağıdaki çizelgede listelendi. Her birinin binlerce ve yüz binlerce ölü içeren kendi tarihi var –ölenler, depremden ziyade yan etkilerin; toprak kaymalarının, tsunamilerin ve çöken binaların kurbanı oldular. En şiddetli deprem (Şili 1960) 9,5 büyüklüğündedir (eski yayınlarda 8,3 olarak verilmişti, ama sarsıntının şiddeti daha sonra yeniden hesaplandı; yeni hesaplama şekli M_w olarak belirtilmiştir). Bundan başka çok şiddetli depremlerde daha önce Roermond'ta da gördüğümüz etki ortaya çıkar: Gelen sinyal doygunudur ve depremin büyüklüğü kesin olarak belirlenemez. Bu tür depremler insani ölçüyü aşar.

Ülke	Tarih	Büyüklik M_w	Enlem	Boylam
Şili	22.05.1960	9,5	38.2 G	72.6 B
Alaska	18.03.1964	9,2	61.1 K	147.5 B
Alaska	09.03.1957	9,1	51.56 K	175.39 B
Kamçatka	04.11.1952	9,0	52.7 K	159.5 D
Batı Sumatra	26.12.2004	9,0	3.3 K	95.78 D
Ekvator	31.01.1906	8,8	1.0 K	81.5 B
Alaska	09.03.1957	8,8	51.3 K	175.8 B
Kuril Adaları	06.11.1958	8,7	44.4 K	148.6 D
Alaska	04.02.1965	8,7	51.3 K	178.6 D
Hindistan	15.08.1950	8,6	28.5 K	96.5 D
Arjantin	11.11.1922	8,5	28.5 G	70.0 B
Endonezya	01.02.1938	8,5	5.2 G	130.5 D

Bir sonraki soruların cevabı da burada yatar: Gutenberg-Richter eğrisi kuramsal olarak sonu gelmez bir şekilde böyle, daha da seyrek meydana gelen daha şiddetli depremlere doğru devam edebilir. Demek ki söz konusu olan, minerallerin sertlik derecesi gibi 1'den 10'a kadar giden bir ölçek değil. 65 milyon yıl önce dinozorların neslinin tükenmesine sebep olan meteorit çarpmaları, hesaplamalara göre Richter ölçeğiyle 11 ya da 12 büyüklüğünde bir değere sahip olmuş olabilir. Doğal bir deprem için tek sınırı, bir taşküre levhası içinde kapalı olabilecek azami enerji, bir de bir kayacın kırılmadan dayandığı azami gerilimdir, ama bunlar eğrinin değil, yer-yüzünün sınırlamalarıdır.

Böyle nadir bir mega depremin vuku bulma şansının ne denli yüksek olduğunu hesaplamak için aynı şiddete sahip önceki depremlerin verilerine ihtiyaç duyarız, ama bunlar elimizde yok. Deprem büyüklüklerinin ölçümlerine başlanalı yüzyıl bile olmadı. Gerçi önceki depremlere dair görgü tanıklarının anlatıları var, ama büyüklük ölçümleri mevcut değil. Daha önceki depremler, eski fay hatları kazılarak, fay boyunca meydana gelen kaymalardan depremlerin büyüklükleri çıkarılarak ve C-14 yöntemiyle ya da başka yollardan hareketin yaşı belirlenerek yeniden tasarlanabilir. Bu, bilimin çok yeni bir dalı, paleosismoloji olarak gelişti. Sözelimi Güney Limburg ve çevresinde 6,6 şiddetinde bir depremin ortalama 5.000-15.000 yılda bir meydana gelebileceği hesaplandı (bkz. Bree, şekil 21). Sumatra'nın batı kıyısındaki mercanların her 230 yılda bir Banda Açığı'ndeki gibi depremlere maruz kaldığı görülüyor.

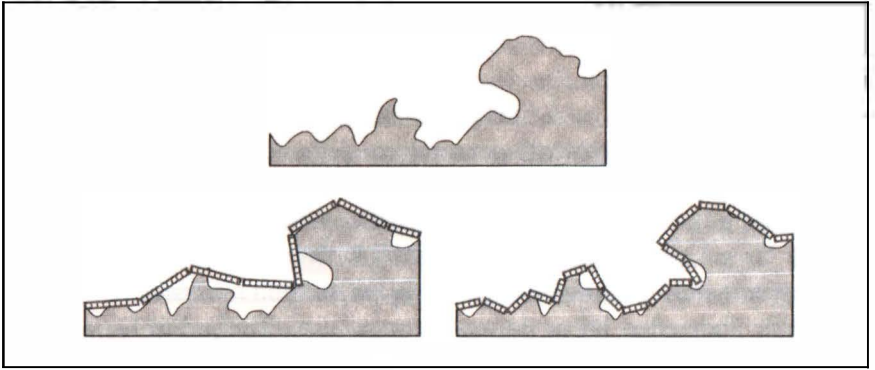
Ama kimi depremler, sözelimi 1991 Limón depremi gibi yüzeyde fark edilir hiçbir fay hattı bırakmaz. Bazen hiç sismik olarak faal diye bilinmeyen bölgelerde de depremler olur. Böyle durumlarda paleosismoloji elbette pek işe yaramaz.

Gerçekte her bin ya da on bin yılda bir Richter ölçeğine göre 10 büyüklüğünde yahut daha şiddetli mega depremler olup olmayacağını bilmiyoruz. Bunlar muhtemelen o denli seyrek ki insanlığın kısa tarihi içinde henüz vuku bulmadı. Gerçi insani ölçüyü adamakıllı aşan yanardağ patlamaları vardı, ama izleyen bölümde göreceğimiz gibi bunlar geride tarihlendirilebilen kraterlerle volkanik kül tabakaları bıraktı. Ancak jeolojik geçmişi-

mizdeki depremlerin boyutunu saptamak çok daha zordur. Yani bugünkü bilgimizle de 10.000 yılından önce böyle bir mega deprem daha olup olmayacağını söyleyemiyoruz. Eğer olursa, o zaman muhtemelen dalma-batma kuşaklarından birinde vuku bulacaktır, çünkü en büyük gerilimler orada görülüyor. Şu anda bile büyük depremlerin çoğu açık farkla dalma-batma kuşaklarına bağlıdır.

İlginç bir soru şudur: Gutenberg-Richter dağılımı⁶ aslında ne demektir? Niye logaritmik taksimat? Cornell University'den Donald L. Turcotte *Fractals and Chaos in Geology and Geophysics* adlı kitabında bunu basit bir şekilde ifade eder. İki uç ihtimal mevcut olup birisi şudur: Her kırığın kendi deprem büyüklüğü vardır; küçük kırıklar birçok küçük depreme yol açar, büyük kırıklar ise şiddetli depremler yaratır; büyük kırıkların gerekli gerilimi biriktirmesi için uzun zaman gerekir, dolayısıyla büyük depremler nadirdir. Öteki uç ihtimal: Büyüklüğüne bakmayarak her kırık herhangi şiddette bir depreme sebep olabilir. Turcotte, ilk varyantın daha muhtemel olduğuna dair kanıtlar da ileri sürer. Kaliforniya'nın büyük San Andreas fayının çevresinde, salt büyük kırıkların bulunduğu bölgelere kıyasla çok daha geniş bir deprem büyüklüğü yelpazesi içeren her türlü büyüklükte kırığın bulunduğu bölgeler yer alır.

Daha da ilginç olan, Gutenberg-Richter bağıntısının sadece depremlerde değil, başka birçok doğa fenomeninde de işlevini yerine getirmesidir. Bu bilgi, *fractional dimension*⁷ kavramından *fractal*'i⁸ türeten Polonya-ABD kökenli matematikçi Benoit Mandelbrot'a dayanır. Bir noktanın sıfır, bir çizginin bir, bir yüzeyin iki, bir küpün üç boyutu vardır. Sıfır, bir, iki ve üç, daima tam sayılarla ifade edilen öklid boyutlarıdır. Fraktal boyutlar bunların arasında bir yerde bulunan bir boyut sayısına sahiptir. Mandelbrot'un en ünlü örneği 1967 tarihli "How long is the coast of Britain?" [Britanya kıyısının uzunluğu ne kadardır?] başlıklı yazısında tasvir edilmiştir. İnsan eline bir dünya haritası ile bir cetvel alır ve bununla Büyük Britanya'nın çevresini ölçerse belirli bir değer elde eder (Şekil 28). Ama sadece Büyük Britanya'nın temsil edildiği bir haritaya başvurursa kıyı şeridi orada çok daha ayrıntılı betimlenmiştir ve bunu cetvelle ölçtüğünde çok daha büyük bir değer çıkacaktır. Genel harita yerine daha bü-

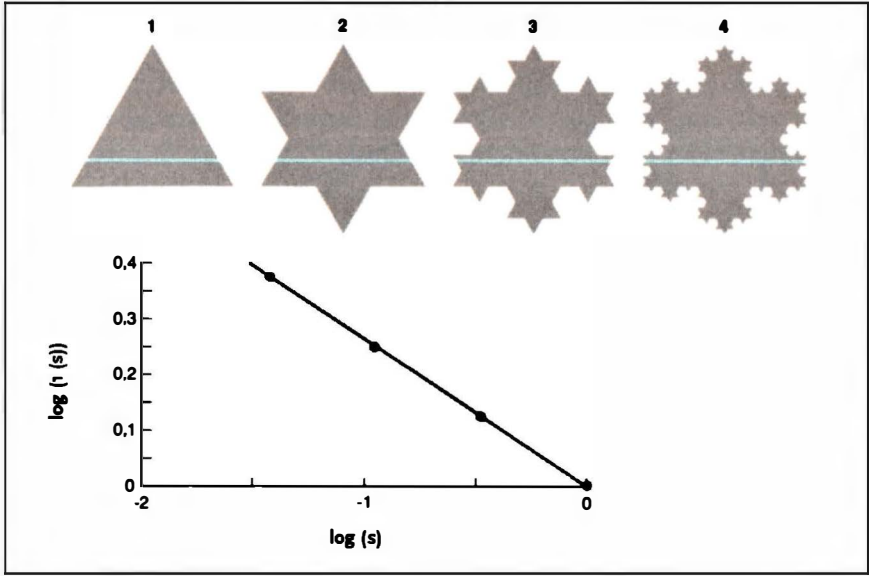


Şekil 28. Kıyı şeridinin uzunluğu ölçüm yapılan ölçüye bağlıdır.

yük ölçekli ayrıntılı birçok harita kullanırsa, o zaman değerler yükselmeye devam edecektir. Yahut havadan fotoğraf çekiminden yararlanılır ve bu yolla haritacıların zorunlu olarak yaptıkları genellemelerden kaçınılır. Bütün bunları yeterli görmüyorsa, cetvel elde bizzat adanın çevresini dolaşır ve kesinlikle daha yüksek bir değere ulaşır. Ve son olarak bu görevi bir salyangoza verirse, o zaman salyangozun her çakıl taşını, her ıslak kum tanecikliğini ölçmesi gerekecek ve dünya haritasıyla işe başladığında ihtimal verilmeyen bir değer bulunacaktır. Kısaca: Her ayrıntının arkasında yine daha ince bir ayrıntı gizlidir.

Bunun üzerine deriz ki: Kıyı şeridi fraktal boyutlara sahip. Şimdi bütün kıyı uzunluklarımızı, her gözlemimizde kullandığımız haritalar, hava fotoğrafları ya da sahra kuadrantlarıyla logaritmik bir grafik içinde ilişkilendirirsek, o zaman tüm noktaların bir çizgi üstünde bulunduğunu görürüz. Bu çizginin eğim açısı fraktal boyutu oluşturur ve bu çoğu zaman bir tam sayı değil, aksine 1 ile 2 arasında bir kesirdir. Ve görünüme göre model her ölçek seviyesinde aynı olduğundan *self-similarity*'den [kendine benzerlik/özbenzeşlik] söz edilir: Ölçekten bağımsız bir değişkenliktir bu.

Bunu, eşkenar bir üçgenin kenarlarına her defasında kenar uzunluğunun üçte biri büyüklüğünde küçük bir üçgen yerleştirerek ve bu süreci sonsuza kadar tekrarlayarak da tasavvur edebiliriz. Bu Koch Üçgeni'dir ve

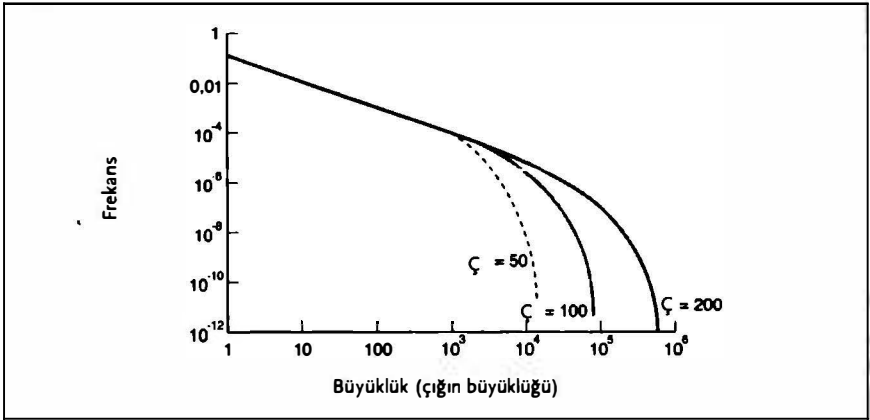


Şekil 29. Koch'un üçgeni ve onun fraktal boyutu. Eğim açısı 0.26. <http://pmassio.altervista.org/koch.gif>

Svitoç'un Hazar Denizi seviyesinin oynamalarına ilişkin gözlem tarzında kiyle kıyaslanabilir bir şekilde sonuçlanır (bkz. şekil 13).

Mandelbrot öncelikle fraktallerin geometrik veçheleriyle ilgileniyordu, ama Gutenberg-Richter bağıntısı söz konusu ilkenin zamana ilişkin olarak da aynı ölçüde geçerli olduğunu belli eder. Grafiğin bir eksenini bir zaman kavramını, çoğunlukla frekansı, yani beher zaman birimine –her yıl ya da her saniyeye– düşen olay sıklığını temsil eder, diğeryse olayın büyüklüğünü gösterir. Şekil 29'daki eğim açısı yine fraktal boyutu yansıtıyor. Ve bu sadece depremlerde değil, ayrıca toprak kaymaları, güneş lekeleri ve tortulaşma hızlarında işlev görüyor. Hatta borsa kurları, kentlerin büyüklük dağılımları ve İngiliz dilindeki kelime sıklığı fraktal davranış gösterir.

Danimarka-ABD kökenli fizikçi Per Bak, bunun niçin böyle olduğunu ortaya çıkarmaya çalışan ilk kişiydi. *How Nature Works* (1996) gibi gösterişli bir başlık taşıyan kitabında bunu kum yığını modellerine dayaa-



Şekil 30. Frekans-büyüklik diyagramı, farklı büyüklükte (Ç [çığ] = 50, 10, 200) kum yığınları için kum çığları ihtimalini belirtir; çığ ne denli büyükse (yatay eksen), çığ ihtimali (dikey eksen) o denli azalır. <http://www.ffn.ub.es>

arak açıklar. Düz bir yüzeyde hep aynı yere tıpkı bir kum saatinin zemininde olduğu gibi giderek daha fazla kum tanesi dökülürse, bir süre geçince sonunda gevşek yığılmış kumun 34 derecelik azami şev açısına ulaşan konik bir yığın elde edilir. Belirli bir anda kum yığının tanecikleri öyle bir yığılmıştır ki sadece bir tek kum taneciği eklendiğinde şev istikrarsız hale gelir. Bak'ın terminolojisine göre artık kum yığını kritik bir durumdadır; bu, haksız yere kritik durumdaki bir atom reaktörünü akla getiren bir sıfattır. Fazla gelen sonuncu kum taneciği yığındaki hareketsiz taneciklerden birini, o da tekrar başka birini harekete geçirir ve sonunda yığın yeniden durağanlaşmaya kadar bir kum tanecikleri çığı meydana gelir. Bak'ın bilgisayardaki kum yığını modelinde keza çığlar da fraktal bir dağılıma sahip, birçok küçük ve bir büyük çığ var (Şekil 30). Bak, bunu *self-organized criticality* [kendi kendini düzenleyen kritiklik] diye adlandırıyor, çünkü kritik anda nasıl tepki vereceğini belirleyen kum yığınının kendisidir. Kum yığınının, kum çığlarının fraktal bir dağılımını meydana getirmesinde hiçbir dış etki söz konusu değil. Bu, kum yığınının ve Bak'a göre genellikle karmaşık sistemlerin için bir niteliğidir. Bak bu noktada

tanıtlamayı da tersine çevirir: Doğal süreçlerin içinde ve dışında yer alan fraktal dağılımları –borsa kurları, güneş lekeleri ve depremler de dahil– sistemlerin *kendi kendini düzenleyen kritikliğinin* bir kanıtı olarak görür. Doğanın işleyişini açıklamak için süreçlerin yoğunluğunu çıkış noktası olarak alan ilk kişi odur. Ve kendisine inanmayan herkesi kitabında ustalıkla yerden yere vurur.

En başta sismologlar olmak üzere ona inanmayan gerçekten çok kişi var. Çünkü bir defa bir kıta bir kum yığını, bir deprem de bir kum çığı değil. Yer sarsıntıları, gerek küçükleri gerekse büyükleri, genellikle çok uzun zamandır var olan ve karmaşık bir geçmişe sahip faylarda meydana gelir. Demek ki depremin vuku bulduğu yer –şayet bundan söz edilecekse– ancak bir kritikliğe ulaşıldığı anda değil, aksine zaten uzun zaman önce belirlenmiş durumdadır.

Gutenberg-Richter dağılımının depremler için geçerli olması olgusu, Bak'ın görüşüne göre aynı zamanda yer kabuğunun bir bütün olarak kritik bir durumda olduğu anlamına geliyordu. Yukarıda ele aldığımız gaz depremleri bunun bir kanıtıdır. Gaz istihsalı gibi cüzi bir aksaklık bile bir depreme yol açabiliyorsa, o zaman yer kabuğu bir bütün olarak herhalde azami bir gerilim durumunda, yani kritik bir halde olsa gerekir. Ama bu da, *Nature* 1999'da depremlerin önceden tahmin edilebilirliği konusunda şimdiye dek yürütülen hırçın tartışmadan anlaşıldığı kadarıyla sayısız jeofizikçi için fazla aşırıdır. Azizim Hein, kulağın yerde güzel güzel dinlemeye devam et!

Keza Hazar Denizi'nin su seviyesindeki farklılıklar da ikinci bölümde gördüğümüz gibi fraktal karaktere sahip görünüyor, ama burada farklılıkların sebebi her ölçek seviyesinde değişiktir. Bu da kritik duruma gelmiş bir Hazar Denizi ya da hidrolojik dolaşımına pek bağdaştırılamaz. Britanya kıyılarının her ölçek seviyesindeki kaprisli güzergâhının sebepleri de farklıdır.

Bak'ın bilgisayardaki kum yığını modeli de aslında gerçek bir kum yığını değil, küçük zarlardan oluşan bir kümedir. Zarların arasında hava yok, oysa düzensiz şekilli kum taneciklerinin arasında herhalde var. Kuramsal fizikçinin fildişi kulesine çekilmiş olan Bak, gerçek kum yığınıyla deneylere girmeyi başkalarına bıraktı. Gelgelelim kim gerçek kum yığınla-

ıyla çalıştıysa, çığların güzel bir fraktal dağılımı olduğunu göremedi. Bak kum taneciklerini uyuşuklukla suçluyor, ama ben bunun doğru olmadığını düşünüyorum. Gerçek bir kum yığnında bir kez bizzat oynamış olan herkes şunu bilir: Bir kum çığı gevşek kum tanelerinin birbirini harekete geçirmesiyle meydana gelmez; daha ziyade yığnın içindeki zayıf kuşaklar boyunca kum kütleleri toplu halde kayıyor ve bu durum kritik anda sonuncu kum tanesi tarafından ansızın görünür kılınıyor. Yani kum yığnı modeli ideal olmaktan çok uzak ve sonuçta kum çığlarının ya da depremlerin fraktal dağılım sebebini açıklamıyor.

ÇEVİRMENİN NOTLARI

- 1 Almancada "Geografen" (coğrafyacı), "Topografen" (topograf) ve "Seismografen" (sismograf) ile elde edilen kelime oyunu Türkçede kayboluyor.
- 2 Depremin bir sismograf tarafından kaydedilen yazılı kaydı.
- 3 İng. Beyaz gürültü.
- 4 Alm. Subduktionszonen, İng. subduction zones.
- 5 Moment magnitüd ölçeğı (İng.: Moment magnitude scale), depremler esnasında ortaya çıkan enerjiyi ölçmeye yarayan bir sistem. Bu ölçek 1979 yılında Thomas C. Hanks ve Hiroo Kanamori tarafından yaratılmıştır ve Richter ölçeğinin yerini almıştır. Moment magnitüd sembolündeki (Mw) "w" harfi work (yapılan iş) anlamına gelir.
- 6 Gutenberg-Richter dağılımından kastedilen depremlerin dünya çapında dağılımıdır. Bu terim, frekans-büyükük bağıntısı ya da Gutenberg-Richter yasası olarak bilinen terimlerle eşanlamlıdır.
- 7 İng. kesirli boyut: Tam sayılarla ifade edilemeyen boyut.
- 8 "Kırılmış" ya da "parçalanmış" anlamına gelen Latince kökenli bu terim Türkçede "fraktal" olarak kullanılır ve matematikte, çoğunlukla kendine benzeme özelliğı gösteren karmaşık geometrik şekillerin ortak adını ifade eder.

KOLEKTİF BELLEK

“El volcán. Siempre ahí. Y no nos fijábamos en él.”

“Yanardağ. Daima oradaydı. Ve biz onu dikkate almadık.”

GERMÁN SANTAMARÍA, *No morirás*, Bogota 1992

Yirmi iki Ekim 2002 tarihindeyiz. Bugünkü gazetenin baş sayfasında Akdeniz'in bir uydusu resmi basılı, burada Etna'nın gri-kahverengi püskürme sütunu uyarıcı bir parmak gibi göğe yükseliyor. Bu beni tahrik ediyor. Yılbaşı gecesi için planlar yapıyoruz. Aslında yeni yıla girerken artık sözde değil, doğru dürüst bir havai fişek gösterisi görmek istiyorum. Öyleyse haydi Etna'ya! Tehlikeli mi olur? Göreceğiz.

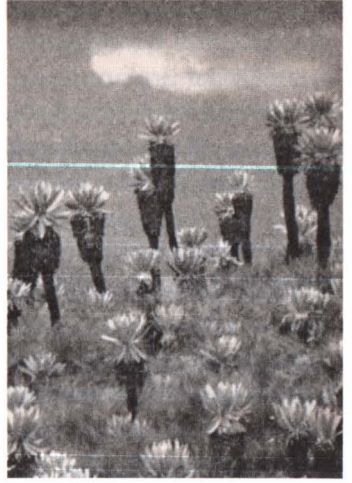
Taormina'dan itibaren arabayla Linguaglossa boyunca yanardağın doğu tarafında ilerliyorum. Elimdeki 2001 tarihli haritaya göre, keskin dönemeçlerle dolu bir yol oradan güneybatı yönünde devam ederek neredeyse yanardağın doruğuna kadar çıkıyor. Her tarafta yakın döneme ait etkinliklerin izleri var. Yol siyah volkanik küllerle dolu: Levhaların üstünde *Sabbia vulcanica sulla strada* (yolda volkanik kum) yazıyor. On keskin virajdan sonra bir trafik sıkışıklığıyla karşılaşıyorum; bir sonraki dönemece kadar arabalar durmuş, daha ötesini göremiyorum. Hiçbir şey kıpırdamıyor. Arabamı yolun kenarında park ediyor ve yürümeye başlıyorum. İki dönemeç ileride ne olduğunu görüyorum. On metre yüksekliğinde, dumanı tüten tehditkâr bir siyah lav duvarı yolu tıkmış. Lav 14 gün önce dışarı akmış, dolaşısıyla elbette haritada görünmüyor. Lav hâlâ sıcak, ama artık üstünde yürünebiliyor. Yalnız bir yerde fazla uzun kalmamak gerekiyor, aksi takdirde ayakkabıların topukları eriyebilir. Lav akıntısının ne denli devasa olduğu ancak yukarıdan, lav duvarının üstünden görülüyor. Birkaç yüz metre genişliğindeki akıntı, karla örtülü doruğa giden engebeli bir otoyol gibi duruyor. Sağ ve solda ormanlar parça parça olmuş ve kömürleşmiş. Lav akıntısının altında daha sayısız ağaç gövdesi yatıyor olmalı. Delik deşik kayacın büyük büyük parçaları içindeki çatlaklardan yer yer kızgın küllü buharla-

nı çıkıyor. Burası turistik bir atraksiyona dönüşmüş, bütün bu arabaların yolcuları kayaç parçaları arasında oynuyorlar. Herkes dikkatli, ama kimse korkmuyor. Heyecan verici bir durum; Dünya'nın oluşumunda hazır bulunuyorum duygusuna kapılıyorum. Aynı zamanda doruğa çıkamadığım için hayal kırıklığı içindeyim.

Yanardağın güney tarafından ilerlemeyi deniyor ve arabayı Refugio Sapienza'ya, "Bilgelik Sığınağı" denilen kulübeye doğru sürüyorum. Haritaya bakılırsa orada hemen hemen doruğa, Torre del Filosofo ya da Filozof Kulesi'ne kadar çıkan bir teleferik var: Bilgelik'ten Filozof'a telesiyeye çıkılıyor. Söylentiye göre Yunanlı filozof Empedoklis' orada Etna'yı incelemiş ve ölümsüz bir tanrı olduğunu kanıtlamak için sonunda kendini kratere atmış, ondan sonra da göğe yükselmiş. Ne var ki bu iddia, dağda onun arkada bıraktığı bir sandalet bulunduğunda inandırıcılığından çok şey kaybetmiş. İnsani hiçbir olgu filozofa yabancı değildi.

Trecastagni'de birkaç ev, 22 Ekimdeki püskürme öncesinde vuku bulan 4,4 şiddetindeki depremde yıkılmış. Yol Nicolosi'den itibaren dikleşmeye başlıyor. Keskin bir dönemeçte bir evin eski lav akıntısından zar zor çıkan damı görünüyor, ama ben Bilgelik'e varmadan yol tekrar kapanıyor, oraya ancak yaya ulaşabilirim; yeni bir lav akıntısı teleferiği yutmuş. Bu son on yılda beşinci kez oluyor. Anlaşılan yanardağ filozofla buluşmamı istemiyor. Refugio'ya gidiyorum. Artık pek fazla sığınma imkânı sunmuyor burası. Lav akıntısı bir hediyelik eşya satış kulübesini yarıya kadar altına almış. Manzara terasında geriye sadece yarı yarıya erimiş plastik iskemleler kalmış, lav akıntısı bir buldozer gibi onları düzensiz bir çöp yığını halinde bir araya toplamış. Refugio'dan geriye kalan her şey bundan ibaret. Daha ileriye gitmek mümkün değil, yanardağ üç beş dakikada bir böğürerek kahverengi bir duman sütunu püskürüyor. Saçlarımdaki külleri silkeliyorum.

Peki, Etna tehlikeli mi? Volkanolog Alwyn Scarth ile Jean-Claude Tanguy, "Etna causes damage, not death," [Etna zarar verir, ama ölüme yol açmaz] diyorlar. Etna öncelikle lav püskürtüyor ve insan lav akıntılarından kaçabilir. Ve eğer bir akıntının yönünü beğenmezseniz onu başka tarafa yöneltebilir ya da lavın oradan akmaya devam etmesi için bir yanına delik açabilirsiniz. Bu günümüzde giderek daha iyi beceriliyoruz.



Şekil 31.
Frailejón'lu (*Espeletia* sp.) páramo,
Kolombiya.

Etna'dan akan lav o denli muazzam ki bin yıl sonra yanardağın tüm doruğu döner kafalı devasa bir çim sulama tesisatınca yapılmış gibi yeni bir lav tabakasıyla örtülmüş olacak. Lav akıntıları bağları, evleri ve bazen köyleri olduğu gibi yutabilir; 1669'da bir lav akıntısı yanardağın eteğindeki büyük Catania kentinin içinden kendine bir yol açmıştı. Nahos olan şu ki bu lav akıntılarının nereden geleceği önceden hiçbir zaman tam bilinmiyor. Hep doruktaki kraterden akmaları kesinlikle söz konusu değil. Etna'da sayısız çatlak olduğundan yaklaşık 200 farklı indifa merkezi var. Yanardağ kaygan bir kil tabakası üstünde yer alıyor ve antarktik buzu üzerindeki bir mors gibi yavaş yavaş Akdeniz'e kayıyor. Bu sırada içinden magmanın yukarı tırmanabileceği yeni yeni genişleme çatlakları meydana geliyor.

Gerçi Etna 2002'deki gibi düzenli şekilde az miktarda kül püskürüyor –bunların sayısı son 350 yılda 70 kadardı– ama daha büyük patlamalar kısa ve seyrek. Geçmiş üç bin yılın bilinen tüm indifa tarihinde 100 insan bile ölmemiştir. Sonuncuları, 12 Eylül 1979'da yanardağ ansızın patladığında kraterin kenarında duran dokuz turistti. Yani biraz dikkatli davranılırsa, Etna'da bir yılbaşı gecesi geçirmek pekâlâ hoş bir değişiklik olur.

25 yıl önce. Bogotá'da (Kolombiya) dik bir yokuşun üstündeydim, yol ileride taşlı bir dağ patikasına dönüşüyor. Kentten ötesini görebildiğim bir yere kadar tırmanıyorum. Ta uzakta, 150 km batıda üç doruk ufukta parlıyor: Nevado del Tolima, Nevado del Ruiz ve Santa Isabel. Bunlar 5000 metreden yüksek olan, buzulla kaplı üç yanardağ. Bu üçü bana sesleniyor, beni baştan çıkarıyor. Bir jeolog için dayanılmaz bir durum. Her ne olursa olsun onları yakından görmeliyim.

Bu büyüğe bir girişim. Bogotá deniz seviyesinden 2600 m yukarıda bulunuyor ve buna ilaveten karşı tarafta Cordillere Central'e [Merkezi Cordillera (Sıradağlar)] çıkmak için tamamen aşağıya inip Magdalena Vadisi'ni geçmek gerekiyor. Ancak bunu bir hafta sonunda yapmak mümkün değil. Boquerón'un derin boğazına dik bir yoldan iniliyor. Magdalena Vadisi'nde tropikal bir iklim hüküm sürüyor; canlı taşra kenti Armero'da sıcaklık, denizden sadece 300 m yukarıda olduğu için 30 dereceyi aşıyor. Yol pamuk tarlalarından kıvrıla kıvrıla Lagunillas Irmağı'nın dik vadisini geçiyor ve dünyanın bütün iklim kuşaklarını aşıyor. Kırmızı çiçek açan gölgelik ağaçlarla kaplı bereketli kahve plantasyonlarının arasından, daha sonra ağaç renkli yabani yosunlar, çatallanan ağaç dallarının üstünde parlak bromeliadlar ve devasa ravent yapraklarıyla dolu, loş, sisten sırsıklam And Dağları ormanlarından geçiyor.

Derken birdenbire, 3000 metrenin üstünde peyzaj açılıyor ve kıyas kabul etmez güzellikteki dalgalanan çayırlıkları gözler önüne seriyor: Bunlara burada *páramo*, yüksek dağ tundrası deniyor (Şekil 31). Bodur, kırmızı çiçekli, açelya benzeri küçük çalıların üstünden garip kıvrıkcık gövdeleri ve büyük gri-yeşil, keçemsi yapraklarıyla çizgi roman *Mafalda*'daki² Miguelito'nun saçlarını andıran bir metrelik *frailejón*'lar yükseliyor. Sağda solda yerli köylülerin küçük patates tarlalarına rastlanıyor. Ve bütün bunların üstünde Nevado del Ruiz'in 5300 m yükseklikte parıldayan buz takkesi yükseliyor. Nevado del Tolima'nunki gibi güzel bir yanardağ konisi değil, daha ziyade yassı bir pudingi andırıyor. Buzulların çok daha büyük olduğu buz çağında erozyona uğramış.

Duyduğum özlem kuvvetleniyor. Daha da yukarı çıkmak istiyorum. Benim emektar Peugeot 504, 4000 metreye kadar ağır ağır tırmanıyor. Bu-

rada artık *páramo* da yok, burada sadece eski, dondan çatlamış lav akıntılarının arasında gevşek volkanik kül var. Etrafımızı sis sarıyor ve keskin virajların sonu gelmek bilmiyor.

Derken ansızın sis kalkıyor. 4800 metrede kar sınırında duruyorum. Yol sona eriyor. Burada oksijen tüpü bulabileceğiniz –ne de olsa Mont Blanc’dan daha yukarıdayım– taştan alçak bir kulübe –bir kez daha El Refugio– var. Zaman zaman sisten sınırlan karla kaplı doruğa özlemle bakıyorum. Ama bu karda, bu yükseklikte bir 500 metre daha, sadece hafif branda bezinden çizmelerle, teçhizatsız oraya çıkmamın imkânsız olduğunu biliyorum. En iyisi hiç teşebbüs etmemektir. Eğer daha sonra ayakkabılarımdan birini bulsalar, ne derlerdi? “Empedoklis’in ayak büyüklüğüne uymuyor.”

Küçük buzul dillerinin çevresini dolanıyorum. Bunlar eski lav akıntılarını derinlemesine çentmiş. Küçük buzul çağından kalma nal şeklindeki buzultaşlar daha aşağıda vadide kaybolmuş bir halde duruyor. Bir sonraki buz çağına kadar ortada kalmışlar.

Yanardağ sakın. Yazık. Bir kez olsun doğru dürüst bir indifa görmek isterdim. Bunu görmeden Kolombiya’dan ayrılmama konusunda kendi kendime söz veriyorum. Ne var ki Kolombiya yanardağları Etna kadar önceden kestirilebilir değil. Görünürde bir indifa yok. 1982’de ülkeden ayrılıyorum. Fazla sabırsızım. *Sapienza*’dan [bilgelik] yoksunum.

Bogotá’daki VI. Latin Amerika Jeoloji Kongresi için 1985 Ekimi’nde yeniden Kolombiya’daydım. Her an bir indifa olabileceği söylentisi dolaşıyordu. Ama artık bilgelikten mi, yoksa korkudan mı dersiniz, ben orada kalmadım.

Bugün Nevado del Ruiz’in daha korkunç bir ünü var. 13 Kasım 1985’teki indifada 25.000 insan kor kadar kızgın Armero’da bir çamur çığının altında kaldı. Bu 20. yüzyılın en dehşetli indifalarından biriydi. Kentten geriye artık sadece çıplak bir çamur çölü kaldı, kurbanların çamura gömülü evlerinde yattıkları yerleri beyaz haçlar gösteriyor. Haçlara bakarak eskiden yolların nereden geçtiğini anlayabiliyorsunuz –burası yeni bir Herculaeum.³ İki görgü tanığının etraflı ifadelerine bir göz atalım:

“Saat sekizde yanardağda dört kere öyle muazzam, derinden gelen boğuk bir gümbürtü koptu ki 65 km ötede, hatta rüzgârla daha da

uzakta duyuldu. Sonra kül ve kum gibi ince süngertaşı yağmaya başladı, giderek dolu gibi yoğunlaştı ve damlarda aynı sesi çıkardı. İki saat sonra ortalık biraz aydınlandı, ama arkasından öyle bir kardı ki gün ortası olmasına rağmen artık bir mektup bile okunamaz oldu. (...) Bütün gece boyunca kül yağdı, ertesi sabah yerler süngertaşı ve kül kaplıydı. (...)

Gürültü, Guali ve Lagunillas ırmaklarının yukarı havzasında dağdaki kar örtüsünün altında vuku bulan patlamaların sonucuydu. Söz konusu ırmaklar patlamada etrafa yayılan toprakla kısa süre tıkanmıştı ve bu bentler yıkılınca şaşırtıcı bir hızla aşağı akmaya başladı. Bir evin çeyreği büyüklüğünde bloklar birlikte sürüklendi. Su bir bulamaç kadar yoğun ve dayanılmaz ölçüde kükürtle kül kokuyordu, öyle ki balıklar çaresiz şekilde bir yandan öbür yana kaçtı ve birçoğu sonunda umutsuzca kıyıya sığırdı. Aşağıda Magdalena Vadisi'nde akıntı yarım milden daha geniş bir alana taşıdı ve ırmağa ulaşınca kadar önüne gelen hayvanı yuttu. (...)"

"Sabah yedide Magdalena'nın kıyısında yeraltında büyük bir uğultu koptu, bunu kısa bir deprem takip etti. Ardından Rio Lagunillas [Lagunillas Irmağı] yoluyla Nevado del Ruiz'den muazzam bir çamur çığı geldi, çok geçmeden ırmak vadisinin tamamını doldurdu, ağaçlarla evleri altına aldı ya da sürükledi ve kaçamayan talihsiz insanlarla hayvanları çamura gömdü. Lagunillas Vadisi'nin daha yukarıda ve daha dar kısımlarında yaşayan nüfusun tümü hayatını kaybetti. Irmağın alt tarafında bazıları daha yüksekte bulunan bölgelere kaçmayı becerdi; daha az talihli olan bazıları tepelerin üstünde mahsur kaldı ve kendilerini zamanında kurtarmaları mümkün olmadı. Kimileri yıkıntıların altında kaldı, birkaçı ise akıntının şiddetine direnen bir ağaca sarılabildi. Kendini kurtarabilenler ırmakta sürüklenen şeker kamışı ve muzla beslendi, başkaları ise kimse onların yardımına gelemediği için açlık ve susuzluktan can verdi. Lagunillas'ın yukarı havzasında bin kadar insan öldü ve 6,5-10 km² arasında bir alan taş, çakıl, kum ve çamurla kaplandı, aralarında da büyük yığın-

lar halinde kar vardı. Çamur tabakası en az 1,5 metre kalınlığındaydı. Çamur deryası düzlüğe ulaştığında çatallandı. Bir kolu Magdalena'ya doğru Lagunillas'ın eski yatağını izledi, diğeri Santo Domingo Vadisi'ne girdi ve ormanları bir saman çöpüymüşçesine birlikte sürükledi. Daha sonra Rio Sabandija'ya döküldü ve ağaç, çamur, taş yığınları tüm vadiyi su altında bırakma tehdidi yaratan doğal bir bent oluşturdu. Şans eseri gece sıkı yağmur yağdı, böylelikle Sabandija'nın yan kolları yükseldi ve sular ırmağı tıkamış olan bendi yardı.

Çoğu kimse Nevado del Ruiz'in büyük bir kısmının çökmesiyle ırmakların tıkanıldığını sanıyordu. Sonra karın erimesiyle su yükselince, bent yıkılarak yolu üzerinde ne var ne yoksa hepsini birlikte sürüklemişti. Başkaları ise Ruiz'in çamur püskürtmüş olduğunu düşünüyordu, çünkü Magdalena'nın suyu bile kükürt kokuyor ve içilemiyordu.”

Nevado del Ruiz'in 13 Kasım 1985'teki püskürmesi insanlığın görüp geçirdiği en büyük yanardağ afetlerindendi. O sırada olup bitenler, yukarıda tasvir edilenlerle birbirini bir hayli tutar. Aslında püskürmenin kendisi özellikle büyük bile değildi, ne var ki etkileri dramatik oldu. Yanardağı örten buz takkesinin yaklaşık yüzde 10'u püskürmenin sıcaklığıyla eridi. Aynı anda, püskürmeye eşlik eden depremin sonucu olarak Lagunillas'ın yukarı havzasında toprak kaymaları meydana geldi. Taş ile molozdan ibaret yüksek duvarlar ansızın ırmağı tıkadı, ama buz takkesinin eriyen su miktarı o denli büyüktü ki bu doğal baraj yıkıldı. Böylece dik koyaklardan vadiye doğru saatte 30 km hızla akan ölümcül çamur çığı oluştu. Söz konusu akıntı, kar sınırının kıyısından, *páramo*'ların içinden, ağaçsı eğreltiotları ile gölgelik ağaçların kenarından geçerek Lagunillas'ın derin koyağından 5000 metre aşağıya, onun geniş Magdalena Vadisi'ne kavuştuğu yere kadar indi. Ve Armero orada bulunuyordu –kolay bir av oldu.

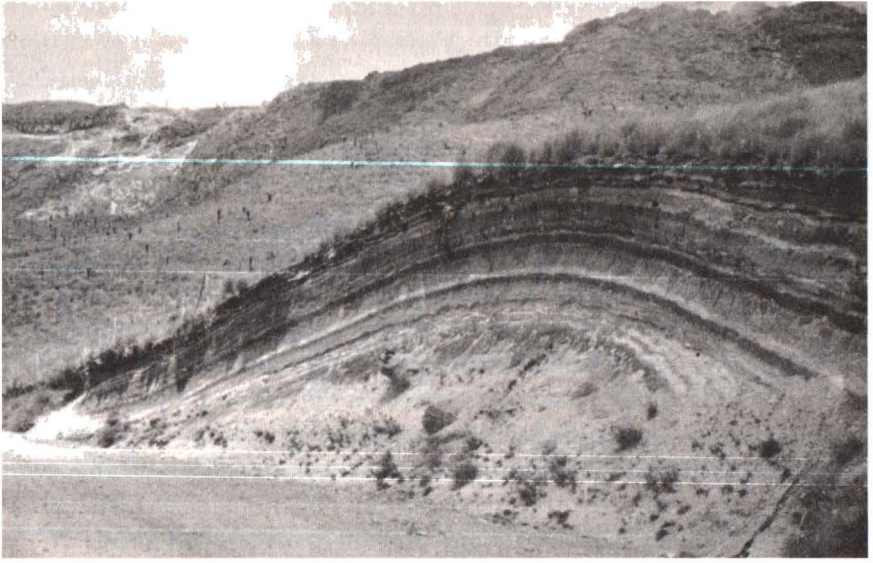
Gelgelelim bu iki görgü tanığının ifadeleri 1985'in afetimsi püskürmesiyle ilgili değil! İlki Fray Pedro Simón'un 1637 tarihli *Noticias Históricas de las Conquistas de Tierra Firme en las Indias Occidentales*'inden derlendi ve 12 Mart 1595 püskürmesini tasvir ediyor. İkinci tasvir ise Kolom-

biyalı bilgin Joaquín Acosta'nın 1845 ve 1846 tarihli *Comptes Rendues Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences* ve subay José M. Restrepo'nun 1835-48 arası kaleme aldığı *Diario Político y Militar* adlı eserlerinden derlendi. Bunlarda da Nevado del Ruiz'in 19 Şubat 1845'teki püskürmesi tasvir edilir. Her iki indifa da 1985'tekiyle bire bir aynı şekilde gelişti, yalnız onlar 390 ve 140 yıl önce meydana gelmiş ve daha az kurban verilmmişti, çünkü bölgede nüfus yoğunluğu çok daha düşüktü. Yine de tıpatıp aynı şeyler vuku bulmuştu. Aşağıda Magdalena Vadisi'nde bir zamanlar Armero olan çamurdan çölün yanında 1845 Herculanum'unun sarı yeşil, yelpaze şekilli otlukları uzanıyor. Bunun altında da 1595 püskürmesinin kalıntısı. Ve dikkatle bakıldığında, tekrar tekrar Magdalena'ya giden yollar arayan Lagunillas'ın derinlemesine kerttiği eski çamur alanları hâlâ görülür. Bu çamur akıntılarından bazıları iki milyon yıldan daha eskidir. Bu da çok sayıda Herculanum anlamına gelir. Bu yanardağda çamur çık-ları olağan bir olaydır. 150 ila 250 yılda bir, bir gümbürtü kopar. Bu zaman dilimi, İroki reislerinin geleceklerini önceden düşünmeleri gereken yedi kuşağa denk düşer.

1985 Ekimi'ndeki bu VI. Latin Amerika Jeoloji Kongresi'nde Jean-Claude Thouret, kızıl sakallı bir Fransız volkanolog, Nevado del Ruiz'in daha önceki indifa tarihini anlatıyor. Kendisi, patlamasından hemen önce yanardağı kapsamlı bir şekilde incelemek gibi inanılmaz bir talihe –jeologlar böyle bir şeyi talih diye adlandırıyorlar– sahip olmuştu.

Yanardağın üstündeki zemin, volkanik bölgelerin çoğunda olduğu üzere siyah ve gözenekli, ama zeminin bayırdaki bir enine kesitine bakıldığında durum ansızın bambaşka görünüyor: Beyaz volkanik kül tabakaları ile siyah humus tabakaları, metrelerce kalınlıkta bir mozaik pastası gibi sırayla yer değiştiriyor (Şekil 32). Bu katmanlar ilginç bir öyküyü dillendiriyor.

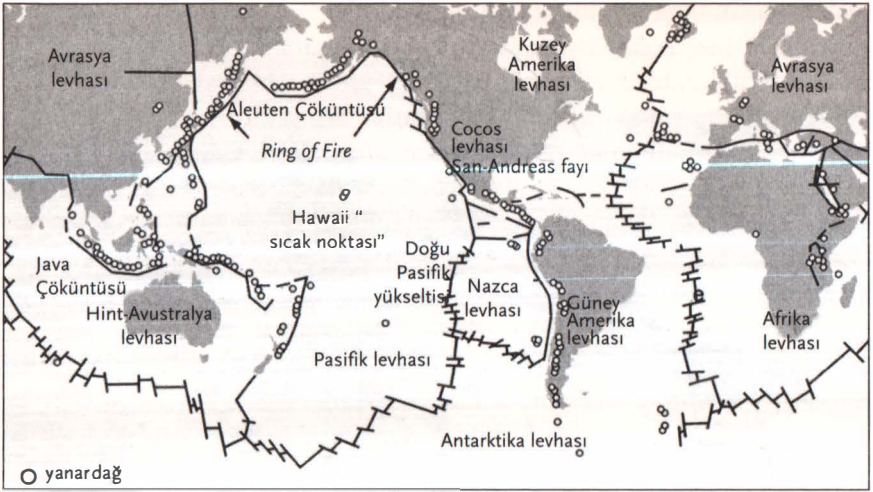
Bir püskürmeden hemen sonra taze kül tabakası gri-beyaz renktedir, ama üstünde azar azar bitkiler bitince, zamanla giderek kalınlaşan siyah bir humus tabakası meydana gelir. Bir sonraki indifada bu humus tabakası yeni külle örtülür ve bunun üstünde tekrar bir humus tabakası oluşur. Değişik katmanlardaki humus C-14 yöntemiyle tarihlendirilebilir ve bu şekilde birbirinin izleyen indifalar arasında ne kadar zaman geçtiği kabaca



Şekil 32.. Mozaik pastası: Nevado del Ruiz’de beyaz kül tabakaları ile bol humuslu siyah toprak birbirini takip ediyor ve indifa sıklığının okunabildiği barkodu oluşturuyor.

yeniden tasarlanabilir. Sözelimi Jean-Claude Thouret ile Caldas Üniversitesi’nden Kolombiyalı meslektaşları Rubén Rojas son 2200 yılda yedi kül tabakası buldular, yani ortalama her 400 yılda bir indifa olmuştu. Bu 1595, 1845 ve 1985 indifalarının gösterdiğinden biraz daha az siktir. Gelgelelim her indifa arkasında eşit miktarda kül bırakmaz ve püskürmeler kısa aralıklarla birbirini izlerse humus meydana getirecek zaman olmaz. Demek ki bu olgular bir çelişkiyi temsil etmez. Bunların bize söylediği şudur: Nevado del Ruiz her birkaç yüzyılda bir başkaldırır ve bir çamur çığı her defasında tıpatıp aynı yere, yani Armero’ya iner –burası sağduyulu bir şekilde Refugio Sapienza diye adlandırılmamıştır. Bütün bunlar 1985’teki indifa vuku bulmadan önce biliniyordu.

Bundan bağımsız olarak Helio Fabio González adında biri benzer mütalaalara dayanarak 1595’teki indifadan, 1735’te daha küçük birinden ve 1845’tekinden sonra 1985 Kasım ayının ortasında yeni bir püskürmenin



Şekil 33. Yanardağların dünya üzerindeki dağılımı: Büyük Okyanus çevresindeki en büyük yoğunlaşmalar (ateş çemberi), başka ayrılma kuşakları (Orta Okyanus Sırtı, İzlanda, Afrika) ve hot spots [sıcak noktalar] (Hawaii).

beklenmesi gerektiğini hesapladı. Edindiği bilgileri indifadan birkaç gün önce *El Tiempo* gazetesine gönderdi, ancak kimse onu ciddiye almadı.

Nevado del Ruiz, stratovolkan [tabakalı yanardağ] denilen ve Büyük Okyanus etrafında bir çember, *Ring of Fire* gibi kümelenen yüzlerce yanardağdan biridir. Bu çember Yeni Zelanda'dan başlayıp Yeni Gine, Endonezya, Filipinler, Japonya, Kamçatka, Alaska, Kayalık Dağlar, Orta Amerika ve And Dağları üzerinden Batı Antarktika'ya kadar uzanır (Şekil 33). Hepsı bu şekilde meydana gelir: Bir taşküre levhası bir diğerrinin altına girer, alta giren levha yer mantosunun derinliklerinde erir, kızgın magma yukarıya çıkar ve yüzeyden püskürür. Depremlerin çoğu da bu dalma-batma kuşakları boyunca vuku bulur.

Bu yanardağların hepsi birbirine benzer ve güzel bir konik şekil sunar. Belki Endonezya'daki sömürgeci geçmişimizden etkilenerek ilkokulda yanardağları böyle resmederdik. Yerden ortalama 2000-3000 m yükseklikte, 10-20 km çapında olup çoğunlukla her birkaç yüzyılda bir kül ve lav püs-

kürten bir merkezi kratere sahiptirler. Bir indifa genellikle şiddetli bir kül püskürmesiyle başlar ve yanardağ bir kez boğazını temizledikten sonra bunu lav akıntıları takip eder. Yanardağın yeniden sakinleşmesi sık sık düzinelerce yıl sürer. Stratovolkan terimi birbirini sırayla izleyen kül ve lav tabakalarıyla (*strata*) ilgilidir. Stratovolkanlar farklı şekillerde faaldir, kimisi her yirmi-otuz yılda bir, kimisi birkaç bin yılda bir indifa eder, ancak ortalama birkaç yüzyılda bir püskürme vuku bulur. Bu yanardağların birçoğu dikkatle gözlemlenir. Tabakaları tahlil edilir, göllerde çökelen kül katmanları sayılır ve tarihlendirilir. Söz konusu yanardağların son on bin yıllık indifa tarihleri ayrıntılı olarak belgeleniyor ve takip ediliyor.

Bütün bunlar biliniyorduyorsa, o zaman niçin bu denli çok kurban verilmmişti? Joaquín Acosta ve José Restrepo, çocuklarıyla torunlarını evlerini tam da topun ağzında inşa etmemeleri için neden uyarmadılar? İnsanlar niye dikkatli değillerdi, niye korku duymuyorlardı? 1985'te, 1845'tekinden 20 kat daha fazla insan öldü. Bunu bilmek mümkün olamaz mıydı?

Bunu kavramak için bu tarihi biraz daha köklü bir şekilde ele almalıyız. O zaman kolektif belleğin nasıl işlediğini ve ona kimin kulak verip kimin vermediğini göreceğiz. Kolombiyalı gazeteci Javier Darío Restrepo, Armero'nun başarısız kalan tahliye işlemini *Avalancha sobre Armero* başlıklı kitabında (Bogotá, 1986) ayrıntılı tasvir etti. Bu olay, bilim ile politika arasındaki karşılıklı anlaşmazlığın nelere yol açabileceğinin tüyler ürpertici bir örneğidir. Sonuçları bu denli trajik olmasaydı gülünç sayılırdı.

Armero'nun sakinleri bir indifa olabileceğini pekâlâ biliyordu. Bunu atalarından öğrenmekten çok Ruiz zaten bir yıldan beri uyarı işaretleri gönderdiği için biliyorlardı. Dağcılar küçük duman bulutlarının çıktığını görüyorlar, yavaş yavaş başlayan bir püskürmeye işaret eden karakteristik küçük depremler oluyor ve ilk kül bulutçukları doğrudan kraterin çevresine yüklerini serpiştiriyordu.

Ne var ki kimse derin kaygılara kapılmıyor, hatta yanardağın üstünde güzellik yarışması düzenleniyor ve yerel güzeller külün kirlettiği kar yığınları fonu önünde fotoğraf çektiyordu. Ingeominas'ın (Jeolojik Hizmetler Enstitüsü) müdür yardımcısı Rafael Durán Rodríguez, "Faal bir yanardağ için bu normal, yerel halk tehdit altında değil," görüşünü savunuyordu.

Bununla birlikte yetkililerin hepsi tam anlamıyla sakinleşmiş değildi. Yanardağın bulunduğu ilin valisi Caldas 1985 Mayıs'ında İsviçre Büyükelçiliğine bizzat yazarak yardım diliyor, on gün sonra da üç uzmanın ona başvurusuyla şaşkınlığa düşüyordu. Bunlar UN Disaster Relief Coordination'dan [BM Afet Yardımı Koordinasyonu] Amerikalı sismolog John Tomblin, İsviçreli sismolog Dieter Mayer ve Fransız jeolog Jean Jacques Wagner'di. Söz konusu uzmanlar bir indifa riskinin yüksek olduğu sonucuna varıyordu ve ilk alametler bunun büyük bir patlama olacağına işaret ediyordu. Uzmanlar bir araştırma talep ediyor ve yanardağa portatif sismograflar yerleştirilmesini, tarihteki indifalara dayanarak bir risk haritası ile tahliye planı hazırlanmasını salık veriyordu. Haberler UNESCO'nun Yerbilimleri Bölümü'nden uluslararası volkanologlar dünyasına hızla yayılıyor ve Japonya, İzlanda, Kosta Rika ve Amerika Birleşik Devletleri'nden volkanologlar aygıtları yerleştirmeye hemen hazır olduklarını açıklıyorlardı. Ancak bundan önce Kolombiya hükümetinin UNESCO'ya resmi bir davette bulunması gerekiyordu.

Ne var ki söz konusu davet gelmiyordu. Kolombiya'nın UNESCO nezdindeki büyükelçisi Aurelio Caicedo Ayerbe'nin bu konuda kendi dışişleri bakanına yazdığı mektup bürokratik çarkta kaybolmuş ve bir daha hiç ortaya çıkmamış. Universidad Nacional'dan Profesör Luis A. Briceño çok daha önce sismograflar ısmarlamış ve hatta bunun için Dünya Bankası'ndan 50.000 dolar almış, ama Kolombiya bürokrasisi parayı vermemiş. Yanardağı bir süre sonra ziyaret eden ve hâlâ depremölçerler bulunmadığını gören İtalyan coğrafyacı Bruno Martinelli öfkeden adeta patlayarak derhal ülkesine geri dönmek istemiş: "Artık araştırmalar için çok geç kalındı."

Yerli ahali bütün bu olup bitenlerden hemen hemen hiç haberdar olmaz, çünkü yetkililer bir indifadan ziyade panik çıkmasından ürkmektedir. Bir gazeteci, 1980'de ABD'deki St. Helens Dağı'nın patlamasının görüntülerinin televizyonda gösterilmesi suretiyle halkın uyarılmasını önerir. Defensa Civil'in [Sivil Savunma] müdürü General Guillermo de la Cruz Amaya'nın ödü kopar: "Böyle bir şeyin ülkede yaratacağı panik tasavvur dahi edilemez! Kesinlikle mümkün değil!" der. Ne denli üzücü, zira St. Helen'de 30.000 insan vaktinde tahliye edilmiş, sadece 70 kişi ölmüştü. Kade-

rin cilvesine bakın ki daha sonra, 1991'de Filipinler'de Pinatubo'nun püskürmesi sırasında insanları tahliye sevk etmek için Nevado del Ruiz'in indifa resimleri gösterilmiş ve bu son derece yardımcı olmuştur.

Yine de Ingeominas (Jeolojik Hizmetler Enstitüsü) 20 Temmuzda kendi çabasıyla yanardağın üstüne dört sismograf yerleştirir ve daha ilk ölçümler sismik etkinliğin tehlikeli derecede yüksek olduğunu gösterir. 11 Eylüldeki bir öncü indifa sırasında yüksekliği iki kilometreyi aşan uyarıcı bir duman bulutu meydana gelir. Dağ yamaçlarında 1500 inek keskin köşeli volkanik cam parçacıklarını yuttukları için hastalanır, vadiye ulaşmayan küçük çamur akıntıları da oluşur. Ülkenin en önemli gazeteleri, *El Espectador* ve *El Tiempo*, 15 Eylülde çamur çığlarının tehlikelerine dair yazılar yayımlar. Ayrıca, üstelik indifadan sonra kamuoyuna açıklanan ölçümler yanardağın genişlediğini ortaya koyar.

Parlamento üyesi ve Caldas ilinin temsilcisi Jaime Ramírez Rojas 24 Eylüldeki oturumda hükümeti "kıtanın bu kısmında insanlık tarihinin en muazzam çamur çığı" konusunda uyarır:

"Yarın, uyarılmadığınızı söylemeyin; yarın, şu anda yaklaşan şeyler hakkında, üç milyon Kolombiyalının üstünde dolaşan tehdit hakkında devletin bilgilendirilmediğini söylemeyin; Tanrı en kötü olanın vuku bulmasını istemiyor, ama Tanrı benzer ve farklı daha büyük yahut daha küçük çaplı trajedilerin bizi hazırlıksız yakalamaması için bunun bize ders olmasını istiyor."

Madencilik bakanı, Jaime Ramírez Rojas'ın çıkışını fazlasıyla dramatik ve felaket haberi gibi bulur: "Hükümet imkânlar çerçevesinde zaten her şeyi yoluna koydu. Yanardağdan inen ırmakların ansızın taşması ihtimaline karşı tahliye önlemleri alındı. Bu 40 km çapında bir alanı kapsıyor," diye açıklama yapar.

Bu arada bilim insanları, her ne kadar olup bitenden sadece üç beşi haberdar olsa da, boş oturmamıştı. Ingeominas 7 Ekimde risk haritasını tamamlamıştı. Harita, enstitünün Avenida 30'daki görkemli müze salonunda madencilik bakanı ile ilgili illerin valilerine sunuldu. Bu andan itibaren,

indifadan bir ay önce, bir lav akıntısı ihtimalinin yüzde 8, kızgın kül akıntılarınınkinin yüzde 21 ve tahripkâr çamur çığları ihtimalinin ırmakların normal su seviyesinin 12 ila 50 metre, yani yüzde 100 üstünde olduğunu herkes biliyordu. Yüzde 100! Ve bu haritada Armero bu çamur çığlarından birinin yolunun ortasında bulunuyordu! Ve kehanet aynen bu şekilde gerçekleşti. Burada bu denli korkunç ters giden neydi?

Armero'da hiçbir şey bilinmediği sanılmasın. Eylül sonundan itibaren herkes bir şey olabileceği konusunda bilgi sahibidir. Sakin ortama güvenmeyen evini satın göç etmekte, bankadan parasını çekmekte, köylü tohum ekip ekmemesi gerektiğini düşünmekte ve iktisadi etkinlik giderek durma noktasına gelmektedir. Belediye başkanı bir afet planı hazırlar ve bir acil durum komitesi atar; tiyatrodan, okullardan, kilisede toplantılar yapılır ve her yerde aynı sözler işitilir: Eğer bir şey olursa itfaiye siren öttürecektir, o zaman herkes Cerro de la Cruz'a, kentin en yüksek noktasına koşmalıdır. Her yerde Ingeominas'ın haritası dağıtılır ve çamur çığlarının kentin etrafından dolanması için Armero'da bir duvar inşa edilir.

13 Kasım öğleden sonra kente ağır bir kül yağmuru iner. Kaygılanan Armero halkı çare için Acil Durum Komitesi'nin önemli üyelerine, papaz Augusto Osorio ile yerel Charles Darwin Merkezi'nden antropolog Efrén Torres'e başvurur. Torres danışmak için Bogotá'ya telefon açar ve insanları sakinleştirmesi cevabını alır. Torres yerel radyo kanalı vasıtasıyla insanların kaygılanmalarına gerek olmadığını, doğrudan bir tehlike bulunmadığını açıklar. Aslında kimse de evinden ayrılmak istememektedir, çünkü yağmurlar zaten pusuya yatmıştır ve kahve hasadı tüm hızıyla sürmektedir.

Saat 21.08'de, kente yeniden sükûnet hâkim olduğunda, yanardağ patlar. Saat 21.45'te dağıdaki bir gözcü bir çamur çığının aşağı yuvarlandığını bildirerek Armero'nun tahliye edilmesi gerektiği konusunda uyarır. Gelgelelim radyodan verilen alarmı ancak az sayıda kişi duyar. Papaz Osorio kentte değildir, başpiskoposla birlikte Ibagué'de bir oturuma katılmaktadır, ama tutkulu bir telsiz amatörü olan belediye başkanı çağrını duyar. O akşam telsizinin başındadır ve tüm dünyaya bir SOS gönderir, ta ki 23.20'de şu sözleri söyleyene kadar: "Su üstümüze geliyor." Bu onun son haberi olur. Kükürt, buz, kökünden sökülmiş ağaçlar, büyük kaya parçala-

rı, otomobiller, gaz boruları ve insan bedenleriyle karışmış 450 milyon metreküp çamur kenti birkaç saniyede istila eder. 25.000 insan ölü.

Afet planına göre kenti tahliye etmeye iki saat yetecekti. Çamur çığı 30 km hızla 60 km yol aldı. Demek ki bu *mümkün olabilirdi*. Ne var ki olmadı. Bunun üzerine köşe yazarı Alberto Aguirre *El Mundo* gazetesinde şöyle yazdı:

“Kolombiyalıların hayatı, onuru ve mallarından sorumlu olan hükümet trajediden kaçınmak için hiçbir somut girişimde bulunmadı. Sadece laf kalabalığı ve komiteler gördük. Madencilik bakanı olaydan az önce mecliste, “Hükümet imkânlar çerçevesinde her şeyi yoluna koydu,” diye açıkladı. İndifa 13 Kasım'da öğleden sonra saat üç dolayında başladı; her şey hazır olsaydı hükümet Armero'yu tahliye için yeterli zamana sahip olurdu: Çamur çığı akşam 11 civarında geldiğine göre sekiz saat zaman vardı. Eğer hükümet tedbirli davran saydı, kendisi de dahil hepimiz daha az gözyaşı dökerdik.”

Uyuşuk politikalar ve boğucu bürokrasi sadece afetten önce değil, ondan sonra da yerel ve uluslararası uzmanların devreye sokulmasında başlıca frenleyici etken oldu. Eğitilmiş arama köpekleri ve özel araçları olan 14 Fransız kurtarma uzmanı afet bölgesine sokulmadı ve gerisingeri uçtu. Acil durum hastanelerindeki Kolombiyalı doktorlar, depoda hazır duran ilaçların teslimi için gerekli damgaları alıncaya kadar dört gün beklemek zorunda kaldı. Yakındaki Ibagué hastanesinde 140 yatak boş dururken yaralıları uçakla tüm ülkeye dağıtıldı. Özel servetinden yarım milyon doları bir tuğla fabrikası ile fırın için yatırmak ve sağ kalan 67 kişiye böylece iş yaratmak isteyen İsrailli bir işadamı lüzumlu izinleri alamadı ve ülkesine eli boş döndü. Anlaşılan memurlara belirli bir aciliyet duygusunu aktarmak zor bir işti.

İnsanlar tehlikeyi niçin küçümsemişti? Ruiz'de 1985'teki büyük in-difadan sonra bir düzine daha küçük püskürmeler oldu ve insanlar bu sırada birçok kez pekâlâ etkili şekilde tahliye edildi. *Birkaç yıl önce* olanın tekrarından korkan insanlar, *150 yıl*, yani altı kuşak önce vuku bulmuş olanın tekrarından korkmuyorlardı. İnsanların, her durumda politikacılarla bürok-

ratların kolektif belleği için bu fazla uzundu. Bu sonuncuların düşünceleri gelecek seçimden öteye gitmiyordu. Bilim insanları olacakları biliyor, ama kimse onlara kulak asmak istemiyordu.

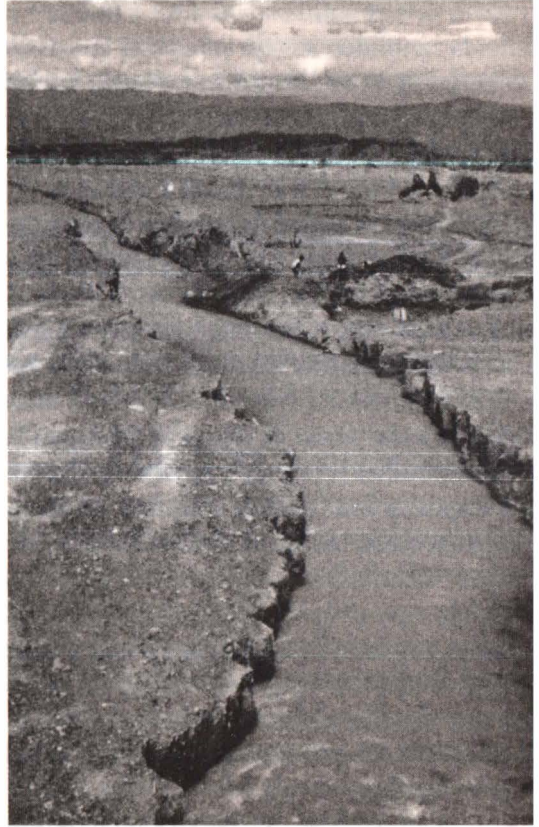
Ancak 1987'de, indifadan bir buçuk yıl sonra Nevado del Ruiz'e döndüm. 1980'de uzaktan parıldadığını gördüğüm buz takkesi, üstüne yağan külden kapkara kesilmişti. El Refugio yerle bir olmuştu. Eriyen kar suları gevşek kül tabakalarında derin oluklar açmış ve *páramo*'nun doğrudan eski lav akıntılarının üstünde bittiği yerlerdeki bitki örtüsü sanki dağın canlı canlı derisi yüzülmüş gibi sıyrılıp koparılmıştı. *Frailejón*'lar⁹ eriyen suların altında ezilmişti ve yapraklar her yerde küle örtülüydü, ot demetleri arasında küçük süngertaşı parçaları yatıyor –bu da mozaik pastasının yeni çikolata tabakasının başlangıcını meydana getiriyordu.

5000 metre aşağıdaki Magdalena Vadisi'nde, Armero'nun bulunması gereken yerde artık boz renkte muazzam bir çıplak düzlük uzanıyor: O görkemli, yumuşak hatlı yeşil peyzaj sanki bir beton tabakasıyla örtülmüş. Lagunillas Irmağı çoktan yine küçük bir oluk yaratmış. Birkaç adam kıyıda, bu arada taş gibi sertleşmiş çamur tabakasını kızgın kızgın kazıyor. Bana, “Banka binası buradaydı,” diyor biri (Şekil 34). Yeni Herculanum kazıları başlamış bulunuyor.

Fransa'da da kolektif belleğin eksigi çok. Auvergne'deki Puy de Dôme,⁶ Plateau des Dômes'un granit kütesine 500 m yukarıdan bakan 1465 m yüksekliğinde büyük, beyaz bir kambur oluşturur. Oradan tepeden doğu yönünde bakıldığında Clermont-Ferrand kenti, kasvetli bazalt katedrali, 40 km genişliğindeki Limagne Çukuru ve doruğun 1000 m altındaki Allier Irmağı vadisiyle birlikte harika bir görüntü sunar. Kuzey ve güneye bakıldığında Puy de Dôme'un önemli bir fay kuşağı boyunca uzanan belki 100 küçük yanardağ konisinin meydana getirdiği uzun bir silsilenin ortasında bulunduğu görülür. Onlardan biri benim dağım, adı da Puy Salomon. Her yıl öğrencilerimle beraber Puy de Dôme'un zirvesinde durduğumda adaşıma kısaca göz kırpıyorum. Bereket versin ki o karşılık vermeye kalkışmıyor.

Puy de Dôme Fransa'nın en büyük turistik atraksiyonlarından biri. Hatta 1900'lerde doruğa çıkan küçük bir tren de vardı. Tren bugün artık mevcut değil, ama bir burğu gibi dağın etrafını iki kez dolanıp üzerinde yüz-

Şekil 34-
Erkekler Armero'nun
çamur ovasında bankayı
bulmak için
kazı yapıyor.



lerce otomobille otobüsün durduğu son derece çirkin bir park yerinde son bulan dar bir asfalt yol var. Bu yol uzun süre Tour de France'ın [Fransa (Bisiklet) Turu] gözde bir bölümüydü: Beş kilometre uzunluğunda 12 derecelik bir rampadır bu (eğer tura katılmıyorsanız burada bisiklet süremezsiniz).

Yukarıdaki hediyelik eşya mağazasında değişik yanardağ tiplerinin resimlerinin olduğu kartpostallar, üstündeki pirinç levhacıkta bir yanardağ resmi bulunan gezi bastonları, bambaşka yanardağlardan getirilmiş kükürt topakçıkları, resimli kitaplar, slayt dizileri, yanardağ birası, yanardağ suyu

vesaire vesaire satın alabilirsiniz. Hatta son zamanlarda dağın içine, insanı anında zeminden zirveye çıkartacak bir asansör inşa edilmek isteniyor. Proje Vulcania diye adlandırılıyor. Fransa yanardağlarını paraya çeviriyor.

Gelgelelim: Auvergne halkı 1750 dolayına kadar volkanik bir bölgede yaşadığını bilmiyordu. Etna ve Vezüv gibi yanardağlar biliniyordu, Endonezya'ya gidip gelen Hollandalı gemiciler oradaki yanardağlardan söz ediyordu, ama Fransa'da da birtakım yanardağlar olduğu bilinmiyordu. Bu sebeple hekim, botanikçi ve mineralog Jean-Étienne Guettard 10 Mayıs 1752'de Académie des Sciences'da [Bilimler Akademisi] Auvergne'de yanardağlar keşfettiğini duyurduğunda büyük şaşkınlık yaratmıştı.

Bu parlak bir başarıydı. Guettard hayatında hiç faal yanardağ görmemişti, ama Orléans dükünün doğa tarihi müzesinin konservatörüydü ve koleksiyonunda Vezüv ile Réunion Adası'nın kayaçları bulunuyordu. 1751 yazında Moulins kentinde Vezüv'ün lavına benzeyen bir kayaçtan yapılmış bir çeşme gördü. Bunun kökenini araştırdığı sırada Volvic taş ocaklarına ulaştı ve orada bir lav akıntısı olduğunu fark etti. Volvic, Masif Santral'in büyük volkanik platosunu geniş Limagne Çukuru'ndan ayıran toprak kaymasının tam sınırı üstünde yer alır ve bugün bile bazaltı ve madensuyuyla tanınır. Taş ocakları hâlâ işletilmektedir. Guettard ondan sonra eczacı Jean-François Ozy'nin eşliğinde Puy de Dôme'a tırmandı. Guettard, günümüzde yüz binlerce turistin ziyaret ettiği bütün bu harika küçük kubbeler ile kraterleri "volkanik bir bakış"la gözlemleyen ilk kişiydi. Auvergne artık volkanik olmuştu.

Sonradan birçok kimse Guettard'ın keşfini o denli aşikâr buldu ki bunun şerefi ona bahşedilmedi. İlk olarak aynı eczacı, Jean-François Ozy, 27 yıl sonra (!) yanardağı Guettard'tan bir yıl önce iki İngiliz bilim insanına gösterdiğini iddia ediyordu, oysa Guettard'ın notlarından, birlikte Puy de Dôme'un üstünde durduklarında Ozy'nin "o güne kadar bu *matière*'in [madde] volkanik olduğunu asla anlamadığını söylemiş olduğu ortaya çıkıyor. Hırslı Barthélémy Faujas de Saint Fond da keşfin şanını kendine mal etti, oysa ilk kez Guettard tarafından 1775'te Vivarais'deki yanardağlara dikati çekilmişti ve bunlardan 1778'de söz edecekti. Daha da sonra, 1794'te, büyük jeolog Nicolas Desmarest, Guettard'ın bu keşfinin kayda değer olma-

diğını, hatta bizzat kendisinin –ancak on yıl sonra– yaptığı gibi yanardağları esaslı bir şekilde araştırmadığını belirterek onu alaya alıyordu.

Söz konusu yanardağlardan habersiz olduğunu kavramak bugün artık pek mümkün değil. Ne var ki Guettard insanların gözünü açmadan önce hiç kimsenin dikkatini çekmemişlerdi. Bunun sebebi neydi? Etna'nın bir yanardağ olduğu daha üç bin yıl önce tasvir edilmişti. Nevado del Ruiz'in bir yanardağ olduğunu Fray Pedro Simón ve orada yaşayan tüm insanlar daha 1595'te biliyorlardı, sadece onun *tehlikeli* bir yanardağ olduğunu unutmuşlardı.

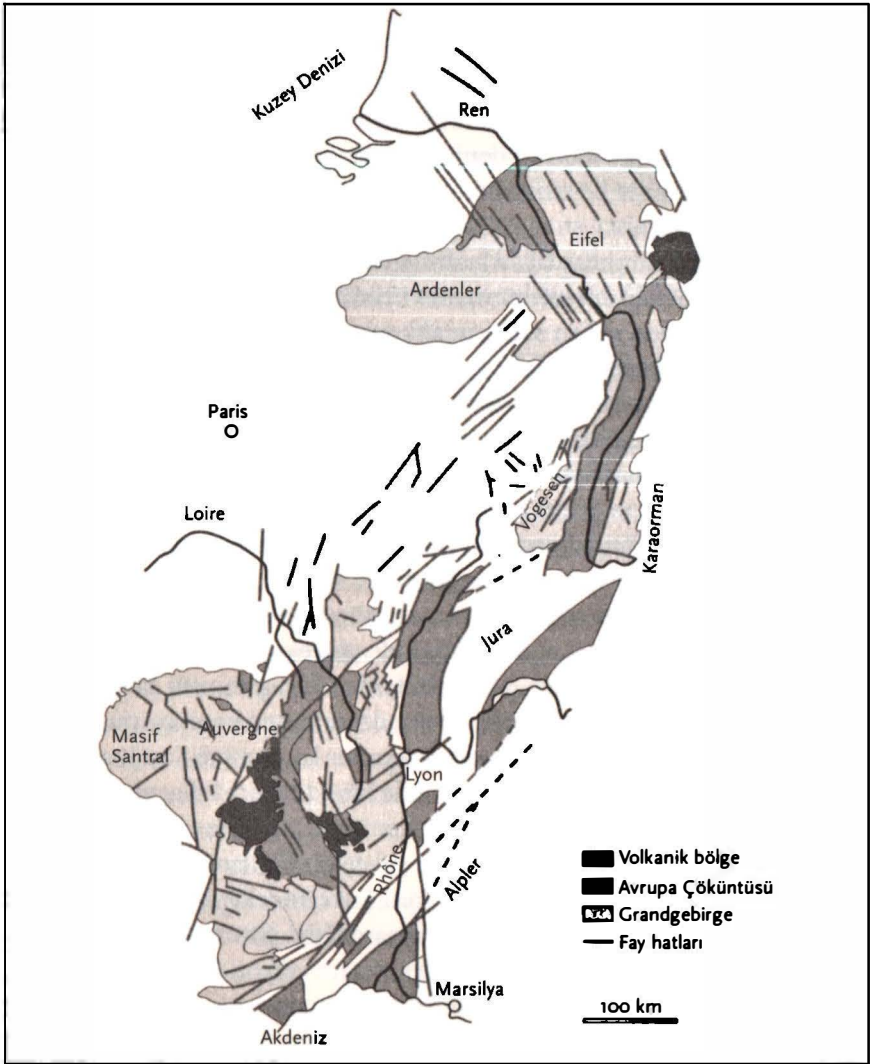
Ancak Fransızlar volkanik bir bölgede yaşadıklarını bile bilmiyorlardı ve insan bunu tasavvur etmekte zorlanıyor. Bu bilgi herhalde kolektif belleklerinden silinmişti. Belki mazeret olarak, Auvergne'de son püskürmenin Nevado del Ruiz'den epey önce, yani 5600 yıldan daha uzun bir süre önce vuku bulduğu belirtilmelidir. Ama herhalde büyük bir patlama olmuş olmalıdır, bunun sonucu krater gölü Lac Pavin meydana gelmiştir, gölün derinliği bugün dahi 95 metredir ve 50 km kuzey ile güneyde kül zerreleri bulunmuştur. Acaba bölge o zamanlar meskûn değil miydi? Fransızlar henüz mevcut değil miydi? Kesinlikle mevcutlardı, çünkü orta taş çağından kalma arkeolojik buluntu yerlerinde Lac Pavin'in kül tabakalarına doğrudan taş baltaların üstünde rastlanıyor. Öyleyse insanlar taş devrinde bu yanardağları pekâlâ faal halde görmüştü. Ve ondan önceki binyıllarda tam bir volkanik şiddet cümbüşü yaşanmıştı. Günümüzde görülen küçük lav kubelerinin neredeyse tamamı oralarda artık insanlar yaşarken oluştu. Hatta şu büyük Puy de Dôme bile on bin yıldan daha yaşlı değil. Peki insanlar onu niçin unuttu?

Oysa hatırlamak için iyi sebepler var, çünkü volkanik risk henüz ortadan kalkmadı. İndifa edeli on bin yıl olmayan yanardağların bulunduğu bir volkanik bölge faal sayılıyor. Ve bu bölgede ta 22 milyon yıldır volkanik etkinlik var –öyleyse bu etkinlik 5600 yıl önce durup dururken sona mı erdi? Bu son derece ihtimal dışıdır. Dolayısıyla gelecekte püskürmeler olacağı hesaba katılmaktadır. Sözelimi volkanik risk yüzünden Limons yakınında bir nükleer enerji santrali yapılmasından vazgeçildi. Henüz kısa bir süre önce Lac Pavin'in, 21 Ağustos 1986'da Kamerun'da 1700 kişinin öl-

düğü Nyossee afetindekine benzer bir ölümcül CO₂ emisyonu riski taşıyıp taşımadığı araştırıldı. Ancak insanlar Guettard'ın keşfine kadar bir tehlikenin bilincinde değildi. Bu durumda Puy de Dôme'un kraterine bir asansör inşa etmenin güvenli olup olmadığı sorusunu sormak da gerekmez miydi?

Söz açılmışken, biz Hollandalılar da Fransızlardan bir gıdım iyi değiliz. Wageningen'li Mineralog Rob Crommelin 1963'te, Betuwe bölgesinde Malburgen tuğla fabrikasının yakınındaki bir sondaj sırasında, ırmak çökeltisi içinde küçük süngertaşları buldu. Bunları mikroskop altında inceledi ve tipik olan minerallere dayanarak süngertaşının Laacher See'nin⁷ 12.900 yıl önceki büyük indifaından kalma olduğunu kanıtlayabildi. Bu, yakın geçmişte Kuzeybatı Avrupa'da görülen en büyük püskürmeydi. İndifa, Eifel'de⁸ 2 km çapında büyük bir krater açmakla kalmadı, aynı zamanda 40 km yüksekliğe ulaşan bir püskürme sütunu meydana getirdi. Stratosferik rüzgârlar kül bulutlarını İsveç ve Kuzey İtalya'ya kadar sürükledi. Hollanda'da gökyüzü volkanik kül bulutlarından karardı. Ren'e iri süngertaşı parçaları düştü, ırmaktan aşağı sürüklendi ve Crommelin'in onları bulunduğu Betuwe'de toplandı. Ve Limburg Eyaleti'nde lösün⁹ içinde Eltvill tüfü denilen ve Eifel'de 28.000 yıl önce vuku bulan daha eski bir püskürmeye ait siyah volkanik kül tabakaları bulunuyor. Atalarımız bütün bunları yaşadı, ama bize hiçbir şey aktarmadı. Bunları jeologlardan duymak zorunda kaldık. Eifel'de son sekiz bin yıl sakin geçti, yoksa [atalarımız] belki daha dikkatli davranırdı. Çünkü burada da geçerli olgu şudur: Volkanizm 40 milyon yıldır var, demek ki şimdi son bulmuş olması muhtemel değildir. Volkanizme yol açan güçler hâlâ mevcuttur.

Masif Santral ve Eifel'deki yanardağları Nevado del Ruiz yanardağından farklı bir türe dahil etmek gerekir. Bunlar Avrupa Çöküntüsü'nün, Fransız Riviyerası'nda Cap d'Agde'dan başlayıp Rhône Çöküntüsü, Bresse, Yukarı Ren Ovası ve Eifel üstünden Bonn'da Drachenfels'e kadar Avrupa'yı boydan boya geçen bir derin çöküntü sisteminin parçasıdır (Şekil 35). *Ring of Fire*'ın aksine bunlar giderek daha da açılan gerilme kırıklarıdır, böylece magma yer mantosundan yukarı çıkabilir. Önceki bölümde değindiğimiz, 1992'de depreme sebep olan Peelrand Çöküntüsü de bu türe aittir.



Şekil 35. Volkanik bölgeleri içeren Avrupa Çöküntüsü.

Bu gerilme kırıkları Avrupa ile Afrika'nın çarpışmasının sonucudur. İtalyan çizmesinin büyük bir bölümünü kapsayan Apulia Levhası aslında Afrika'nın öne itilmiş bir parçasıdır ve yaşlı Avrupa'nın yumuşak karnına delici bir parmak gibi bastırır. İnsan bunu Avrupa haritasında iyi görebilir: İtalya bir buzkranın pruvasının donmuş denizi yarması gibi Avrupa'yı ikiye ayırır.

Bu çöküntüler boyunca yer alan yanardağlar *Ring of Fire*'inkiler gibi büyük, göz kamaştırıcı stratovolkanlar değildir. Hayır, bunlar birkaç yüz metre yüksekliğinde yanardağcıklardır ve her küçük kubbe, her krater gölü, her tümsek bir defalık bir püskürmenin ürünüdür. Böyle bir indifa birkaç yıl devam edebilir, ama ondan sonra ortalık sakinleşir. Yeraltındaki basınç fazla artarsa magma kendine tekrar yeni bir yol bulur ve başka herhangi bir yerde yeni bir küçük yanardağ oluşur, ama bunun nerede olacağı önceden bilinmez. Burada [yeni oluşumun] sadece zamanı değil, yeri de kestirilemez.

Böyle bir yanardağa dair en tanınmış örnek Meksika'dadır. Günün birinde, tam olarak 20 Şubat 1943'te, Paricutin köyü yakınında çiftçi Dionisio Pulido ile karısı Paula'nın mısır tarlasındaki anızları tutuşur. Durup dururken tarlada iki metreden geniş bir yarık açılır. Yarıktan makul bir duman sütunu yükselir ve birkaç saat içinde küçük bir yanardağ meydana gelir. 24 saat sonra artık 50 m yüksekliğinde gerçek bir kül konisi oluşur ve bir hafta içinde 100 metreye çıkar. Kraterden her gün yeni lav fışkıyeleri yükselir, bunlar havada iri topraklar halinde donar ve koninin yamaçlarına tezek gibi düşer. Koninin tabanından çıkan bir lav akıntısı San Juan Parangaricutiromicuaro Köyü'ne girer, sonunda köyde sadece kilisenin ucu görünür. Heyula dokuz yıl sonra yok olur. Koni 424 metreye çıkmıştır. Bu süreçte hiç kimse ölmemiş, püskürmenin yol açtığı yıldırımlardan yalnızca üç kişi hayatını kaybetmiştir. Bu, Sicilya'nın kuzeyindeki volkanik Stromboli Adası'ndan adını alan bir strombolik yanardağdır. Stromboli ta iki bin yıldır büyük afetler olmaksızın fıkırdamaya devam ediyor. Çok tehlikeli bir yanardağ değil ve ölüm olaylarına nadiren rastlanıyor.

Puy de Dôme'dan bakıldığında görülebilen bu güzel, küçük koniler de aynı şekilde meydana geldi. Clermont-Ferrand kenti Auvergne'nin Armero'sudur. Puy de Dôme yanardağ silsilesinden doğan Tiretaine Irmağı'nın dik vadisinin çıkışında yer alır. 28.000 yıl önce tam da oradan aşağı

şimdi Parícutin'den inenler gibi lav akıntıları indi. Ancak kentin çamur çıkışlarından korkması gerekmiyor; burada da Etna'nınki gibi sakin bir volkanizm tipi hüküm sürüyor. Pavin ve Laach göllerinin kanıtladığı gibi seyrek olarak biraz daha fazla hareketlilik görülüyor. Batı Avrupa hemen hemen altı bin yıldır sakin. Hiç kimse sonraki kuşaklara burada çok zor durumlarla karşılaşabileceğini aktarmadı. Eğer Guettard hiçbir şey söylemeseydi belki de bu asla aklımıza gelmezdi.

Bazı halklar, sözgelimi Oregon'ın (ABD) güneyinde Cráter Lake civarındaki Amerikan Kızılderilileri Fransız, Alman ya da Hollandalılardan daha iyi bir kolektif belleğe sahiptir. Crater Lake 12 km çapında, kaldera denilen büyük bir krater gölüdür ve son on bin yılın en büyük dört yanardağ patlamasından biri sırasında meydana geldi. Söz konusu indifa o denli muazzamdı ki, büyüklük bakımından Nevado del Ruiz'le kıyaslanabilir olan Mount Mazama'nın yanardağ bedeni bütünüyle çökerek altında bulunan boşalmış magma ocağını¹⁰ doldurdu. Kızgın bulutlar ve kül yağmurları şeklinde 50 km³'ten fazla madde püskürdü. Bu kül Büyük Okyanus'un derin deniz çökeltileri içinde önemli bir stratigrafik kademe oluşturur. Crater Lake'in kuzey ve doğu tarafında doğrudan Mazama kül tabakalarının altında obsidiyenden aletlerle mızraklar bulundu. Karbon 14 yöntemiyle tarihlendirme yoluyla, insan elinden çıkma bu araç gereçlerin yaklaşık yedi bin yaşında olduğu saptandı. Bunlar Fransa'da Pavin'in kül tabakaları altında yatanlardan daha eskiydi. Ayrıca bu püskürmeye tanık olan insanlar da vardı. Külün altında yedi bin yıllık mokasenler yatıyordu.

Genç bir asker 1865'te Crater Lake'in yakınında Klamath Kızılderililerinin eski kabile reisi Lalek'le karşılaşır, o da askere şu hikâyeyi anlatır: İnsanların hâlâ mağaralarda yaşadığı eski zamanlarda, yeraltı dünyasının reisi [Llao] Mazama Dağı'nın doruğundan harikulade güzel bir kadın olan Loha'yı görmüş. Kadından ona yeraltı dünyasına eşlik etmesini istemiş, ama Loha bunu reddetmiş. Teklifi kabul ederse ölümsüz olacağı vaadi de Loha'nın fikrini değiştirememiş. Loha'nın kendi halkı da onu Llao'nun teklifini kabul etmesi için ikna etmeye yanaşmamış. Llao küplere binmiş ve onları yıldırım ateşiyle yok etmeye çalışmış. Yerüstü dünyasının reisi Skell Loha'ya yardım etmek için gökyüzünden Shasta Dağı'na inmiş. Bunu takip

eden kavgada göğü ateş kaplamış ve iki reis birbirlerine kor halinde taşlar atmış. Derken ortalık zifiri karanlığa bürünmüş, Dünya titremiş ve Llo'nun dağından ateş çıkıp ormanı tutuşturmuş. Llo'nun kabilesi Klamath Gölü'nün sularına sığınmak zorunda kalmış. İki cesur büyücü, kendilerini Mazama'nın, Llo'nun dağının kızgın ağzına atarak tehlikeyi önlemeye çalışmış. Bunun üzerine Skell yeryüzünü öyle şiddetli sarsmış ki dağ Llo'nun üstüne yıkılmış. Sonunda siyah kül bulutları yere indiğinde ve ortalık yeniden aydınlandığında dağ kaybolmuş ve onun yerinde dev bir delik meydana gelmiş. Ateşin laneti kalkmış ve delik yağmur suyuyla dolmuş, Crater Lake de böyle oluşmuş.

Dile kolay, yedi bin yıl! Demek ki mümkün! Klamath Kızılderilileri bu hikâyeyi babadan oğla aktardılar, onların kolektif belleği anlaşılan Fransızlarla Hollandalılarınkinden daha iyi çalışıyor. Belki orada bizdeki, Avrupa'daki kadar çok kavimler göçü olmadı. Ve Crater Lake'deki patlama tabii Lac Pavin'dekinden birkaç kat daha şiddetliydi. Bununla birlikte bu hikâyenin indifa kadar eski olmadığını iddia eden şom ağızlılar da var: Zira hikâye Sümerlerin Gılgamış Destanı'nda İnanna'nın kine ve Yunan Persefoni Efsanesi'ne de çok benziyormuş. Alın size yine bir insani ölçü.

ÇEVİRMENİN NOTIARI

- 1 Erasmus sisteminde "Empedokles" olarak yazılır; biz başka çevirilerde de yaptığımız gibi Türkçe çevriyazı kurallarını uyguluyoruz.
- 2 Arjantin kökenli bir çizgi romanın çocuk kahramanı.
- 3 Roma döneminde Pompei'nin yanı sıra Vezüv'ün yanında bulunan dört kentten biri; 24 Ağustos 79 tarihindeki indifada yok olmuş, 1981'deki kazılarda 150 kadar iskelet bulunmuştur.
- 4 İng. Ateş Çemberi.
- 5 *Asteraceae* familyasından çok yıllık bir odunsu çalı türü, *espeletia* olarak da bilinir.
- 6 Fransa'nın Masif Santral bölgesinde "lav kubbesi" diye anılan, Hristiyanlık öncesinde ruhani törenler için kullanılan nispeten genç bir yanardağ.
- 7 Laach Gölü: Almanya'nın Rheinland-Pfalz Eyaleti'nde kaldera gölü.
- 8 Almanya'nın batısında alçak dağ silsilesi.
- 9 En çok vadilerle yamaçlarda bulunan, kil ve kum karışımı, sarı renkli verimli balçık.
- 10 Jeoloji ve jeofizikte alt yerkabuğu ile üst yer mantosunda magmanın çevresinden daha sıcak olduğu kızgın ve sıvı yerler.

PATLAMALARIN EN BÜYÜĞÜ

“Non veggo che la grandezza e la piccolezza faccia i cerchi, i triangoli, i cilindri, i coni o qualunque altre figure solide, soggette ad altre passioni ed altre quelle.”

“Daire, üçgen, silindir, koni ya da başka sabit şekillerin niteliklerinin neden onların büyüklüğüne bağlı olması gerektiğini anlamıyorum.”

GALILEO GALILEI, *Le Due Nuove Scienze*

Volkanik şiddetin tırmanmasının sebebi nedir? Etna gibi bazı yanardağlar niçin can kaybı olmaksızın her yıl düzenli lav akıntıları üretiyor, buna karşılık Ruiz gibi başkalarında her birkaç yüzyılda bir feci sonuçlara yol açan muazzam patlamalar görülüyor ve hatta Mount Mazama’da olduğu gibi bazılarında her birkaç bin yılda bir, ama o zaman da akıl almaz çapta bir indifa meydana geliyor? Bunun temelinde yatan mekanizmalar nedir? Yanardağ püskürmelerinde depremlerdeki gibi bir şiddet skalası var mı? Burada da bir fraktal dağılım söz konusu mu?

Magma, içinde çözünmüş gazların hapsediği erimiş kayalardan ibarettir. Patlamalardan bu gazlar sorumludur ve bundan dolayı püskürmenin şiddeti gazların davranış ve hacmiyle çok yakından bağlantılıdır. Bu bir şişe biradaki gibidir. Kapağı hâlâ üstüdeyken şişeye baktığınızda hiç gaz görmezsiniz. Gerçi gaz oradadır, ama biranın içinde çözünmüştür. Şişede, gazın vaktinden önce sıvıdan kaçmasını engelleyen birkaç barlık bir fazla basınç hüküm sürer. Şişe dikkatle açılırsa fazla basınç kalkar ve karbondioksit kabarcıklarının olduğu görülür: Minicik bir indifadır bu. Buna karşılık şişe açılmadan önce sıkıca çalkalanırsa bir anda daha çok gaz oluşur ve şiddetli bir püskürme vuku bulur. Benzer bir durum yerkabuğundan yukarı çıkan magmada gerçekleşir –yerkabuğunun içinde de gaz çözünmüştür, ancak yüzeye yaklaştığında kaçır ve bir püskürmeye meydan verir.

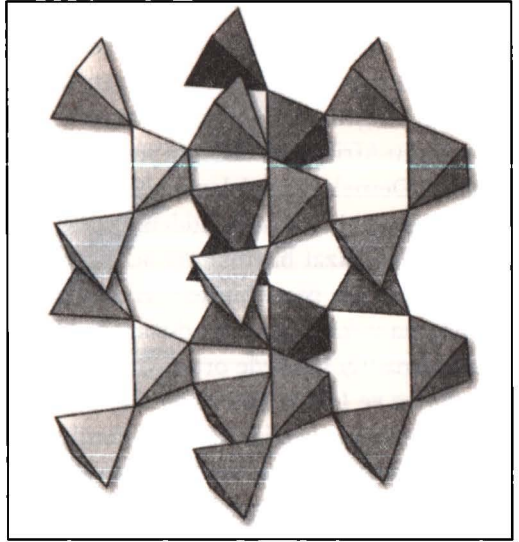
Bununla birlikte farklı magma türleri vardır. Bazısı *Volcano* ve *Dante’s Peak* gibi afet filmlerinde görülebildiği üzere kor halindeki ırmaklar gi-

bi çok suludur. Böyle ince magmalar içinde çözünen gaz çabuk dışarı kaçar, dolayısıyla bu magmaların içindeki püskürmeler fazla güçlü değildir. Bir püskürmenin meydana gelmesi için fazla basınç gerekli de değildir ve bunun sonucu püskürmeler sık görülür. Etna ile Stromboli, ayrıca Chaîne des Puys [Puits Silsilesi] ile Eifel'deki yanardağların çoğu bunun iyi örnekleridir, ama yüksek viskoziteli koyu magmalar da vardır. Bunların içinde çözünen gaz, kaçabilmeden önce sıklıkla yüksek bir basıncı alt etmek zorundadır. Bu çok zaman alır, bundan dolayı bir püskürme vuku bulmadan önce uzun süre geçer. İşte bu sebeple püskürmeler çoğu kez çok güçlü olur.

Nasıl oluyor da magmalar bu denli farklı tepkiler veriyor? Erimiş kayaların en büyük bölümü silikatlardan, yani silisik asidin kimyasal bileşimlerinden meydana gelir. Silikatlar, silisyum ile oksijenin dört yüzlülerinden [tetraeder] inşa edilmiştir. Bir dört yüzlü, dört eşkenar üçgenden bir araya getirilmiş üç yüzlü bir piramittir. Eskiden bu şekilde karton süt mahfazaları vardı.

Magmayı, ilişkisiz bir halde karmakarışık hareket eden bir dört yüzlüler yığını olarak tasavvur edebiliriz. Silikat dört yüzlüler magmanın içindeki iyonların kabaca yarısını meydana getirir. Bunun yanı sıra potasyum, sodyum, magnezyum, alüminyum ve demir, ayrıca küçük miktarlarda başka elementler içerir. Magma soğuduğu zaman silikat dört yüzlüler kristalleşerek ayrışır. O zaman kristal dört yüzlüler iki şekilde tepki verebilir: Doğrudan öteki elementlerden biriyle, sözcüğümleri magnezyumla birleşebilir, bu da bir magnezyum silikası olan olivin mineralinin güzel zeytin rengi kristallerini ortaya çıkarır. Bunu mücevhercide satın aldığınızda adı peridot olarak geçer. Bununla birlikte söz konusu kristal dört yüzlüler daire, dizi yahut plaka ya da hatta kuvars mineralinde olduğu gibi üç boyutlu yapılar halinde köşe noktalarından birbirine kenetlenenebilir (Şekil 36).

Kenetlenme daha magma sıvı haldeyken, kristaller oluşmadan önce başlar. Magma ne denli çok silisyumdioksit içeriyorsa, dört yüzlüler o denli güçlü bir şekilde birbirine kenetlenme ve uzun silikat dizileri meydana getirme eğilimi gösterir. Viskozitenin farklı farklı olmasının ana sebebi budur. Silisik asit miktarı düşük olan bazal magmalar çok yoğun değildir ve kolay gaz kaçıtır, ama yüksek oranda silisik asit içeren asitli magmalarda dört yüzlüler birbirini karşılıklı olarak o denli güçlü çeker ki gazın serbest kalabilmek



Şekil 36.
Kuarsın yapısı

için önce yüksek bir basınç tesis etmesi gerekir: Bu da sonuçta şiddetli indifalara yol açar. Nötr magmalar arada herhangi bir yerde bulunur.

İlaveten iki başka etken daha rol oynar. Bazal magmalar asitli magmalardan çok daha sıcaktır. Bu, bazal magmalardaki minerallerin ergime, daha doğrusu kristalleşme noktasının asitli magmalardakilerden çok daha yüksek olmasından kaynaklanır. Bazal magmalar daha 1000°C , asitliler ise ancak 700°C 'de katılaşır. Sıcaklık ne denli yüksekse bir madde o denli akışkan olur, sözgelimi tereyağı, mum, katran ya da camı düşünün. SiO_2 [silisyumdioksit] miktarı, viskozite ve ısı arasındaki ilinti Şekil 37'de tasvir edilmiştir. Magmanın silisyumdioksit miktarındaki doğrusal bir artışın, viskozitede logaritmik bir artışı beraberinde getirdiği görülüyor. Bu bize bir biçimde tanıdık geliyor: Magmaya yüzde bir SiO_2 daha eklenirse magma on kat yoğunlaşır! Ve demek ki on kat şiddetli bir püskürmeye yol açar! Bu, Richter'inkine benzer bir ölçek doğurur.

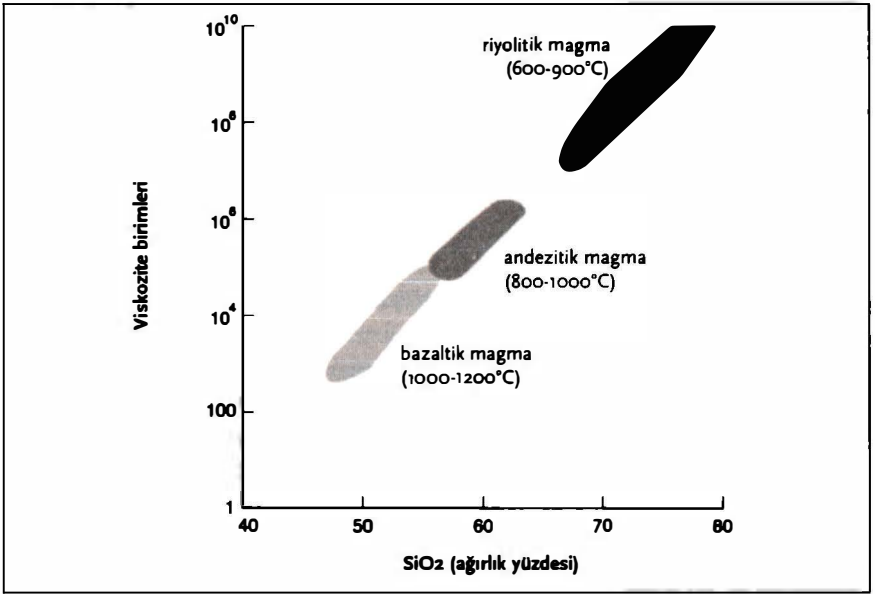
Asitli magmalar sık sık bazal magmalardan çok daha fazla gaz içerir. Böylece viskozite, sıcaklık ve gaz miktarı bir püskürmenin şiddetinin belirlenmesine ortaklaşa katkıda bulunur.

Bir yanardağdaki magmanın cinsi levha tektoniğiyle yakından ilintilidir. Bazal magmalar esas olarak ayrılma kuşaklarında, levhaların birbirinden uzaklaştığı ve yerkabuğunun genişlediği İzlanda ve Azorlar gibi yerlerde meydana gelir. Kıtasal karada buna yerkabuğunun açıldığı Auvergne, Eifel ve Doğu Afrika Çukuru gibi yerler de dahildir. Buralarda öncelikle bazalt buluruz. Demek ki genişleme bölgelerinde yanardağlar genellikle daha sık, ancak Etna gibi az sayıda şiddetli indifa üretir. Kimi zaman yerkabuğunun derinlerinde bazal bir magma ocağında bir farklılaşma vuku bulur. O zaman magmanın bazal bileşenleri dibe çöker ve daha asitli, daha az akışkan bir magma yukarı çıkar. Bu durumda bir indifa meydana gelirse, bu farklılaşma olmadığı takdirde ortaya çıkacak bir püskürmeden çok daha şiddetli olur. Pavin ve Laach göllerinde olay buydu.

Bazal magmalar *hot spot*^I denilen yerlerde de meydana gelir. Buralarda yer mantosunun derinliklerinden yüzlerce kilometre yüksekliğinde kızgın magma sütunları yükselir, burada magma üst tarafındaki levha tektoniğine aldırış etmeyerek aklına esen herhangi bir yerde bir levhayı büyüteç gibi yakıp delik açar. Hawaii bunun klasik örneğidir. Deniz tabanından ölçüldüğünde Hawaii 9000 m yüksekliğinde, 250 km çapındadır, Hollanda büyüklüğünde bir alanı kaplar ve böylelikle dünyanın en büyük yanardağıdır. Hawaii çoğunlukla hızlı bazalt akıntıları üretir ve afet filmlerindeki volkanik akıntıların neredeyse tamamı burada çekilmiştir. Ancak bu yanardağda da farklılaşma belirebilir, bu da daha çok sayıda şiddetli püskürmeyi doğurabilir.

Nötr ve asitli magmalar, Büyük Okyanus'un çevresindeki *Ring of Fire* gibi öncelikle dalma-batma kuşaklarında meydana gelir. Oralarda taşkürenin bir levhası ta ki eriyinceye kadar yeryüzünün derinliklerine itilir. Oluşan yeni magma onu kuşatan yerkabuğu ile kabuk kayaçlarından daha hafiftir, böylece bir balon gibi yüzeye çıkar.

Alta itilen kabuk, Hollanda'ya bağlı Antil adalarından Saba ve Sint Eustatius, Aleut Adaları, Kuril Adaları ve benzer ada dizilerinde olduğu gibi bir okyanus kabuğunun altına girerse, böyle durumlarda magma çoğu zaman nötrdür ve buna ait kayaçlar Andlar'dan adını alan andezittir. Bu bölgelerdeki yanardağlar da genişleme kuşaklarındaki bazalt yanardağların-



Şekil 37. SiO₂ miktarının işlevi olarak magmanın viskozitesi (logaritmik cetvel).

dan daha şiddetli indifa eder. Bir indifa çevrimi sık sık büyük bir kül püskürmesiyle başlar. Volkanik kül esas olarak püskürme sırasında magmadaki gaz basıncının, magmanın sayısız küçük parçacığa dağılmasına yol açacak denli yüksek olmasından kaynaklanır. Magma yeraltında taban suyuyla temas ederse de kül meydana gelebilir. Ancak daha sonra, çıkış kanalı temizlendiğinde lav hızla püskürür: Buna stratovulkan deriz. Nevado del Ruiz'in püskürmeleri bu türdendir.

Eğer kabuk bir kıtanın altına kayarsa kıtasal kabuk da erir. O zaman silisyumdioksit bakımından bildiğimiz en zengin magma ortaya çıkar. Bu magma o denli ağırdır ki yeterince yüksek bir gaz basıncı bir püskürmeye yol açıncaya kadar binlerce, on binlerce yıl geçebilir. Gelgelelim o zaman da püskürme her türlü hayal gücünü aşacak ölçüde devasa olur.

Yedi bin yıl önce Mount Mazama'nın püskürmesinde de durum buydu. Mazama başlangıçta sıradan bir andezit stratovolkanydı, ama

herhangi bir zamanda magma o kadar ağıdalı hale gelmişti ki bütün yarıdağ bedeni patlamıştı. Ondan sonra lav akıntıları oluşmamıştı, çünkü magma rezervuarının tümü küçük parçacıklara ayrılmış ve kül bulutları ile kül akıntıları şeklinde muazzam miktarda kül püskürmüştü. Benzer olaylar başka büyük indifalarda, sözelimi Krakatau (1883), Katmai (1912) ve tarih çağının en büyük püskürmesi olarak Tambora'da (1815) vuku bulmuştu.

Dolayısıyla Fransız volkanolog Pierre Schiano ve başka meslektaşları Etna'nın magmasının son yıllarda daha asitli olduğunu ve giderek dalmabatma kuşaklarındakilere benzediğini belirttiklerinde büyük telaşa yol açtılar, çünkü bu gelecekte daha büyük, daha yıkıcı indifalar olabileceği anlamına geliyordu. Bununla birlikte Schiano'nun çıkardığı sonuçlara ilişkin görüşler birbirinden ayrılıyor.

Acaba artık depremlerde yaptığımız gibi bir yoğunluk ölçeği tasarlayabilir miyiz? Ne yazık ki bu o denli kolay değil: Bir kere ortada bir püskürmenin enerjisini doğrudan ölçebilecek volkanik sismograf gibi bir cihaz yok. Bunun yerine o'dan 8'e kadar giden bir ölçeği olan *Volcanic Explosivity Index* (VEI) kullanılıyor. Bu Volkanik Patlama Dizini öncelikle dışarı atılan maddenin hacmine ve püskürme sütununun yüksekliğine dayanıyor.

Dışarı atılan maddenin hacmi, 10.000 metreküpten (VEI=0) daha az ve bir milyar metreküpten (VEI=8) daha fazla olmayan az çok logaritmik bir artış gösterir. Bu rakamlar kendi başına zaten ürkütücüdür. Büyükçe indifalarda bir düzineden yüzlerce kilometreküp kadar madde dışarı atılabilir. Yüz kilometreküp! Bunu bir kez hayal etmeye çalışın! Bu, Ren'in bir buçuk yıllık bir zaman dilimi içinde Lobith'te Hollanda'ya akıttığı su miktarına denk düşer.

Dışarı atılan maddenin miktarını VEI'nin göstergesi olarak alırsak, o zaman birkaç kısıtlamayı hesaba katmamız gerekir. En başta bazaltik yarıdağlar bir indifa etkinliği olmaksızın büyük miktarlarda lav çıkarabilir. 1743'te İzlanda'daki Laki Yarığı'ndan 12,3 kilometreküp bazaltik lav aktı—ölçütlere dayanarak bu püskürmenin 5 değerinde bir VEI'si olması gerekirdi. Sınıflandırmanın amacı bu değildir. Bundan dolayı ölçüm sadece dışarı atılan tefrayla sınırlı tutulur: Tefra, öncelikle indifalarda ortaya çıkan

volkanik kül ve volkanik bombalar gibi gevşek volkanik ürünler için kullanılan bir genel terimdir. Bu suretle Laki Yanığı o değerinde bir VEI alır. Ancak tefranın hacmini belirlemek özellikle zahmetlidir, çünkü çok ince kül tabakaları çok geniş alanlara yayılabilir ve kül tabakalarının kalınlığı bir yerden öbür yere muazzam farklılık gösterebilir. Kül tabakaları rüzgârla çok güçlü bir şekilde sadece bir yöne taşınmış olabilir, öte yandan bazı kül bulutları yükseğe atılmaz, aksine kızgın bulutlar halinde yanardağın etrafındaki vadileri çepeçevre doldurur. Bu da çok düzensiz şiddetlerde ölçek sonuçları yaratır. Demek ki dışarı atılan maddenin hacmini tayin etmek için çok sabırlı bir haritalandırma çalışması gereklidir. Ayrıca sözcğelimi Krakatau, Tambora ve Santorini'deki büyük indifalarda denize çok kül döküldü ve dolayısıyla bunların araştırılması daha da güçtür. Krakatau'da süngertası toprakları okyanus akıntılarıyla tüm dünyaya yayıldı. Böyle bir durumda [püsküren] toplam miktar nasıl saptanılsın ki?

Bir püskürme sütununun yüksekliğini belirlemek daha da zordur. İndifalar her zaman, 18 Mayıs 1980'de St. Helen Dağı'nda (ABD) olduğu gibi çevredeki tüm dağ zirvelerine kameralar yerleştirilmişken güzel bir bahar sabahı vuku bulmak gibi bir iyilikte bulunmaz. Bir püskürme sütununun yüksekliği, Manuel Cervera'nın, bir Aerolineas del Caribe'nin [Karayip Havayolları] uçağı pilotunun başına geldiğı gibi istenmeksizin ölçülebilir. Nakliye uçağı 1985'te Miami'den Bogotá'ya bir gece uçuşu sırasında Kolombiya Andları üzerinde 7900 m yükseklikteyken ansızın sert bir şekilde yükselmeye başladı ve kabinde korkunç bir kükürt kokusu hissedildi. Pilot Nevado del Ruiz'in püskürme sütununun ortasından geçmişti. Yeniden sütunun dışına çıktığında kokpitin camları volkanik cam parçacıklarından o denli çizilmişti ki camlar tamamen opak hale gelmişti ve pilot ancak kafasını kokpitten dışarı çıkararak uçağı indirebildi –bir söyleşide, “böyle bir şeyi hiçbir pilota tavsiye etmem,” diyordu.

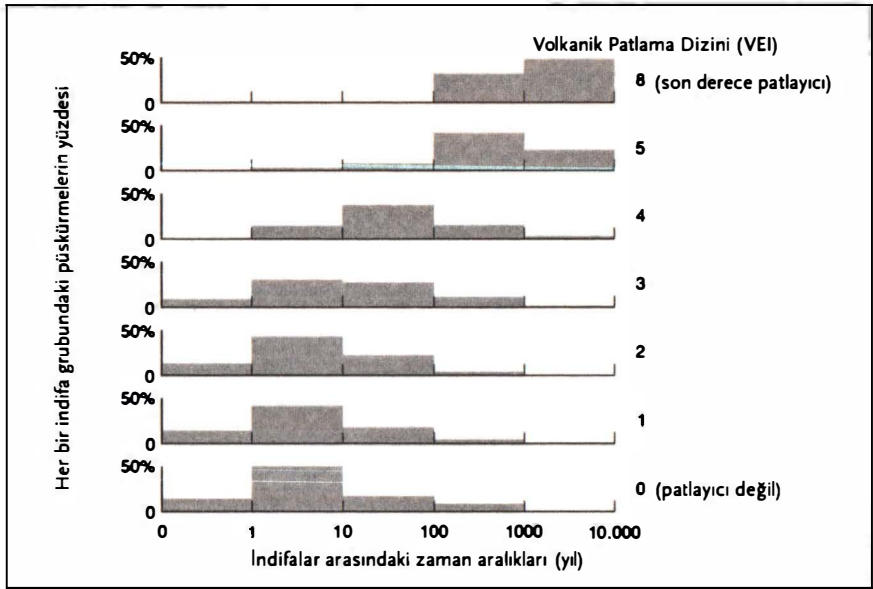
Uydu gözlemleri sayesinde elimizde giderek daha çok veri birikiyor. Ne var ki indifaların çoğunda püskürme sütununu, yanardağın çevresindeki kül zerrelere dayanarak ve yanardağ bacaları ile atmosferdeki kül bulutlarının akıntı modellerinden yararlanarak sadece yeniden tasarlamayı deneyebiliriz.

VEI	İndifa	Ülke	Tefra hacmi	Püskürme sütunu (km)	Can kaybı	Bilinen tarihi indifa sayısı
0	Masaya	1570 Nikaragua	sadece lav	<0,1		755
1	Poás	1991 Kosta Rika	>0,0001 km ³	0,1 - 1	% 1	963
2	Ruapehu	1971 Yeni Zelanda	>0,001 km ³	1 - 5	% 2	3631
3	Nevado del Ruiz	1985 Kolombiya	>0,01 km ³	3 - 15	% 12	924
4	Pelée Dağı	1902 Martinique	>0,1 km ³	10 - 25	% 31	307
5	St. Helen Dağı	1980 ABD	>1 km ³	>25	% 38	106
6	Krakatau	1883 Endonezya	>10 km ³		% 60	46
7	Tambora	1815 Endonezya	>100 km ³			4
			>1000 km ³			0

www.volcano.si.edu

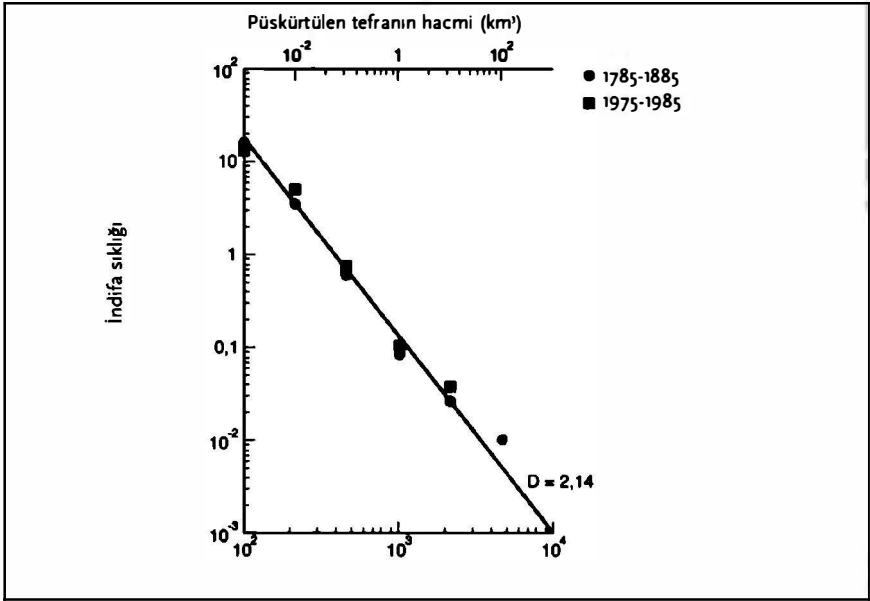
Püskürme sütununun yüksekliğine ilişkin bilgi önemlidir. Yükseklik düşük olduğu sürece kül zerrelerinin etkisi troposferle, atmosferin ilk on kilometresiyle sınırlı kalır. Bu durum 0-3 arasında bir VEI değerine sahip indifaların çoğu için geçerlidir. Ancak püskürme sütunu bunun üzerindeki katmana, stratosfere kadar ulaşırsa, o zaman kül bulutu güçlü hava akımlarıyla tüm dünyaya dağılır ve iklim etkilenebilir. 4 yahut daha büyük bir VEI değeri olan birçok indifada bu vuku bulur. Troposferle stratosfer arasında 10-12 km'de bulunan sınırı herkes bilir –çoğu jet uçağının uçtuğu yüksekliktir bu. Kül bulutu uçağın altında kalırsa kaygılanmaya gerek yok, ama onun üstüne çıkarsa kalın giyinseniz iyi olur.

Püskürme sütunu ile VEI arasında doğrudan bir ilişki yoktur: Bazı büyük indifalar yüksek bir püskürme sütununun yerine öncelikle yan tarafa yönelik patlamalar meydana getirir ve son hızla yamaçtan aşağı akan kızgın bulutlar üretir. Sözgelimi 1902'de Fransız Antil adalarından Martinique'teki Montagne Pelée'nin [Pelée Dağı] büyük indifası sırasında 30.000 insan hayatını kaybetti –bu 20. yüzyılın en ölümcül yanardağ püskürmesiydi. Büyük ihtimalle buna kraterdeki bir tıkanıklık sebep olmuştu. Son on bin yılın karakteristik indifaları, yukarıdaki çizelge ve Şekil 38'deki VEI değerleri, dışarı atılan maddelerin hacmi ve söz konusu VEI'de can kaybı olan tüm püskürmelerin yüzdesiyle birlikte gösteriliyor.



Şekil 38. Indifalar ile Volkanik Patlama Dizini arasındaki zaman aralıkları.

Daha önce gördük: Magma ne denli çok SiO_2 içerirse, o denli ağıdalı olur ve bir püskürmenin meydana gelmesi için gaz basıncı o denli yüksek olmalıdır. Gaz basıncının tesis edilmesi zaman alır. Magma ne denli asitliyse, püskürme o denli şiddetli, ama aynı ölçüde seyrek olur. VEI ne denli yüksekse, bir sonraki püskürmeye kadar o denli uzun zaman geçer. İki indifa arasındaki zaman aralığı da VEI'yle kaba hatlarıyla logaritmik bir ilinti içindedir. Bu, öncelikle Smithsonian Institution'ın veri tabanında kayıtlı indifaların değerlendirilmesinden çıkıyor. Orada kaydedilmiş bulunan son 10.000 yıl içindeki 6.736 indifadan 5.349'unun 0-2, 924'ünün 3, 307'sinin 4, 106'sının 5, 46'sının 6 ve dördünün 7 değerinde bir VEI'si var. Bu rakamlar elbette hiç güvenilir değil, çünkü geçmişin birçok püskürmesine ilişkin bilgimiz az ve onların tefra hacimleri ile püskürme sütunu yükseklikleri eksik enformasyonlara dayanılarak yeniden tasarlandı. Haklarında hiçbir açıklama yapılamayan indifaların hepsine 2 değerinde bir VEI verildi, demek ki görüntü çok çarpık olabilir.



Şekil 39. 1785-1985 ile 1975-1985 zaman dilimindeki indifalar için frekans-büyüklik diyagramı. Burada da geçerli olan şu: Püskürtülen maddenin miktarı ne denli büyükse, indifalar o denli seyrektrir.

Smithsonian Institution her VEI için birbirini izleyen püskürmeler arasındaki zaman aralıklarının ne kadar olduğunu da hesapladı. Sonuç, VEI'si ortalama 3'e kadar olan püskürmelerin her 1 ila 10 yılda bir, 4 VEI'liklerin her 10 ila 100 yılda bir, 5 VEI'liklerin her 100 ila 1000 yılda bir ve 6 VEI'liklerin her 1000 ila 10.000 yılda bir vuku bulduğuydu. Bunlar tam da bir önceki bölümde tanıştığımız türden frekans-deprem büyüklüğü ilişkileridir ve depremlerdekine benzer şekilde bir grafikte tasvir edilebilir (Şekil 39).

Bilinen faal yanardağlar, yani holosende ya da son 10.000 yıl içinde indifa eden yanardağlar 1300 ila 1500 kadardır. Günümüzde 20 dolayında yanardağ faaldir; 60 yanardağ 1990'larda her yıl bir kez indifa etti; 1990-99 arasında toplam 154 indifa oldu ve tarih boyunca kayda geçen 550 indi-

fa oldu. Bu sayılar sadece kıtasal yanardağlara ilişkindir. Smithsonian Institution'ın verilerine göre deniz tabanında, özellikle Orta Okyanus Sırtı'nın ayrılma kuşaklarında bir milyon dolayında yanardağ varmış, ama bunların çoğu bazaltik veya düşük bir püskürme etkinliği gösteriyor ya da hiç göstermiyor (Şekil 40).

Gelecek 10.000 yıl içinde bizi hangi volkanik afetler bekliyor? Fela-ket senaryolarını sevenler Simkin ve meslektaşlarının 1981'de hazırladıkları eğrilere haz duyarak bakacaklardır.

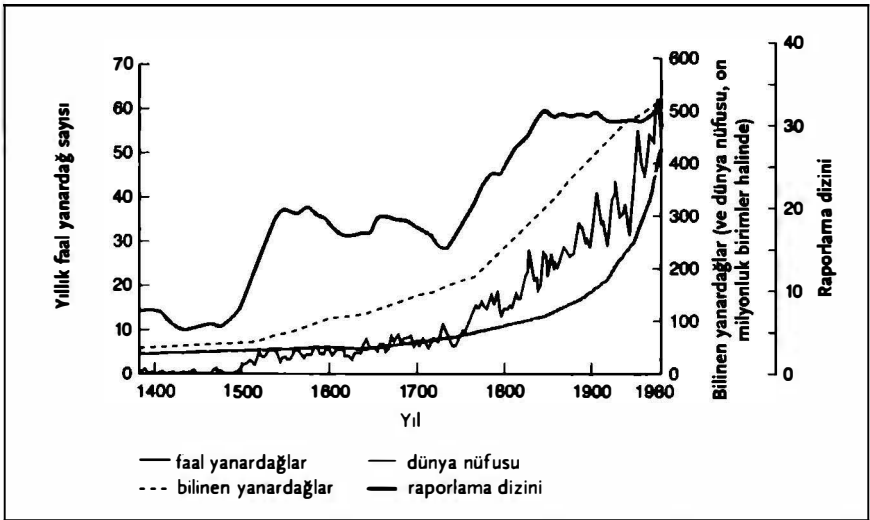
Söz konusu eğriler daha sonra karşılaştığımız küresel ısınmanın dramatik *hockeystick* [hokey sopası] eğrisine tıpa tıp benzer. Simkin'in eğrileri, bilinen faal yanardağların sayısının son 600 yılda dramatik şekilde arttığını gösteriyor. Burada püf noktası tabii "bilinen"de yatıyor. Eğriler o zamandan beri daha çok volkanik püskürme olduğu anlamına gelmiyor, sadece literatürde giderek daha çok sayıda yanardağın tasvir edildiğini gösteriyor. Bu nüfus artışıyla, yolculuk hevesinin yoğunlaşmasıyla ve atalarımızın keşif dürtüsüyle, ayrıca iletişim araçlarının sürekli gelişmesiyle, daha iyi eğitimle ve insanların doğa fenomenlerine ilgisinin durmadan artmasıyla bağlantılıdır. Zaman hesabımızın başlangıcında sadece Akdeniz bölgesinde dokuz faal yanardağ, ilaveten Batı Afrika'daki Cameroon Dağı tasvir ediliyordu. Bunu izleyen on yüzyılda bunlara 14'ü Japonya'da olmak üzere 17 isim daha ekleniyordu. Tarih çağında Endonezya'da ilk indifalar 1000 ve 1006 yıllarında vuku buluyordu. Bundan az sonra İzlanda insanlar tarafından iskân ediliyor ve dokuz yanardağ daha keşfediliyordu. 1380 dolayında listede 48 yanardağ vardı. Bu andan itibaren Simkin'in *hockeystick* eğrisi adamakıllı yükselişe geçer. Bilinen indifaların sayısı da –buna hem yakın geçmiştekiler, hem jeoloji tarihinde yeni keşfedilenlerinkiler dahildi– hızla artmaya devam etmişti. Simkin'in kitabının 1981'deki ilk baskısında 4815, ikincisinde 5337 indifa sayılır ve 2004'teki İnternet versiyonunda bu rakam 6736'ya çıkar.

Bu eğrileri ele alırken ne denli dikkatli olmak gerektiği, gelişme grafiğinde iki dip noktası bulunması olgusundan anlaşılır. Bunlar tam da iki dünya savaşıyla üst üste düşer –insanların o dönemlerde indifaları tasvir etmekten daha başka dertleri vardı. Yine de bazı iklim incelemelerinde bu

düşüşler hâlâ doğa fenomenleri olarak yorumlanıyor. Ayrıca büyük bir püskürmeden sonra indifa raporlarının yeniden çoğaldığı görülüyor, çünkü o zaman insanlar yanardağları özellikle dikkatli gözlemliyorlar. Son kırk yıla ait, yani Smithsonian Institution'ın *Global Volcanism Programme*'nin [Küresel Volkanizm Programı] başlangıcından bu yanaki veriler özetlenecek olursa, büyük dalgalanmalar olmaksızın yılda ortalama 50 ila 70 püskürmenin meydana geldiği görülür.

Bunu saptamak için başka yöntemler de var. Yaklaşık yirmi yıldır stratosferdeki büyük püskürmeler Grönland ve Antarktika'nın buz örtüsündeki sondajlarda da kanıtlanabiliyor, ancak bu her şeyden önce buzun üstüne çökmüş kül zerreleri vasıtasıyla yapılıyor. Stratosfere ulaşan bir püskürme sütunu kural olarak büyük miktarlarda kükürt dioksit içerir. Bu atmosferdeki suyla birleşerek en küçük sülfürik asit damlalarını meydana getirir, bunlar yağışla buz örtüsünün üstüne iner ve buz oralarında çok daha yüksek bir iletkenlik gösterdiği için varlığı belirlenebilir. Ayrıca sülfat iyonlarının yoğunluğu da ölçülebilir. Kural olarak buzda 24 ppb'den (*parts per billion*/milyarda bir parça) yüksek bir yoğunluk volkanik bir püskürmeye işaret eder.

Bu yolla Amerikalı volkanolog Gary Zielinski ile meslektaşları Grönland'ın buz çekirdeklerinde son bin yıllık dönem için 43 püskürmenin izlerini buldular, bunların VEI değerlerini 3 ila 7, içlerinden yedisini ise 6 ila 7 kategorisi olarak yeniden tasarladılar. Yanardağ Grönland'tan uzakta bulunduğu takdirde, öncelikle ekvatorial bölgelerdeki indifalarda olayı kayda geçirmek iki yıl gecikebilir. Ve yazın gerçekleşen püskürmeler kışın olanlara göre buz takkesine daha yavaş ulaşır, çünkü ekvatorial ve polar hava kütleleri yazın birbirine daha az karışır. 6 ila 7 değerinde bir VEI'ye sahip büyük indifaların hepsinin; Tambora (1815), Krakatau (1883) ve Karmai (1912) izleri bulundu (Şekil 41). Henüz hiçbir yanardağa mal edemediğimiz MS 580'deki gibi büyük indifalar da kanıtlandı. Grönland'ta son 110 bin yılı örten GRIP² kapsamında yapılan derin bir buz sondajında Zielinski ile ekibi en az 1000 püskürmeyi belgelediler ve ortalamada her bin yıla 6 yahut daha yüksek VEI değerinde 9 indifa düşüyordu. Demek ki Simkin'in tarihi kayıtlardan çıkardığı her binyıla ortalama 10 indifa düşmesi olgusu, bu ortalama değerde büyük dalgalanmalar olsa da bir dereceye kadar sabit kalır.



Şekil 40. Yanardağ indifaları raporlama dizini.

Buz takkelerinden elde edilen veriler, Minos kültürünün çöküş sebebinin Santorini'nin püskürmesi olduğu kuramını da çürüttü: 6 VEI değerindeki püskürme en az 150 yıl daha önce, yani MÖ 1650 dolayında vuku bulmuştu. Söz konusu çöküşün sebebinin bir deprem olması ihtimali daha büyüktür. Son iki bin yıl içinde buz takkelerinde kaydedilen tüm indifaların yüzde 83'ü tarihte bilinen püskürmelerle ilişkilendirilebilir. Bu da Smithsonian Institution veri tabanının yavaş yavaş tamamlandığını kanıtlar. Söz konusu veri tabanı insanlığın volkanik kolektif belleği haline geldi.

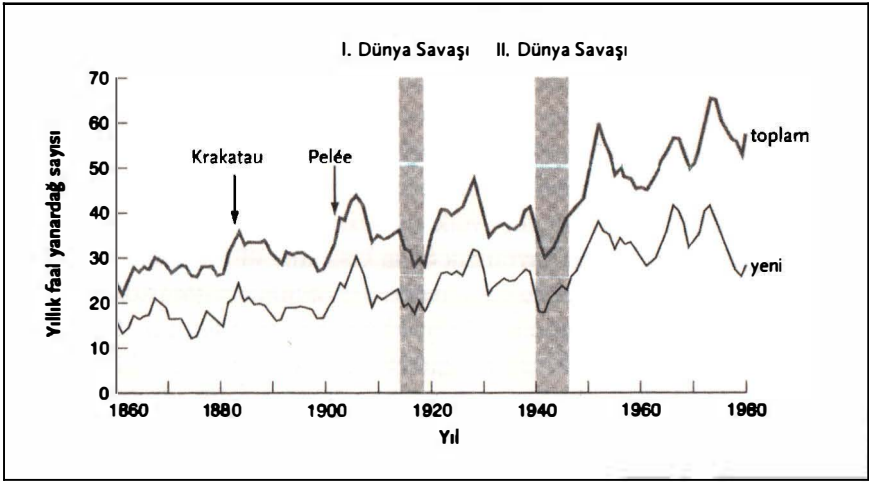
Öyleyse 10.000 yılına kadar *business as usual* mı diyelim? Nasıl gelmişse öyle gider mi? Yüzyıl başına on-yirmi bin kurban mı? Tamı tamına Avrupa'da bir yılda trafikte can verenler kadar mı? Ne yazık ki o denli basit değil. Ağzımızın tadını kaçıran üç etken var –en başta da nüfus artışı. Daha Nevado del Ruiz'i ele aldığımızda gördüğümüz gibi, 1985 indifaından sonraki kurban sayısı 1845'te vuku bulan benzer bir indifadakinden 20 kat fazlaydı. Bu, görüntüye bakılırsa bu bölgelerdeki insanların volkanik riski göze almalarından kaynaklanıyor. Güney Amerika, Afrika ve Güneydoğu

Asya'nın nüfus yoğunluğu haritalarında bunu açıkça görebiliyoruz. En büyük nüfus yoğunlukları her zaman volkanik külün toprağı verimli kıldığı yerlerde bulunuyor: Güney Amerika'da And Dağları'nın kuzeyinde yoğun yerleşme var, oysa iklimin aynı derecede nemli olduğu Amazon bölgesinde yok; Güneydoğu Asya'da Cava ve Sumatra'da var, ama Borneo'da yok; keza Doğu Afrika'da büyük göllerin bulunduğu bölgede var, ama Kongo yağmur ormanlarında yok. Burada sadece kolektif belleğin başarısızlığı değil, aksine yanardağların sunduğu kısa vadeli bir çıkar, yani daha yüksek tarım hasadı uğruna yapılan bilinçli (ve birçok durumda aynı zamanda zorunlu) bir seçim söz konusudur ve bu sırada aynı yanardağların uzun vadeli riskleri kabullenilir. Volkanik bölgelerde nüfus arttıkça, gelecekteki indifaların kurbanları da artacaktır.

Böyle bakıldığında, İtalyan volkanolog Franco Barberi'nin görüşlerini izleyecek olursak, Vezüv belki de dünyanın en tehlikeli yanardağıdır. 19 yaşında bir öğrenci olarak bu dağın yamaçlarında taş toplarken bundan tamamen habersizdim. O taşlar hâlâ duruyor: Genişleyen gaz baloncuklarının bulunduğu yerlerde boşluklarla ve bunların içlerinde siyah piroksen kristalleriyle dolu büyük kızıl-kahverengi kayaç topakları. Gelgelelim haberdar olsaydım dahi geri durmazdım sanıyorum.

Vezüv'ün çevresinde dört milyon insan yaşıyor. Normal durumda yanardağın açık bir bacası var. Buradan küçük bir duman bulutu tüter; o zaman 3 VEI değerinde düzenli küçükçe indifalar olur. Ne var ki duman bulutu 1944'ten bu yana kayboldu, baca tıkalı ve onun altında öncekinden çok yüksek değerlere sahip bir basınç birikiyor. Artık 472 ve 1631 yıllarında olduğu üzere 4 VEI değerinde bir püskürme meydana gelebilir, ama MS 79'daki gibi VEI değeri 5 olan bir püskürme de tasavvur edilebilir; Plinius'un tasviriyle ünlenen söz konusu indifa Pompei ve Herculaneum'un yok olmasıyla sonuçlanmıştı. Ve Napoli yakınındaki Campi Flegrei ile Roma'nın kuzeyindeki Lago di Bolsena, Mazerna'yla kıyaslanabilir, eski zamanlarda devasa püskürmelerle ortaya çıkmış kilometrelik kraterlerdir. Böyle bir şey Vezüv'de de görülebilir.

Bundan dolayı nüfus, tarihte ilk defa koruyucu bir önlemle Vezüv'ün çevresinden tahliye edilmeye çalışılıyor. Artık yeni evler inşa edilme-



Şekil 41. Indifa sıklığının 1860'tan beri görünürde artması ve iki dünya savaşı sırasında görünürde azalması. Üst eğri: Otuz tane artan ortalama; alt eğri: Geçen yıl faal olan yanardağlar olmaksızın.

sine izin verilmiyor ve evlerini satanlara ya da onu turistler için *bed & breakfast*'a dönüştürenlere para yardımı yapılıyor. En çok tehdit altındaki mintikalar için afet planları mevcut: Vezüv'ün çevresindeki her köyün, İtalya'nın herhangi bir yerinde, sakinlerinin bir indifa durumunda gitmeleri söz konusu olan bir kardeş kenti var. Yarın milyon insanın en büyük tehdit altında bulunduğu kırmızı mintikadaki tüm nüfusun yedi gün içinde tahliye edilebilmesi öngörülüyor.

Gelecekteki muhtemel kurbanların sayısını kestirmek başka bir sebeple daha zor, çünkü Volkanik Patlama Dizini ile ölü sayısı arasında doğrusal bir ilinti mevcut değil. 20. yüzyılın en ölümcül indifaları, 1902'de Montagne Pelée (VEI 4, 30.000 ölü) ve Nevado del Ruiz (VEI 3, 25.000 ölü) nispeten küçük çaplıydı. Bunların insanlığın belleğinde kalmasını sağlayan, ilkinde kızgın bulutlar, ikincisinde çamur akıntısı olmak üzere indifalara eşlik eden şartlardı. Krakatau'da 34.000 insanın hayatına mal olan sel dalgası ve Tambora'da (1815) ılıman kuşaklardaki iklimsel sonuçlardan kaynaklanan açlık felaketi idi. Bizler yaklaşan afetleri yeni gözlem sistemleriyle

le önceden görmeye çalışıyoruz. Irmak vadileri boyundaki ısı dedektörlerinin çamur akıntılarına karşı erken uyarı vermeleri öngörülüyor; uydular, radar girişimölçümü [interferometri] yardımıyla yanardağların patlamadan önceki şişmesini ölçüyor ve başka sensörler, duman bulutunun yakın bir püskürmeyi haber verebilen kimyasal bileşimini tahlil ediyor. Ancak bu kitap afetlerin önüne geçmeyi konu almıyor.

Önümüzdeki on bin yılın volkanik risklerine ilişkin kehanetleri güvensiz kılan üçüncü etkeni kavramak daha kolaydır. VEI çizelgesine dikkatle bakan herkes, VEI'nin en fazla 8 değerinde olduğunu görür. Smithsonian Institution'ın veri tabanında bu büyüklükte hiçbir indifa yok. Böyle püskürmeler o denli seyrek ki, tarih çağında, hatta son 10.000 yılda bunlara rastlanmıyor, ama bu onların var olmadığı anlamına gelmez!

Kuzey Sumatra'nın göbeğinde 100 çarpı 30 km büyüklüğünde ve 400 m derinliğe kadar inen muazzam Toba Gölü bulunuyor. Gölün üstünde, Rudy Kousbroek'in *Terug naar Negri Pan Erkoms* başlıklı Endonezya'da geçen gençlik anılarında tersine çevrilmiş devasa bir tekne gibi diye tasvir ettiği büyük, midye şeklindeki Samosir Gölü bulunuyor. Bu gerçek bir krater gölü değil, bunun için fazla büyük ve fazla düzensiz bir şekle sahip, ama volkanik bir kökeni olduğu çok eskiden beri biliniyor. Hollandalı volkanolog van Bemmelen 1939'da bunu volkanotektonik bir çöküntü diye adlandırıyordu. Yukarıdan bakıldığında biraz Sumatra'nın açık sırtı gibi görünüyor. Püskürmenin zamanı günümüzde biliniyor: Bu yaklaşık 71.000 ila 75.000 yıl önceydi. Uzmanlar dışarı atılan tefranın miktarı konusunda da uyuşuyor: Yaklaşık 28.000 km³ madde (gaz baloncukları hariç katı kayalar). Devasa kızgın bulutlar Kuzey Sumatra'da 20.000 ila 30.000 km²'lik, bütün kara Hollanda'sı büyüklüğünde bir alanı ortalama 50 m kalınlığında bir kül tabakasıyla örttü! 28.000 kilometreküp! Ve tarih çağında en büyük indifa yaklaşık 100 kilometreküplük madde ihracıyla Tambora'ninkiydi! Gölün şekli ve külün yığılma tarzı, devasa bir magma odasının 9 ila 14 günlük bir zaman aralığı içinde birdenbire boşaldığını ve 30 km'den yüksek bir püskürme sütununa yol açtığını aklı getiriyor. Yanardağın çöken çatısından geriye bir tek Samosir Adası kalmış. Doğa güçleri öncelikle Kuzey Sumatra'da yoğunlaşıyor gibi görünüyor. Hayal gücünü aşan

böyle büyük afetler karşısında nesnel kalmak bilim insanları için de zor. Bir tarafta, afetin çapını mümkün en geniş şekilde büyötmek isteyen Amerikalı volkanologlar Mike Rampino ve Steven Self ile antropolog Stanley Ambrose; diğör tarafta, “Haydi canım, her şey göröndüğünün yarısı kadar kötü,” diyen meslektaşları Clive Oppenheimer gibi biraz daha serinkanlı çağdaşları duruyor. Bu tartışmanın, küresel ısınmaya ilişkin olanla birtakım benzerlikleri var.

Rampino ile Steven Self, pöskürmeyle öylesine çok miktarda aerosol, öncelikle sülfürik asit damlacıkları atmosfere yayıldı ki, altı yıl boyunca volkanik bir kış hüküm sürdü, bunu da bin yıl süren bir soğuk dönem izledi şeklinde bir görüşü savunuyorlar (Şekil 42). Onlara göre, kuzey yarıkürede ortalama yıllık sıcaklıklar 3 ila 5 derece, hatta Kanada’nın kuzeyinde yaz sıcaklıkları 12 derece düşmüğü; üstelik bunlar, iklimin acımasız Milan-koviç çevrimselliğinin güdümü altında zaten yeni bir buzul çağına doğru yöneldiğı bir zamanda olmuş. Söz konusu indifa buzul çağının başlangıcını adamakıllı hızlandırmış.

Illinois Üniversitesi’nden Stanley H. Ambrose da aynı görüşü temsil ediyordu ve 1993’tte, volkanik kış o denli tahripkardı ki modern insanın öncülerinin çoğı bu yüzden yok oldu diye iddia ediyordu. Neandertal insanı Avrasya ile Doğı Akdeniz’de, *Homo heidelbergensis* Çin’de, *Homo erectus* Güneydoğı Asya’da ve *Homo sapiens*, modern insan, Afrika’da yaşıyordu. Sadece bu sonuncusu yağmur ormanında volkanik kıştan sağ çıkma imkânına sahip olmuştu. Genetikçiler, insani gen havuzunun bu dönemde bir darboğazdan geçmiş olduğunu zaten belirtmişti. Modern insanın genetik çeşitliliğı ancak 70.000 yıl kadar geriye gidiyordu, ondan önce neredeyse tüm insanlar aynı atalardan türemiş görünüyor.

BBC bütün bunları çok eğlendirici bulup insani evrimle ilgili dizisinde Ambrose’a uzun uzadıya konuşma fırsatı tanıyordu. “[O dönem] çok uzun sürdü ve pek soğuktu. Sadece bu kadar da değil: Bu çapta bir sıcaklık düşüşü mutlaka korkunç bir kuraklığı da birlikte getirdi. Göller kurudu, Dünya kumlarla kaplandı. Her yıl öncekinden daha kuru geçiyordu. Bu, Afrika’da hayatta kalanlar arasında sosyal yapının değışmesine yol açtı: Ambrose milyonlarca izleyicinin önünde, “Sert iklimden dolayı birbirlerine da-

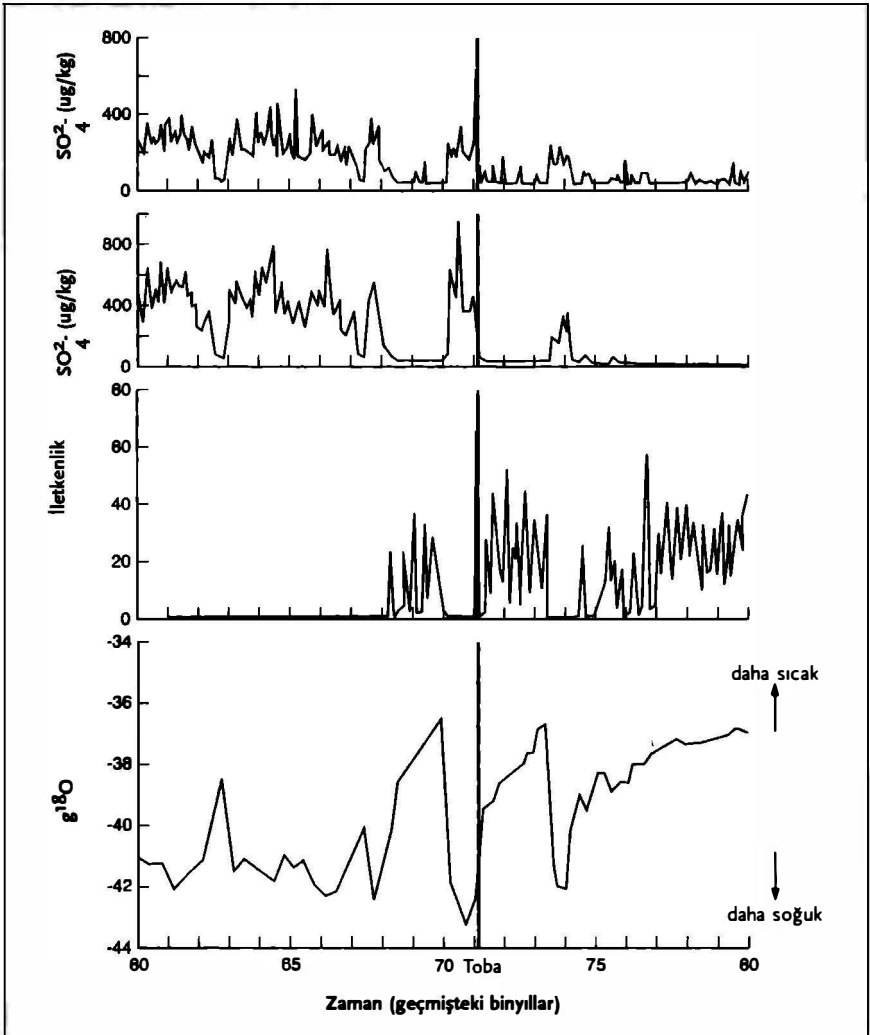
ha büyük ölçüde bağımlı hale gelmişlerdi ve daha çok işbirliği yapmak zorundaydılar,” diyordu. “Ve bakın,” diye devam ediyordu, “insanların daha verimli olmaları gerektiği için keza taş aletleri de bu dönemde değişime uğradı.” Bence Ambrose hâlâ doğrudan bir kanıt ileri sürmüş değil.

Bu arada, Clive Oppenheimer bu volkanik kış tezinin kesin olmaktan çok uzak olduğunu düşünüyor. Rampino, Self ve Ambrose kuramlarını ortaya koyduklarından beri elimizde çok daha fazla veri birikti. Volkanolog Gary Zielinski de Grönland’ta Toba’nın püskürmesinin izlerini buldu. Oradaki buz 1815’teki Tambora püskürmesindekinden beş kat fazla olup aşağı yukarı 2000 ppb sülfat içeriyor, Toba’daki kül zerreciklerinin miktarı ise Tambora’dakinden 35 kat fazladır. Oppenheimer, bu olsa olsa bir derecelik bir sıcaklık düşüşüne yol açardı, diye düşünüyor. İndifadan sonraki soğuk dönem de önceki yahut sonrakilerden daha ağır değilmiş. Oppenheimer’a göre böyle bir püskürmenin bölgesel sonuçları dünya çapındaki iklimsel etkilerden daha ciddidir.

Ve darboğaz konusunu doğru ilişkilendirmek gerekir; denizfilleri, meyve sinekleri, sardalye, iplikkurdu, koala ve bazı insanımsıların gen havuzları da bir darboğazdan geçti, ama bunların hepsi farklı zamanlarda oldu. Eğer bir *volcanic winter*’dan [volkanik kış] söz edilebilseydi, o zaman hepsinin aynı anda bir darbe yemiş olması gerekirdi. Oysa sadece bir şempanze türü bu partiye dahildir. Kaldı ki genetikçiler arasında bu darboğazın yaşı konusunda en yaygın kabul gören görüş, darboğazın yaklaşık 200.000 yıl daha eskiden geçildiğidir, ama bu rakam bile hâlâ büyük bir güvenilmezlik marjı içermektedir.

Gelgelelim Rampino ile Ambrose pes etmiyorlar; böyle çarpıcı bir hikâyeden kolay kolay vazgeçilmiyor. Tartışma herhalde bir süre daha devam edecek.

Toba Gölü’ndeki indifa tarih çağında yaşadıklarımızdan öylesine inanılmaz derecede daha büyük ki bunu aslında hayal bile edemiyoruz. Demek ki bugüne kadar gördüğümüz her şey bizi gelecekte bekleyebileceklerle kıyasla önemsizdir. Yalnız: Bu indifa da, daha önce betimlediğimiz frekans-büyüklik bağıntıları kurallarının dışına çıkmaz: [Olay] ne denli büyükse, o denli seyrek meydana gelir. Geçmişte daha geriye bakacak olur-



Şekil 42. Grönland buz takesindeki sülfürik asit damlacıkları (üstte); elektrik iletkenliği (ortada) ve oksijen izotopları (altta), en büyük soğukların Toba'nın püskürmesinden (eskiler sağda, yeniler solda) sonra meydana geldiğini gösteriyor.

sak, o zaman Toba Gölü'nde de daha önce, ortalama her 400.000 yılda bir indifalar olduğunu görebiliriz. Göl, kendi çevrimine uyarsa, o zaman yeniden püskürmeden önce önümüzde daha rahat 300.000 yıl var demektir. Yani hiç kaygıya kapılmayalım mı? O kadar da basit değil işte, çünkü Toba Gölü türünün tek örneği değil. ABD'deki Yellowstone Park da her yarım milyon yılda bir 1000 km³'ten fazla kül püskürür. Ve bu türün daha çok örneği var. *Homo sapiens* yaklaşık 200.000 yıldır Dünya'da, buna öncüllerini de katarsak bu sayı belki beş milyon yılı bulur. Bu zaman içinde 8 VEI değerinde en az 20 indifa vuku bulmuş olmalıdır. Aslına bakılırsa modern insan henüz gerçekten bir sınamadan geçmedi. Sadece doğadan ödünç alınmış zamanla yaşıyoruz. Doğayı hâlâ kendi ölçüsüyle değil, insani bir ölçüyle ölçüyoruz.

Charles Lyells'ın paradigması: *The present is key to the past* [geçmişin anahtarı şimdiki zamandır] burada artık işe yaramaz. Bir insan hayatında, hatta belgelenmiş insanlık tarihinin tüm zaman dilimi içinde görülen ve yaşananlar, doğal süreçleri kavramaya yetmez. Bizler Lyells'ın ifadesini tersine çevirmeliyiz: *The past is key to the present* [geçmiş şimdiki zamanın anahtarıdır].

1964'te 17 yaşında bir öğrenci olarak Napoli'den fazla uzak olmayan Capo Miseno'daydım [Miseno Burnu]. Tiren Denizi'nin mavi sularını ilk kez görüyordum. Az önce ziyaret ettiğim Pozzuoli yakınındaki Campi Flegrei'de⁴ bulunan Solfatara'yı⁵ aklımdan geçiriyordum. Burası Middelburg kent lisesindeki sınıfımın İtalya'ya düzenlediği yolculuğun duraklarından biriydi. Bir rehber fokurdayan gaz balonlarının yanında bir gazete yakmıştı. "Bu basıncı artırır," demiş ve gerçekten fokurdama şiddetlenmiş, bu da beni çok etkilemişti. Daire şeklindeki körfezden öteye, uzaklardaki Nisida, Procida ve Ischia adalarına bakıyordum. Pürüzlü, gözenekli kayalar bacaklarımı tırmalıyordu. Kırk bin yıl önce indifa etmiş devasa bir kraterin kenarında oturuyordum. Benim ilk yanardağımıydı bu, ama bunun farkında değildim.

ÇEVİRMENİN NOTLARI

- 1 Ing. Sıcak noktalar: Depremlerle volkanik etkinliklerin büyük bir bölümü levha sınırlarının etrafında meydana gelir. Ancak volkanik kökenli olan Hawaii ve çevresindeki adalar örneğinde olduğu gibi levha sınırlarına çok uzak volkanik oluşumlar da vardır. Bunlar yer mantosunda sıcaklığı çok yüksek olan, bu nedenle sıcak nokta adı verilen küçük bölgelerden yerkabuğu dışına kadar yükselen magmanın etkisiyle oluşur. Levhalar hareketli, ama sıcak noktalar sabit olduğu için sıra sıra yanardağlar ya da yanardağ adaları ortaya çıkar.
- 2 GRIP: Greenland Ice Core Project (Grönland Buz Çekirdeği Projesi).
- 3 Mutadî veçhile, bildik şeyler, her zamanki hikâye anlamında.
- 4 “Flegre Tarlaları” (Yun. *Flegreos*: yanan, kor halinde, kızgın): Vezüv’ün 20 km batısında yüksek volkanik etkinlik görülen 150 km² çapında bölge.
- 5 Solfatara Krateri (It. *Cratere Solfatara*) holosen döneminden kalma, yaklaşık 770 m çapında ve içinde Romalılardan kalma doğal bir “sauna”yı barındıran turistik bir volkanik yer.

SICAK DALGALARI, SOĞUK DALGALARI

“Levius accidunt familiaria; ex insolito formido maior est. Quare autem quicquam nobis insolitum est? Quia naturam oculis non ratione comprehendimus nec cogitamus quid illa facere possit sed tantum quid fecerit.”

“Sık sık vuku bulan bizi o denli ürkütmez, alışılmadık olan bizi daha çok ürkütür. Peki, bir şeyi neden alışılmadık buluruz? Çünkü doğaya kendi gözlerimizle bakarız, aklımızla değil ve onun ne yapabileceğini değil, sadece ne yaptığını düşünürüz.”

SENECA, *Naturalium Quaestionum* VI, 3
(*Pompei depremine dair, MS 63*)

Bir güz sabahı Bologna. Yataktan kalkıyorum. Henüz erken, ama karşı damdaki adamlar çoktan çalışmaya başlamış. Kiremitleri, kâğıt falı açar gibi kusursuz bir düzen içinde bir ters bir düz yerleştiriyorlar. Kalın ceketler giymişler ve nefeslerinin beyaz buğularını görüyorum. Hava serinleyecek gibi duruyor, gömlekle çıkmak için muhtemelen fazla soğuk. Bir kazak ve sıcak tutacak bir kadife pantolon giyiyorum. Kahvaltı. Ardından atkımı boynuma sarıp damdaki adamlar gibi kısa bir deri ceket giyiyorum. Küçük katlanır şemsiyeyi iç cebime koyuyorum, zira bugün öğleden sonra yağmur yağacakmış. Böylece kendimi bugünkü havaya uygun hale getiriyorum. G. B. Shaw, “The reasonable person fits himself to the world, while the unreasonable person tries to bend the world to fit himself”,¹ diyordu. Sonra da ekliyordu: “Thus, all human progress has been achieved by unreasonable people.”² Hava konusunda mantıksız insanlar değiliz. Enerjimizi havanın değişmesine harcamaktansa hava tahminine uymaya harcamayı tercih ediyoruz.

Esilden hâlâ havayı etkileyebileceğimizi sanırdık. Birleşik Devletler’in kurak batısında yağmur üreteçleriyle bulutlara gümüş iyodür ya da kuru buz serpilerek başarılı bir şekilde sağanak yağdırılıyordu. Ne var ki bir yerde yağdırılan yağmur başka bir yerde yağmadığı için kuraklığa sebep

olan yağmurdu, bu durum üzerine öfkelenen çiftçiler yağmur üreten küçük uçakları vuruyorlardı. Yahut yağmur üretimi 1972’de Güney Dakota’da Rapid City’de olduğu gibi, 238 insanın sellerde hayatını kaybettiği türden kontrolden çıkmış tufanlara yol açıyordu. Sonuç, yağmurun kime ait olduğunu aydınlatmak zorunda olan davalardı. *So far for human progress.*³

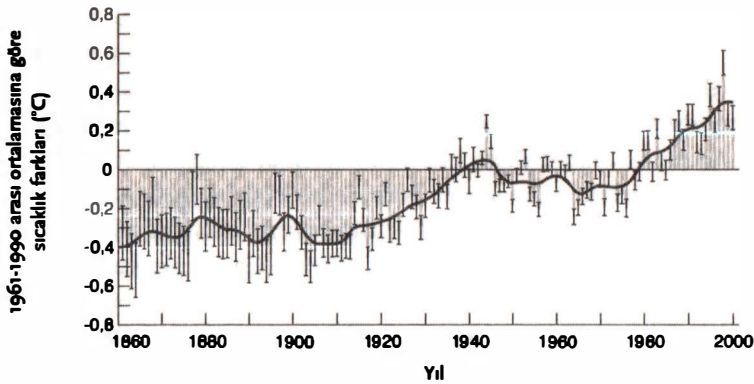
Böyle bir durumda en iyisi uyum sağlamak ve şemsiyeyi yanına almak, hava her an değişebilir.

İklim de değişiyor. Gelgelelim herkes buna uyum sağlamak istemiyor. Bazıları, “iklimi kurtarın,” diyorlar. İklimimizi bozmayın. Bu kulağa tuhaf geliyor, sanki: “Havamızı mahvetmeyin,” der gibi, oysa kimse böyle demiyor, çünkü herkesin dolabında bir kazağı ile gömleği ve ihtiyaç halinde bir de şemsiyesi var. Ve artık hiç kimse yağmur yağdırmak da istemiyor. Niçin hava değişebilir de iklim değişemez?

İklim, belirli bir bölgede 30 yıllık bir zaman dilimi üstünden hesaplanan ortalama hava durumundan başka bir şey değildir. Benim de ders kitabım olan F. H. Schmidt’in *Meteorologie* başlıklı cep kitabında böyle yazıyordu; hâlâ Amsterdam’da öğrenim görürken hocam olan Van Zuylen de böyle tasvir ediyordu ve meteoroloji enstitüsü HKME de bunu hâlâ böyle tanımlıyor. World Meteorological Organization [Dünya Meteoroloji Örgütü] tarafından kabul edilen son resmi 30 yıllık standart zaman dilimi 1961 ila 1990 yıllarını kapsıyordu ve bunu izleyen resmi zaman dilimi 1991’den 2020’ye kadar ulaşıyor. Peki, burada hangisi “bizim” iklimimiz? Hangi iklim kurtarılmalı? Şu andaki, 2004’ünkî mi? Bu mümkün değil, çünkü bir yılın iklimi olmaz. Yoksa resmi 1961-1990 dönemininki mi? Yoksa yazları bahçedeki serada mutlu halde deniz kabuklarıyla oynadığım 50’li yıllarinki mi? Yoksa insanın iyi buz pateni yapabildiği küçük buzul çağının ki mi –yoksa o zaman biraz fazla mı soğuktu? İklimin ısınmaması gerekiyor, ama ılıman kuşaklardaki biz hali vakti yerinde insanların hoş bir hayat sürmeleri için hep aynı mı kalmalı? Peki, “hep” ne kadar bir süre demek? Kaç insan nesli? Bir sonraki buzul çağına kadar mı? *Save-our-climate* [iklimimizi kurtarın] taraftarlarından bu sorulara cevap alamıyoruz; tahminler 2100’ü geçmiyor, öyleyse daha ilerisini önceden düşünmek de gerekli değil.

Kaos Kuramı'nı geliştiren, 2004'te HKME tarafından dağıtılan önemli Buys-Ballot ödölünü alan Amerikalı meteorolog Edward Lorenz, 1964'te, "Does a climate exist?" sorusunu soruyordu. İklim denilen bir şey var mı? Daha önceki bir 30 yıllık dönemde iklim bugünkünden farklı idiyse, o zaman birdenbire değişti mi? Eğer 60 yıllık bir dönemi alırsak ne olur? O zaman önceki 30 yılın değişimi bir sonrakinde artık değişim değil mi? Ve 30 yerine 15 yılı alırsak, o zaman da iklimde belki daha fazla sıçramalar görürüz. Ancak o zaman dahi 5 yıllık El-Niño çevrimi gibi değişiklikler dışarıda kalır. Acaba 5 yıllık bir ortalama mı almalıyız? Ne var ki o zaman da istatistik bakımından güvenilir bir ortalama değer için elimizde belki yeterli veri olmaz. Yoksa 10.000 yılı mı tercih etsek? Esasen "iklim" diye anılabilecek bir ortalama değer var mı? Bu soru Benoit Mandelbrot'unkini andırıyor: İngiltere'nin kıyı şeridinin uzunluğu nedir? Ölçü aracını değiştirirseniz yanıt da değişir. Bu sorunun bir tek cevabı yoktur: Değinilen 30 yıl aslında çok keyfi bir rakamdır; iklimin sabit olduğunun, sadece sıcaklık ve yağışa ilişkin günlük ve yıllık seyirdeki değişiklikleri meydana çıkarmak gerektiğinin düşünüldüğu zamanların bir kalıntısıdır. 30 yıl, bir insan nesli, insani ölçü.

İnsanlar iklim değişiklikleri üzerine ilk kez kaygıya kapılmıyordu. Amerikalı gazeteci Lowell Ponte 1976'da heyecan yaratan bir kitap kaleme alıyordu: *The Cooling: Has the Next Ice Age Begun? Can We Survive It?*⁴ Bu 30 yıl, bir nesil önceydi, ama sadece zaman bakımından değil, o vakitler bilim insanlarını meşgul eden konular bakımından da sonsuz uzun bir süre geçmiş görünüyor. Çünkü Lowell Ponte'nin alarm çağırısı laftan ibaret değildi. Geçen 30 yılda, 1940'lardan beri iklimin sürekli soğuması olgusu yüzünden dünya çapında büyük huzursuzluk hüküm sürüyordu (şekil 43). Evet, iklim soğuyordu! Söz konusu 30 yılda sıcaklık tüm dünyada 0,5°C, hatta İzlanda'da 2°C düşmüştü. Brezilya'da kahve hasatları düzensiz aralıklarla don yapan gecelerde yok olmuştu. Rus bilim insanları şiddetli don ve kuraklık altında inleyen Sovyetler Birliği'nde "yüzyılın en kötü havası"ndan söz ediyorlardı. Alaska'da gaz nakil hattı için malzeme taşıyan yük gemileri 77 yılın en şiddetli kışında buz kütlesi içinde sıkışmıştı. Alaska, İzlanda ve Kanada, Çin ve Sovyetler Birliği'nde buzullar 1950'den itibaren yeniden genişlemeye başladı. Sıcağı seven ve 1880-1940 arasında güneyden Kuzey



Şekil 43. Sıcaklıkların son 140 yılda dünya çapında seyri (IPCC); sıcaklığın 1945-1975 arasında azalmasına dikkat edin.

Amerika'ya göç etmiş bitkilerle hayvanlar, sözgelimi armadillo ve opossum, tekrar geri dönüyor ve sıcaklığı seven bir salyangozun nesli Avrupa'da tükeniyordu. Hollanda'da ortalama sıcaklık o yıllarda düşüyordu. Hollanda'da 20. yüzyılın en soğuk kışı 1963 kışıydı ve HKME'nin verilerine göre tıpkı küçük buzul çağıının sonundaki 1830 kışı kadar soğuktu. Elfstedentocht ["On Bir Kent Turu", on bir Frizya kentinden geçen son derece popüler uzun mesafe buz pateni yarışması –Almancaya çevirenin notu] yapıldığı sırada sıcaklık 21°C'ydi ve katılımcıların sadece bir bölümü hedefe ulaşıyordu. Walcheren kumsalı, şiddetli rüzgârın kıyıya sürüklediği yüzen buz kütlelerinden meydana gelen yüksek bir duvarla kapandı. 16 yaşındaydım, bisiklete atlayıp okul arkadaşlarımla oraya gittim ve gördüklerim çok hoşuma gitti. Yüzyılın ikinci en soğuk kışı 1947'ninkiydi. 12 Mart buz gibi bir gündü ve yirmi dört saat dona çekti. Daha önce hiç bu kadar geç bir tarihte don olmamıştı. Ertesi gün buzkıranlar Ren-Schie Kanalı'nda yola koyulmuştu ve ben dünyaya geldim. Ama ardından yüzyılın en sıcak yazı görüldü –Hollanda'nın havasında istenilmeyen bir değişikliği bu ve belki geride şimdi itiraf etmek isteyeceğimden daha fazla izler bıraktı.

1975'te –hâlâ Ponte'ye göre– Amerikan National Academy of Sciences [Amerikan Milli Bilimler Akademisi] şu ifadeyi içeren bir rapor yayımlıyordu: Sıcaklıktaki düşüş böyle devam ederse, bir sonraki yüzyıl içinde yeni bir buzul çağına başlama ihtimali olabiliirdi. Bu ihtimalin büyüklüğü tartışmalıydı ve bundan dolayı mümkün ölçüde dikkatli formüle edildi: On binde bir. Bilim alanında uzman İngiliz gazeteci Nigel Calder'ın görüştüğü başka bilim insanları, bu ihtimalin onda bir olduğunu düşünüyorlardı. Amerikan National Centre of Atmospheric Research'den [Amerika Atmosfer Araştırması Milli Merkezi], günümüzde *global-warming* [küresel ısınma] konusunda en yüksek sesle uyarıda bulunanlardan biri olan Stephen Schneider bu ihtimali Rus ruletiyle kıyaslıyordu. Başka bazı kimseler daha sıcak iklimlere doğru bir trend değişikliği olacağına inanıyorlardı, bununla birlikte ağır basan görüş *global-cooling* [küresel soğuma] yönündeydi. Amerikalı ve Rus araştırmacılar, arktik sularının kutup denizlerinden Büyük Okyanus'a gelmesini engellemek için Bering Boğazı'nı bir barajla kapatmayı planlıyorlardı.

Şimdiye kadar defalarca kolektif bellekten söz ettik. Gerçi 1940 ila 1975 arasında iklimin daha soğuk olduğunu biliyoruz, bu bütün istatistiklerde, bütün elkitaplarında var ve bu soğumanın kesin sebebi hâlâ tartışılıyor. Ne var ki bunun yarattığı duyguları, bilim insanları arasındaki şiddetli tartışmaları, politikacılarda uyandırdığı kaygıları, soğuk savaşın ortasında devletler arası dengelerde ve gelişmekte olan ülkelerin kırılgan ekonomilerinde yol açtığı sonuçları unuttuk. Ponte kitabını şöyle özetliyordu: “The global cooling presents humankind with the most important social, political and adaptive challenge we have had to deal with for ten thousand years.” Korkularının yersiz olduğu anlaşılıyor, çünkü sıcaklık 1977'de yükselmeye başladı. Ponte bir trend değişikliğini hesaba katmamıştı. Gelgelelim 30 yıl sonra aynı derecede ürküyoruz ve tamı tamına aynı sözleri kullanıyoruz. Sadece bugünün gündeminde ısınma var. Ya bir 30 yıl sonra ne olacak?

Erken olgunlaşan bir *uomo universale* [evrensel insan] olan ve daha 15 yaşındayken astronominin tarihi üstüne bir kitap yazan İtalyan şairi Giacomo Leopardi (1798-1837), 1823'te *Pensieri*'de (Düşünceler, 1845'te ölümünden sonra yayımlandı) şöyle yazıyordu:

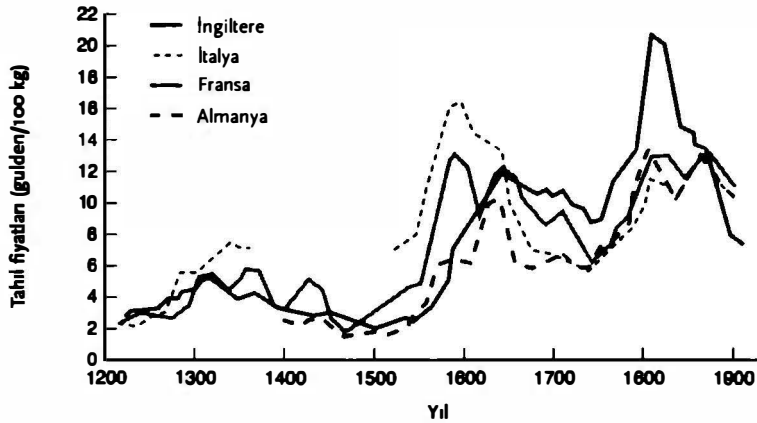
“Yaşlı insanlar mevsimlerin hep soğuduğunu ve kışların hep uzadığını söylerler. Onların zamanında daha paskalyada kışlık giysilerini kaldırır ve yazlıklarını çıkarırlardı, ama artık bunu mayısta, bazen de ancak haziranda yapabiliyorlar.”

Genç Leopardi, ama bu doğru olamaz, der. İki yüzyıl önce yaşamış olan şair Lorenzo Magalotti'nin bir hikâyesine işaret eder. Magalotti daha 1683'te, kendisi paskalyada bile kışlık giysi giyerken babasının paskalyayı hâlâ yaz kıyafetiyle kutladığını ileri sürüyordu. “Leopardi, “Eğer İtalya’da iklim yüzlerce yıldır soğuyorsa, o zaman artık Grönland’taki kadar soğuk olması gerekirdi,” diyordu. “Yaşlılar sadece geçmişe özlem duyuyor ve soğuga eskisi kadar dayanamıyorlar.”

Ancak Leopardi ile Magalotti'nin ihtiyarları pekâlâ haklı olabilirlerdi, çünkü onlar 1430'da başlayan ve 1600 dolayında, bir de daha sonra 1830'larda uç değerlerine ulaşan küçük buzul çağında yaşıyorlardı. Ne yazık ki Leopardi'nin kendisi onlar kadar uzun yaşamıyordu, yoksa kendi iddiasını bizzat çürütebilirdi, zira iklimin günümüze kadar süren ısınma süreci tam da onun vakitsiz ölümünden hemen sonraki yıllarda başlıyordu. O zaman Leopardi bugünkü ihtiyarlar gibi havanın eskisinden çok daha yumuşak olduğunu söyleyebilirdi. O trend değişikliğini göremeyecek denli erken öldü. İhtiyarlarımızın *bireysel* iklim belleği besbelli mükemmel işlev görüyor, ne var ki gençler onları doğru dürüst dinlemiyor ve böylece kuşaklar arası *kolektif* bellek güvenilir olmaktan çıkıyor.

Esasen Leopardi mülâhazalarını, hikâyesinin Dünya'nın iç soğumasıyla ilgili olmadığını belirterek sonlandırır: Bunun, bırakın birkaç yılı, düzinelerce yüzyılda bile belli olmayacağı fikrindedir. Onun jeolojik zaman duygusuna sahip olduğunu gerçekten kabul etmek gerekir. Lyell'in çağdaşı olan biri için pek fena sayılmaz.

Küçük buzul çağı, ortaçağın önceki sıcak zaman dilimine kıyasla bir hayli daha kötü bir iklim dönemine işaret eder. O dönemde Güney İngiltere’de bağıcılık son buldu ve Vikingler Grönland’taki yerleşimlerini terk etmek zorunda kaldılar. İskoçya’da o denli çok kötü hasat oldu ki 100.000 Protestan İskoçyalı Katolik Kuzey İrlanda’ya göç etti ve bu kavimler göçü

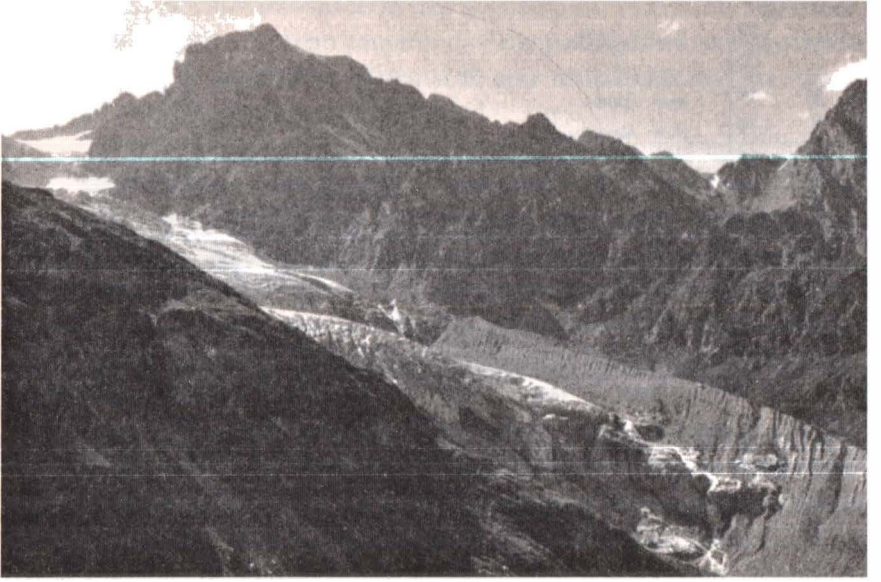


Şekil 44. Ortaçağ'dan beri Avrupa'da tahıl fiyatları.

günümüze kadar etkilerini sürdürdü. O dönemde tahıl fiyatları da yukarıya fırladı (Şekil 44).

İzlanda'da balıkçılar yüzen buz kütlelerinin kıyılarda yıldan yıla nasıl çoğaldığını görüyorlardı. Alpler'de ve dünyanın başka başka yerlerinde buzullar da önemli ölçüde büyümeye başlıyordu. İsviçre'deki Gietroz Buzulu o denli hızlı büyüyordu ki Drance Vadisi buzla tıkanıyordu. Buzdan bent 1818'de kırıldığında Bagnes Köyü'nü sel basıyor ve 70 insan ölüyordu. 1600 ila 1610 arasında Fransız Alpleri'ndeki Chamonix yakınında üç köy bu şekilde yok oluyordu. Bu köylerden biri olan Le Châtelard 1200 dolayında, ortaçağın tam da buzulların bir hayli geri çekilmiş olduğu sıcak döneminde kurulmuştu. O yıllardan kalma ahşap bir sukmeri yaklaşan Aletscher Buzulu tarafından parçalanmıştı. Bundan alınacak ders Hazar Denizi'ndekinin aynısıdır: Çekilen buzulun sana verdiği toprağı kullanma, çünkü buzul tekrar geri dönecektir! (Şekil 45).

Bologna'dan Amsterdam'a giden uçakta oturuyor ve pencereden dışarı bakıyorum. Gökyüzü pırıl pırıl. Alpler'in üstünden geçiyoruz. Güzün sonuna yaklaşıyoruz. Doruklarda ilk kar takkeleri görülüyor. İşte orada, er-

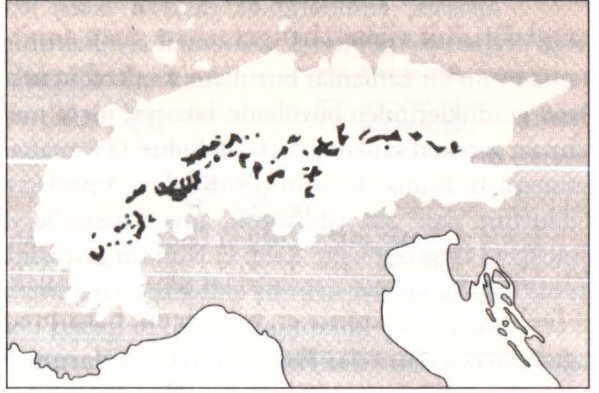


Şekil 45. Kafkasya'daki Schelda buzulu, 1991. Buzulun üst yanındaki keskin sınır, buzun küçük buzul çağındaki seviyesini gösteriyor. İklim ısınması sonucu şu anda buzul buzunda, II. Dünya Savaşı'nda Kafkasya üstünden Bakü'deki zengin petrol yataklarına ulaşmayı deneyen Alman askerlerinin cesetleri meydana çıkıyor.

miş bir kardan adam gibi Como Gölü uzanıyor. Gözlerimi alamadığım harika bir görüntü bu.

Derken birden dikkatimi çekiyor. Alpler boş! (Şekil 46). Alpler, birinin devasa bir dondurma kaşığıyla içinde derin, oyuk şekiller yarattığı bir rokoko⁶ gibi görünüyor. O denli çok kaymak dondurma topları çıkarılmış ki bu izlerin arasında geride sadece küçük, üç köşeli uçlar kalmış. Bunlar dağlar. Onların dışında boşluk hüküm sürüyor. Bir zamanlar dolu olmuş olması gereken derin, boş vadiler. Etsiz bir iskelet, yumurtasız bir yumurta kartonu. Bu doğal değil. Alpler'in dolu olması gerekirdi. Bir tek büyük, parıltılı, buzdan dağ olmalıydı, yer yer de küçük bir kayalık uç görünmeliydi. Bugün Güney Grönland üstünden uçtuğumuzda gördüklerimize benzemeliydi. Alpler niçin boş?

Şekil 46.
Olmaması gerektiği haliyle
(buzla kaplı) Alpler.
Siyah lekeler günümüzde
buzul çağı buzullarından
artakalanı gösteriyor.



Bunu ilk kavrayan Louis Agassiz olur. Küçük buzul çağıının en uç noktada olduğu bir sırada bu İsviçreli fosilbilimci (1807-1873) büyük buzul çağıından dem vurur. O Georges Cuvier'nin bir öğrencisidir ve fosil balıklar üzerinde uzmanlaşmıştır, ama keskin gözleri ve kulaklarıyla yeniliklere açıktır. 1834'te Luzern'de, doğa tutkunu ve Bex'teki bir tuz madeninin müdürü olan Jean de Charpentier'nin bir konferansını ziyaret eder. De Charpentier, Alp buzullarının bir zamanlar şimdikinden çok daha büyük olduğunu iddia eder. Aşağıda Rhône Vadisi'nde bir kayanın üstünde sadece buzullardan kaynaklanabilecek sıyrıklar görmüştü. Ayrıca beklenmedik yerlerde ancak buzun oraya getirmiş olabileceği granit blokları bulmuştu. Agassiz bunlara önce inanmaz, ama 1836'da yine de Charpentier'nin onu Chamonix yakınındaki Argentièrre ve Mer de Glace buzullarına götürmesini kabul eder, bugün bildiğimiz üzere söz konusu buzullar o sırada azami genişliklerine ulaşmıştı (Şekil 47).

Agassiz, Charpentier'nin haklılığına ikna olur ve bu keşfin önemini kavrar: "Buzul çağı" kavramı doğmuştu. Agassiz buzul çağı kuramını öylesine misyonerce bir hevesle temsil eder ki –"buzul çağı" sözünün esas sahipleri olan– mühendis Ignace Venetz ve botanikçi Karl Schimper unutulur giderler. Onlar Agassiz'i asla affetmeyeceklerdir.

Bazı bilim tarihçileri Agassiz hakkında ağır bir yargıda bulunur: O asla düşünüp ortaya bir şey koymamış, aksine daima yolu üstünde bulduğundan becerikli bir şekilde yararlanmıştı. Bir tür 19. yüzyıl Bill Gates'i.

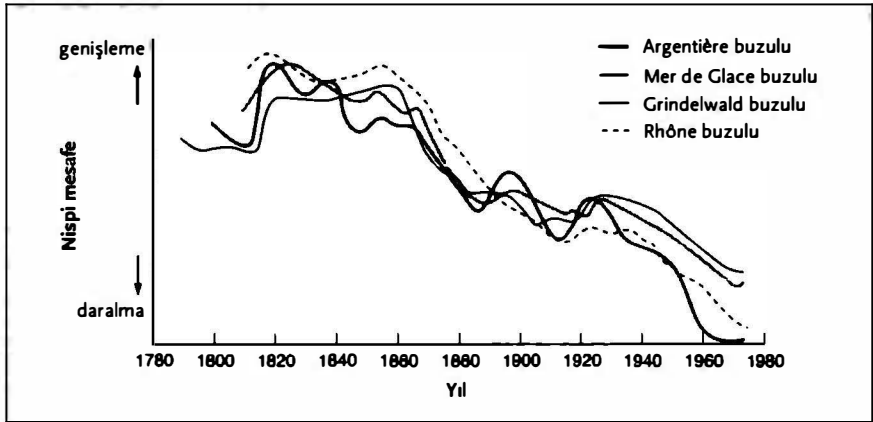
Agassiz, Edinburgh'da yaşayan İskoç jeolog William Buckland'ı 1838'de Jura'ya⁷ götürerek ona buzul sıyrıklarını gösterir, bunlar Alpler'in tamamının bir zamanlar buzullarla kaplı olduğuna işaret etmektedir. Buckland gördüklerinden büyülenir. İskoçya, uzun mesafeler boyunca taşınmış olması gereken sapkantaşlarla⁸ doludur. O zamana kadar kimse bunları dert etmemişti: Bunlar tufanın çürütülemez kanıtlarıydı. Bizde de olduğu gibi "diluvium"dan⁹ söz ediliyordu, ama Agassiz'le yaptığı yolculuktan sonra Buckland ikna olmuştu. Kaldı ki Nuh'un gemisinin aynı anda bu denli çok yerde kayalık araziyi sıyırması olduğunu savunmak bir hayli zordu.

Buzul çağı kuramından Lyell'in haberi olur. Buckland ona Lyell'in ailesinin evinden iki kilometre uzakta bir buzultaş¹⁰ gösterir ve Lyell başlangıçta ikna olmuş görünür. Daha sonra fikrini değiştirir; buzul çağı, onun tekbiçimci dünya görüşüne kesinlikle uymayan bir afettir. Şimdi Agassiz'in 1838'de elindeki *Principles of Geology* [Jeolojinin İlkeleri] nüshasının kenarına niçin şu notu düşüğünü de daha iyi anlıyoruz (krş. 3. bölüm): "But these changes, since they don't always have the same intensity in our own day, could not have worked in former times."¹¹

Gelgelelim jeolojinin ataları, her ne kadar küçük buzul çağında da olsa bir buzul çağında bizzat yaşadıklarının hiçbir zaman bilincinde değillerdi.

Agassiz'in az sayıda buzul sıyrığından Alpler'in tümünün buzla kaplı olduğu sonucunu çıkarması etkileyicidir. Buzul çağını bizzat keşfetmediği halde bunun nasıl çığır açıcı bir düşünce olduğunu fark etti. Sık sık vuku bulduğu üzere burada önemli olan bulmak değil, ne bulunduğu farkına varmaktır. Daha sonra, Amerika'ya göç ettiğinde, kavramını Amerika kıtasını içine alacak şekilde genişletebildi. Kim gözlerini açık tutarsa Central Park'taki kayalık kısımlarda buzul sıyrıklarını keşfedebilir. Hayalperestler ve çılgınlar bundan umutlanabilirler: Bazen iddialı ve büyük düşünmek yararlı olabilir, ama gelin görün ki başarı Agassiz'in başını döndürüyor ve ayrıca tüm Amazon bölgesinin bir zamanlar buzullarla kaplı olduğunu ileri sürerek şansını zorluyordu.

Yazık, çünkü megalomanca hayaline rağmen o sırada dünyanın nasıl dramatik bir şekilde bir *icehouse*'a [buzhane] dönüşmüş olduğunu tasavvur edemiyordu. Bununla kıyaslandığında, dünya çapında bir dereceyi geç-



Şekil 47. Argentière, Mer de Glace (Chamonix), Grindelwald ve Rhône buzullarının azami genişleme alanı.

meyen sıcaklık düşüşüyle küçük buzul çağı önemsizdir. Çünkü buzullar yeryüzünün dörtte birini –bugün yüzde onunu– kaplamakla kalmıyor, yüzen buzlar kuzeydeki okyanusları da kaplıyordu, deniz seviyesi 100 metreden daha fazla aşağı inmişti ve düz denizler her yerde kuruyordu. Kara, biyolojik kütlelerinin dörtte birini kaybediyordu. Gerçi Amazon bölgesinde buzul yoktu, ama yağmur ormanının bir kısmı kaybolmuş ve kimilerinin düşüncesine göre bir savanaya yer açmıştı. Ormanlar dağların arkasındaki korunaklı sığınaklara ve yeryüzünün nemli köşelerine: Gabun, Panama ve Bangladeş gibi ekvator yakınındaki batı kıyılarına çekilmişti. Amerikalıların Bering Kanalı'na set çekme hülyası buzul çağında deniz seviyesinin alçalmasıyla zaten gerçeğe dönüşmüştü. Ve Rusların Amerika'yı fethetme hülyası da zaten 10.000 yıl önce gerçekleşmişti: Sibiryalı halkları kıstaktan geçerek boş kıtaya yerleşmişlerdi.

250.000 yıl, yani sondan bir önceki buzul çağından hemen önce Maas'ın¹² sol kıyısında yerleşmiş olan Neandertal insanları yerleşimlerini terk etmek zorunda kalıyorlardı, çünkü kuruyan Kuzey Denizi'nden gelen korkunç toz fırtınaları mütevazı evlerini önüne katıp sürüklüyordu. Bunların artık mevcut olmaması yazık; bir buzul çağının altında kalmanın nasıl

olduğunu bize anlatabilirlerdi. Bu durumda onların kamp ateşi ve taş aletlerine ilişkin bilgilerimizi, bunları [Limburg'daki] Belvédere Çukuru'nda dört metrelik lös tabakasının altında bulan Leydenli arkeolog Wil Roebroeks'tan edinmek zorunda kalıyoruz.

Buzul çağı bir talihsizlik, bir afet, uğursuz bir uyarı mıydı? Başlangıçta, Agassiz ve Lyell'in zamanında öyle görünüyordu. Tufanın yerine artık buzul çağı vardı. İyi ama buzul çağının sebebi neydi? Kutsal Kitap'ta buzul çağından söz edilmez. Buzul çağı da insanların günahlarının bir cezası mıydı? [Ceza] cehennemde ateş ve karada buz muydu? Kuram sahiplerinin tasavvur ettikleri fenomenin dayandığı mekanizmayı kavrayamamaları yüzünden birçok kuram boşa çıkar. Alfred Wegener'in aklına levha tektoniğine ilişkin hiçbir makul mekanizma gelmediğinden başlangıçta kimse ona inanmıyordu. Ama bu arada sebeplerini bilmeksizin arazlara inanmaya alıştık. Baş ağrısı, sırt ağrısı ve kanserin çoğu zaman fark edilebilir sebepleri yoktur, ama kimse onların varlığını tartışma konusu yapmaz. Bütün eczacılık sanayi, niçin yardımı dokunduğunu bilmediğimiz ilaçların üretimine dayanır. Dolayısıyla bize bir cevap borçlu kaldığı için Agassiz'i affedebiliriz.

Ayrıca sonraki yıllarda yanardağ indifaları, deniz akıntılarındaki değişiklikler ve dağ oluşumları gibi konularda yeterince kuram geliştirildi. Aynı zamanda sadece bir tek değil, birden çok buzul çağının var olduğu giderek açığa kavuştu. Penck ile Brückner 1909'da yayımlanan *Die Alpen im Eiszeitalter* [Buzul Çağında Alpler] başlıklı kitaplarında her birine ait buzultaşlarıyla buzul sıyrıklarının bulunduğu dört, hatta belki altı buzul çağı olduğunu kanıtlıyorlardı. Bunlara, Güney Almanya'da Alp buzultaşlarının uzantılarını buldukları derelerin isimlerini veriyor: Yaşlısından gencine doğru ve daha kolay akılda tutabilmek için alfabetik sırayla Günz, Mindel, Riss ve Würm diye adlandırıyorlardı. Varlıkları şüpheli olan daha eski iki buzul çağı Biber ve Donau olarak anılıyordu. Buzul çağları bir tek afet yerine düzenli çevrimler haline gelmişti. Bu arada bugün 20'den fazla buzul çağı biliyoruz. Hutton ile Lyell herhalde bıyık altından gülerdi. Hutton, *Theory of the Earth* başlıklı eseriyle Newton'ın kozmik çevrimlerinin dünyevi benzerini kanıtlamayı çok istiyordu —no vestiges of a beginning, no prospect of an end.¹³ Gelgelelim yanlış yerde arıyordu: Sonsuz çevrimler tektonikte de-

ğil, iklimde yatıyordu. Ama çevrimsellik yine de buzul çağları için volkanik ya da tektonik sebepler bulmayı güçleştiriyordu: [Aranması gereken] uyarılar değil, dalgaları.

ÇEVİRMENİN NOTLARI

- 1 Mantıksız kişi dünyayı kendine uydurmaya çalışırken, mantıklı kişi kendini dünyaya uydurur.
- 2 O yüzden, insanlığın tüm gelişmesi mantıksız insanların eseridir.
- 3 İnsani gelişme buraya kadar.
- 4 Soğuma: Bir Sonraki Buzul Çağı Başladı mı? Kurtulma Şansımız Var mı?
- 5 “Küresel soğuma, insanlığı on bin yıldır uğraşmak zorunda kaldığımız en önemli sosyal, siyasi ve uyumsal sorunlarla karşı karşıya getiriyor.”
- 6 Türkiye’de unutulmaya yüz tutmuş, kaymaklı dondurma ve pasta hamuruyla yapılan bir tart çeşidi (Alm. Eistorte).
- 7 Fransa ile İsviçre arasında sınır oluşturan Jura Dağları 360 km uzunluğunda ve 19-29 km genişliğindedir.
- 8 Buzul çağlarında buzullarca sürüklenen ve genellikle tek başına duran çok iri kaya parçaları (Alm. Findling; Ing. erratic bloc/boulder).
- 9 Lat. Taşkın, tufan.
- 10 Buzulların getirip bıraktığı ve geri çekildikten sonra yüzeyde kalan taş oluşumları, moren.
- 11 Ama bu değişiklikler bizim zamanımızda hep aynı yoğunlukta olmadığına göre eski zamanlarda etkili olamamıştır.
- 12 Fransa, Belçika ve Hollanda’dan geçen 925 km uzunluğunda ırmak.
- 13 “Ne bir başlangıcın izleri, ne bir sonun beklentisi [var].”

BUZ ÜSTÜNDE BUZ

“Sine sole silet”

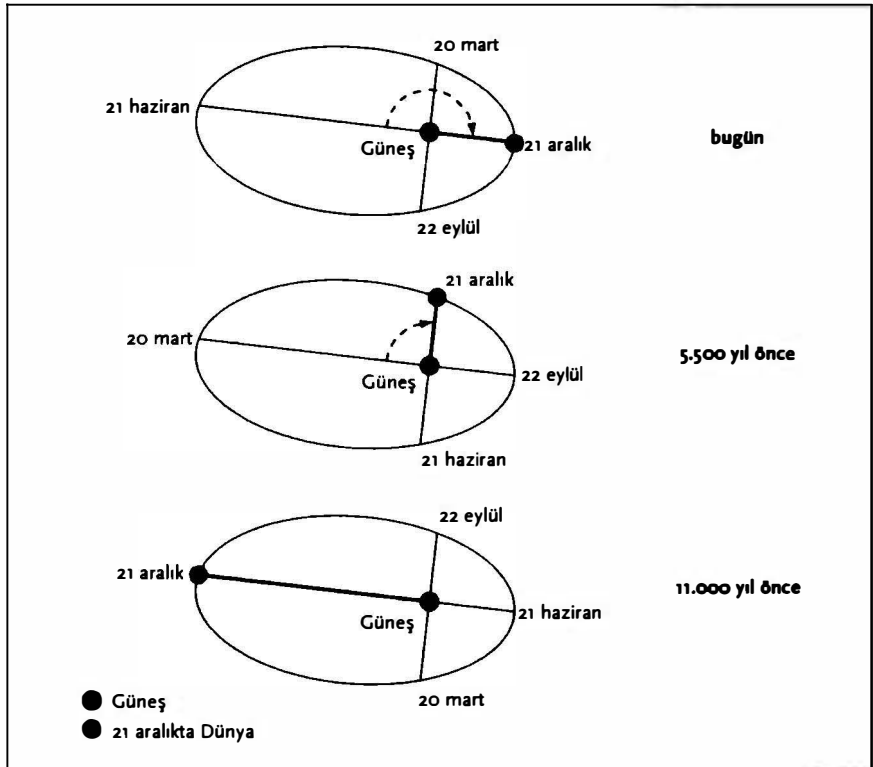
“Güneşsiz susuyor”

Bir güneş saati üstündeki ibare

Dünya kendi eksenini etrafında döndüğü, böylece Güneş'e hep diğer yanağını çevirdiği için gündüz ile gece yer değiştirir. Dünya, evrenin merkezi olmayıp Güneş'in çevresinde bir yörünge izler. Eksenini yörüngesine göre eğik olduğundan kuzey yarıküresi yılın bir yarısında ve güney yarıküresi öteki yarısında daha fazla güneş enerjisi alır. Mevsimler bundan dolayı vardır.

Nikolaus Kopernikus bu devrimci düşüncelerini 1543'te yayımlamayı göze almadan önce otuz yıldan uzun bir süre bekliyor, çok daha sonra Charles Darwin de *Origin of Species*'de benzer bir tutukluk gösteriyordu. Kopernikus'un çığır açıcı dünya görüşünün nüvesi 19 Ekim 1496'da Bologna Üniversitesi'ne girdiğinde oluşuyordu. Fikirlerinin topluma mal olması yüzyıllar alacaktı.

Eğer kısa çevrimler –gündüz ve gece çevrimi, mevsimler– astronomik süreçler vasıtasıyla yönetiliyorsa, o zaman uzun buzul çağı çevrimleri niye aynı şekilde yönetilmesin? Bu düşünce Fransız matematikçi Joseph Adhémar'ın (1797-1862) aklına geliyordu. O arada Newton gökle ilgili çevrimlerin yerçekimi vasıtasıyla yönetildiğini kanıtlamış; Kepler Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesinin daire değil, elips şeklinde olduğunu bulmuştu. Keza yer ekseninin 23.000 yıllık bir dolanım süresi içinde devindiği biliniyordu: Yer eksenini halihazırda kutup yıldızının yönünü gösterirken, 11.500 yıl önce Vega takımyıldızını gösteriyordu. Elips ve topaç hareketinin birleşimi gün-tün eşitliklerinin (ekinokslar, 21 mart ve 21 eylül) ve gündönümlerinin, yani en kısa ve en uzun günlerin (gündönümleri, 21 aralık ve 21 haziran) kaymasına yol açar. Bu, gün-tün eşitliklerinin devinimi olarak nitelenir (Şekil 48).



Şekil 48. Dünya'nın eliptik yörüngesinde ekinoksların devinimi. Günümüzde kışlar yazlardan yedi gün daha kısadır, 11.000 yıl önce yazlar kışlardan yedi gün kısaydı. Dünya'nın Güneş'in etrafındaki yörüngesi eliptik olmasaydı (dışmerkezlik=0), yaz kış arasında hiçbir fark olmazdı.

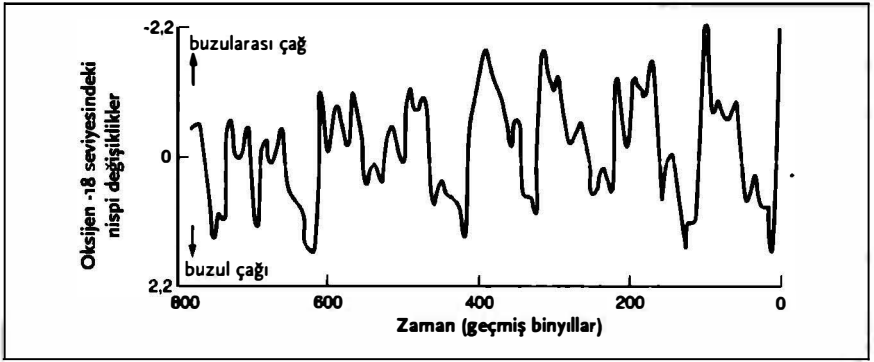
Bütün bunların nihai etkisi, yaz mevsiminin şu anda kuzey yarımkürede kıştan yedi gün daha uzun sürmesidir; 11.500 yıl önce bunun tamı tamına tersi geçerliydi. Adhémar, *Révolutions de la Mer, Déluges Périodiques* (1842) adlı kitabında buna bir ihtimal buzul çağlarının sebebi olabileceğini yazıyordu. Otodidakt bir İskoç olan James Croll 1867'de ikinci bir çevrimselliği keşfediyordu: Yer'in Güneş etrafındaki yörüngesinin çizdiği elipsler her zaman aynı olmayıp 100.000 yıllık devrelerle değişir. Yerin yörünge-

sindeki dışmerkezlik' yüzde 1 ila 6 arasında dalgalanır. Dışmerkezliğin düşük olduğu bir durumda devinimin etkisi de düşük olur, ama dışmerkezlik artarsa devinim de kuvvetlenir. Üçüncü değişken, yeryüzünün yörüngesinin durumu, tutulumun [ekliptik] eğiklik derecesidir; bu şu anda 23,5 derecedir (bundan dolayı model yerkürelerin hepsi eğik durur). Ama bu aç 41.000 yılda 21,5 dereceden 24,5 dereceye kadar değişir, öyle ki mevsimler arasındaki zıtlıklar bir zayıflar bir güçlenir. Fransız gökbilimcisi Urbain Le-verrier bunu 1840 dolayında keşfetti. Varyasyonlara yol açan, Güneş sistemindeki diğer gezegenlerin çekim gücüdür.

Bu fikirler Sırp gökbilimcisi Milutin Milankoviç tarafından geliştirildi. Milankoviç başlangıçta betonculuk yapıyordu, ama 1909'da hayatını bilime adamayı kararlaştırdı. Tüm savaşlar ve işgaller boyunca, ilkin Belgrad'ta ve daha sonra Budapeşte'de, Macar Bilimler Akademisi Kütüphanesi'nde bir köşede stoacı bir tutumla kendi kendine hesaplarını sürdürdü. Yer'in her noktasının yıl boyunca her an ne kadar güneş enerjisi aldığını ve bu değerlerin son bir milyon yıl sırasında tutulumun eğikliği, devinim ve dışmerkezlik vasıtasıyla değişmiş olduğunu tam olarak hesapladı. Ve bütün bunları kâğıt ve kalemle yaptı. Bu hesaplara göre Dünya her yüz bin yılda bir buzul çağından geçecek, bir milyon yılda on buzul çağı görecekti. Milankoviç 1920'de *Théorie Mathématique des Phénomènes Thermiques Produits par la Radiation Solaire* başlıklı eserini yayımlıyor, bunu 1941'de Sırpça kaleme aldığı ve daha sonra İngilizceye çevrilen *Canon of Insolation of the Earth and its Application to the Problem of the Ice Ages* takip ediyordu.

Gerçi artık buzul çağıları için kuramsal bakımdan inandırıcı bir açıklama vardı, ama o zamanlar hiç kimse bunun doğru olup olmadığını söyleyebilecek durumda değildi. 100.000, 41.000 ve 23.000 yıllık dönemsellikler o dönemde jeologların çoğu için tümüyle soyut büyüklüklerdi ve bir buzul çağından öbürüne gerçekten 100.000 yıl sürdüğünü kanıtlayacak bir yöntem henüz yoktu. Ama Milankoviç için bu bir sorun değildi ve şu veciz sözü dile getiriyordu: "History will prove I'm right."

Başlangıçta bu gösterişçilik gibi duruyordu, çünkü Willard F. Libby'nin 1949'da karbon 14 tarihlendirme yöntemini keşfetmesinden sonra, ilk sonuçlar astronomik olarak hesaplanan çevrimselliği tutmuyor görü-

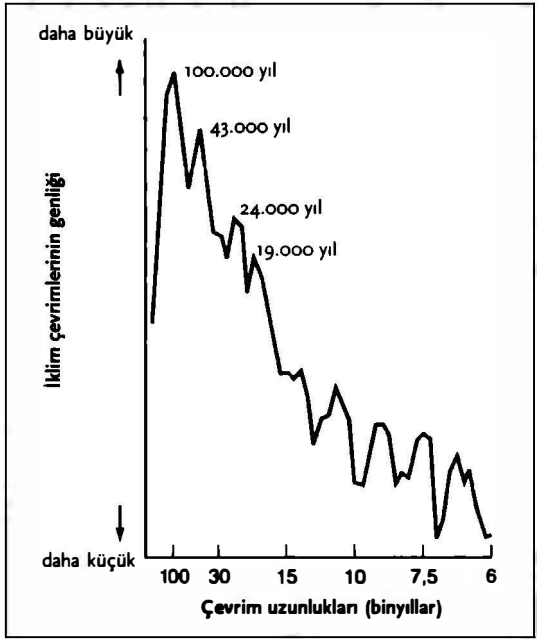


Şekil 49. Derin deniz çekirdeğindeki deliklilerin oksijen izotopları oranı.

nüyordu. Ne var ki on buzul çağını, buzultaşlarını haritalandırarak ve içlerindeki turba tabakalarını tarihlendirerek bulamazsınız. Kıtasal bir buzul çağı'nın çoğu tanığı bir sonraki buzul çağı vasıtasıyla yeniden ortadan kaldırılır. Her yeni buz takkesi öncekinin izlerini kayadan siler ve her buzul dili' eski genişleme evrelerinden kalan tüm buzultaşlarını önüne katıp sürükler. İnsan iklimin nasıl değiştiğini bilmek isterse ve bunu yaparken yaşlı İtalyanların belleğine, Kızılderili kabilelerinin sözlü geleneklerine ya da kazınmış buzultaşlarına güvenmeyecekse, o zaman bu arayışını iklimin –hem soğuk buzul çağlarında, hem de sıcak buzularası çağlarda sürekli kayıt altında tutulduğu yerlerde sürdürmelidir. Yüz binlerce yıl el değmeden kalmış yerlerde: Deniz tabanı, derin denizler ve buz takkelerinde sürdürmelidir.

Sonuçta anahtar derin denizde yatıyordu. Deniz akıntılarıyla kıtasal karadan gelen çökelti zerreleri, atmosfer tozu, uzak yanardağ indifalarının kül zerreleri ve okyanuslarda plankton olarak yüzen milyarlarca tek hücreli organizmanın iskeleti sadece orada dibe oturur. O sırada kıtasal karada bir buzul çağı'nın ya da sıcak dönemin hüküm sürmesi önemli değildir, çökeltme süreci devam eder. Deniz tabanında bir sondaj yapılırsa, o zaman bütün bu tabakalara rastlanır ve çökeltme süreci o denli yavaş –çoğu zaman her bin yılda sadece birkaç milimetre– ilerlediğinden, pek derin olmayan bir sondajla da dikkat çekici bir zamansal derinlik elde edilir. Plankton için-

Şekil 50.
Bir derin deniz sondajında
oksijen izotopları eğrisinin
spektral analizi.
Frekans-büyüklik diyagramı,
derin deniz eğrisindeki
üç çevrimsellikten
her birinin genişliğini
(nispi payını) belirtir.



deki organizmaların birçoğu kalker iskeletlidir. Kalker, kalsiyum karbonattır (CaCO_3). Plankton bunun bileşenlerini deniz suyundan alır ve söz konusu bileşenler atmosferde de rastlanan iki önemli unsuru, karbon (C) ile oksijeni (O) içerir. Oksijen elbette su molekülünde (H_2O) de bulunur. Karbonu şimdilik bir yana bırakıp oksijen üzerinde yoğunlaşalım.

Oksijen iki izotopa sahiptir: ^{16}O ve ^{18}O (oksijen-16 ve oksijen-18). Oksijen atomunun bu ikinci şeklinin çekirdeğinde fazladan iki nötron bulunur ve bundan dolayı atom birazcık daha ağırdır. Deniz suyu buharlaştığında, hafif olan oksijen-16 daha ağır olan oksijen-18'den azıcık daha kolay buharlaşır. Demek ki deniz suyunda nispeten daha fazla oksijen-18 geride kalır; başka türlü ifade edersek, deniz suyu oksijen-18 bakımından zenginleşir. Eğer su buharı kar şeklinde bir buz takkesinin üstüne iner ve orada kalırsa, o zaman hafif olan oksijen deniz suyundan kalıcı olarak ayrılır; yani deniz suyu kalıcı olarak oksijen-18 bakımından zenginleşir. Ancak buz tak-

kesi yeniden eridiğinde, oksijenin daha hafif olan şekli eriyen suyla birlikte tekrar denize geri döner.

Kalker iskeletli plankton organizmaları, esas olarak delikliler, iskeletleri için [gerekli] oksijeni aynen suda hüküm süren izotop ilişkileri içinde kullanır. Buz takkelerinin çok ve deniz suyunun oksijen-18 bakımından nispeten zengin olduğu soğuk dönemlerde keza kalker iskeletler de oksijen-18 bakımından nispeten zengindir. Buz örtüsünün az olduğu sıcak ara dönemlerde elbette oksijen-16 bakımından daha zengindirler. Ve böylelikle yeryüzündeki buzun hacmini ölçmek için elimizde bir yöntem var.

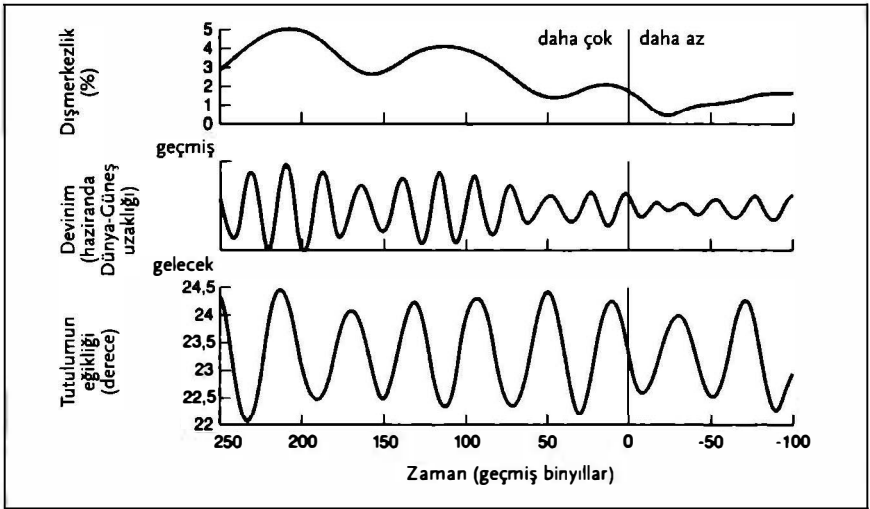
Çökeltilerdeki kalker iskeletlerin oksijen izotopları oranı derin deniz sondajlarıyla belirlendi ve ortaya irili ufaklı tepe ve dip noktalarının bulunduğu karmaşık bir eğri çıktı (Şekil 49). İlk bakışta bu eğriyle pek bir şey yapamazsınız. Ancak bir matematik tekniği olan spektral analizin yardımıyla bu karmaşık eğri kendi içinde bölünebilir ve birbirinden farklı üç düzenli çevrim halinde bir araya getirilebilir: 100.000 yıllık bir çevrim, 43.000 yıllık bir çevrim, 24.000 ve 19.000 yıllık bir çifte çevrim.

Zaman eksenini üzerindeki frekanslar büyüklükle ilişkilendirilirse, o zaman yeniden bir tür frekans-büyüklük diyagramı olan büyüklük spektrumu elde edilir.*

Denilebilir ki: Gutenberg-Richter diyagramı depremlerle yanardağ indifaları için, uyarı olarak zaman için ne ise, büyüklük spektrumu da çevrimsel süreçler, dalga olarak zaman için odur. Aslına bakılırsa Aleksandr Adamoviç Svitoç'un Hazar Denizi seviyesi dalgalanmalarına ilişkin diyagramıyla (bkz. Şekil 13). ifade etmek istediğinin aynısını dile getirir: Hazar Denizi'nin su seviyesi değişik büyüklük ve dalga uzunluğundaki çok sayıda iniş çıkışla belirlenir.

Derin deniz sondajlarının frekans-büyüklük diyagramından, 100.000 yıllık çevrimin azami büyüklüğe sahip olduğunu görebiliriz (Şekil 50). Bunlar tam olarak Adhémar, Leverrier, Croll ve Milankoviç'in önceden tahmin ettikleri çevrimselliklerdir. Hays, Imbrie ve Shackleton 1976'da

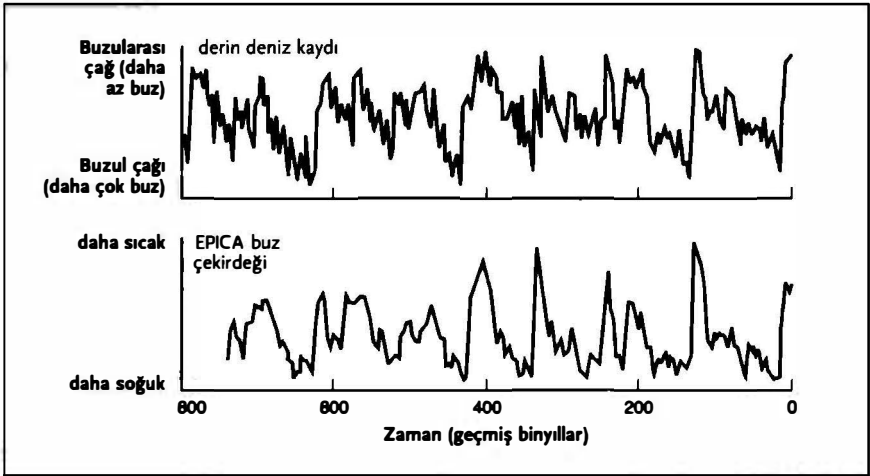
* İngilizcede, dikeyksen üzerinde sık sık büyüklüğün karesi temsil edildiği için *power spectrum*'dan söz edilir. Ben bu kitapta frekans-büyüklük diyagramı terimini, depremlerle olan benzeşimi vurgulamak amacıyla büyüklük spektrumu için de kullanacağım –yazarın notu.



Şekil 51. Derin deniz eğrisini meydana getiren münferit eğriler.

Science dergisindeki makalelerinde, “Variation’s in the earth’s orbit: pace-maker of the ice ages,”⁵ diye yazıyorlardı. Bunun tam olarak nasıl işlediği henüz açıklığa kavuşmamış olsa da bu bir dönüm noktasıydı. Milankoviç bu sürecin sonunu göremese de kendine duyduğu güven temelsiz değildi: Tarih onu gerçekten haklı çıkardı.

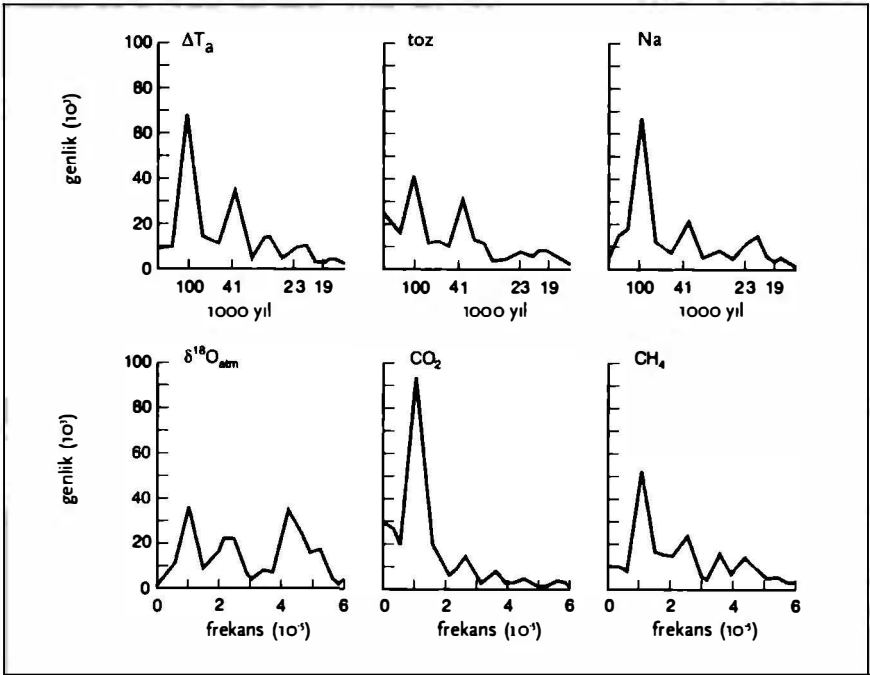
Derin deniz çekirdeğindeki oksijen izotoplarının eğrisi, yansımasını Grönland ve Antarktika’nın buz takkelerinde bulur (Şekil 51). Bu mantıklı, çünkü buz takkelerine düşen yağış, deniz suyuyla kıyaslandığında oksijen-16 bakımından zenginleştirilmiştir. Bundan başka oksijen-16 ile oksijen-18 ilişkisi düşen karın sıcaklığına bağlıdır. Danimarkalı paleoklimatolog Willi Dansgaard 70’li yıllarda varyasyonları ölçmek için Grönland buzunda sondajlara başlıyordu. Bu ilk başta elbette lojistik sebeplerle bir çocuk oyunu değildir: Yeryüzünün en ıssız yerlerinden birine her türlü cihazı taşımak gerekir. Ondan sonra bizzat seçmediğiniz insanlarla birlikte plastikten bir kubbenin altında aylarca yaşarsınız. Buzu delmek gerekir, ama sürtünmeyle erimesinden kaçınılmalıdır. Son derece kıt miktardaki



Şekil 51. Derin deniz eğrisini meydana getiren münferit eğriler.

numuneleri çok sayıda farklı maddeye yönelik olarak araştırmak zorundasınızdır. Bilimsel bakımdan da bir meydan okumayla karşı karşıyasınız, çünkü buzullar ile buz takkeleri hareket halindedir. Bunlar yukarıdan yağın karla meydana gelir, buzun fazla olan kendi ağırlığı onun akmasını sağlar ve Grönland'taki gibi buz takkelerinin kenarlarında eriyerek ya da Antarktika'daki gibi buzdağlarının yavrulamasıyla yok olur. İnsan adeta çökmekte olan düz bir pudingin üstünde çalışır. Sondaj yanlış yerde yapılırsa kayıtlar akıntı yüzünden bozulur ya da erime dönemlerinden dolayı kimi tabakalar eksik olur.

Bu çabaların ödülü olarak, karın ve son yüz bin yıllar boyunca onun içinde kapalı kalmış hava kabarcıklarının bileşimine dair sürekliliği olan bir kayıt elde edersiniz. Bunun ne kadarlık bir zaman dilimini kapsayacağı, yağın yıllık kar miktarına bağlıdır. Grönland'a yıllık ortalama yarım metre kar düşer ve yaklaşık üç kilometre kalınlığındaki toplam buz takkesinin zamansal derinliği yüz bin yıl kadardır. Antarktika buz takkesi aynı Grönland'ınki kadar kalındır, ama orada yılda beş santimetre dolayında kar düştüğünden kaydedilmiş zaman dilimi yaklaşık on kat daha uzundur. Gelgelelim



Şekil 53. Vostok'un [Rus Araştırma İstasyonu] Antarktika'dan alınan ve dört buzul çağını (400.000 yıl) temsil eden [buz] çekirdeğine göre sıcaklık, toz muhtevası, sodyum muhtevası, oksijen izotopları oranı, karbonik asit gazı ve metandaki dalgalanmalar için frekans-büyüklik diyagramı.

kayıtların hassasiyeti belirgin olarak daha düşüktür. Bir Avrupalı-Rus ekibinin yakın dönemdeki EPICA⁶ sondajında 740.000 yıllık bir zaman dilimi içinde yedi buzul çağının izleri bulundu, bu ilk derin deniz sondajında bulunan rakamla aynıydı (bkz. şekil 52). İki eğriyi yan yana koyarsak çarpıcı bir uyum olduğunu görürüz. İki eğri, kuşkuyla yer bırakmayacak şekilde, Milankoviç'in hesaplamış olduğu gibi son yedi buzul çağı ve bunların arasında kalan sıcak dönemler boyunca güneş enerjisinin yaydığı ışınlardaki varyasyonları temsil eder.

Bunları hâlâ inandırıcı bulmayan, buz verilerinden depremlerdeki gibi bir frekans-büyüklik diyagramı elde edebilir. Bu Şekil 53'te altı değişik

analiz için temsil edilmiştir: Sıcaklık (oksijen izotopları vasıtasıyla belirlendi), toz zerrelere (toz ne denli çoksa, yağış o denli azdır), Na (sodyum, karadaki deniz tuzu kristallerinin miktarı için bir ölçüdür; deniz tuzu ne denli çoksa, rüzgârlar o denli şiddetlidir), zaten bildiğimiz oksijen izotopları ve buzun hava kabarcıkları içinde bulunan karbondioksit ve metan miktarları. Ve bunların hepsi aynı doruk noktalarını gösterir: Dışmerkezlik, tutulumun [ekliptik] eğiklik derecesi ve devinim [presesyon]. Tıpkı Milankoviç'in önceden tahmin etmiş olduğu gibi. Yani Dünya'nın Güneş'in etrafındaki yörüngesinde meydana gelen küçük değişikliklere buzul çağlarının sebep olduğundan şüphe etmek artık mümkün değildir.

Bilimin nasıl işlediğini çok güzel örnekler bu. Agassiz bir buzul çağının varlığını benimser; Milankoviç bunun sebebine işaret eder, ama hipotezinin doğruluğunu kanıtlayamaz; Hays ve başkaları derin deniz eğrileri ile Milankoviç'inkiler arasındaki uyumu, keza EPICA ekibi ve öncülleri bunların buzla ilişkisini keşfederler. Milankoviç'in hipotezi doğrudur. Ne var ki bütün bunları bildiğimiz halde, Dünya'nın yörüngesindeki değişikliklerin *neden* böyle dramatik iklimsel sonuçları olduğunu hâlâ kesin bilmiyoruz. Astronomik sebepler ile dünyevi geri besleme mekanizmasının etkileşimi, William Ruddiman'ın *Earth's Climate, Past and Future* (2001) başlıklı anıtsal kitabında harikulade tasvir edilmiştir.

İklim çevrimsellikleri fraktal bir dağılım da gösterir mi? Dışmerkezlik gibi uzun dalgalı oynamaların büyüklüğü de daha mı fazladır? Derin deniz ve buz takkelerinin frekans spektrumlarına şöylesine bir göz atıldığında bu sorulara olumlu bir cevap verilecektir. Ancak bu sadece görünüşte böyledir. Dışmerkezlik sadece son 900.000 yılda başrolü oynar. Ondan önce en önemlisi yeryüzünün 41.000 yıllık eğik çevrimiydi. Ve bu elbette çok kısa zaman cetvellerinde de doğru değildir. Kutuplarda yıllık dalgalanmalar günlüklerden daha büyüktür, çünkü uzun karanlık yarım yıllık kış ve uzun aydınlık yaz sırasında gündüz ile gece arasında hemen hemen hiç fark yoktur. Oysa ekvatorda tam tersi bir durum söz konusudur: Yaz ile kış arasında hiç fark yoktur, günlük sıcaklık farklılıkları yıllıklardan daha fazladır. Frekans ve büyüklük birbirinden bağımsız hareket eder. Fraktaller konsepti iklim çevrimlerinde işlev görmez. Neden görmez? Çünkü sözgelimi dep-

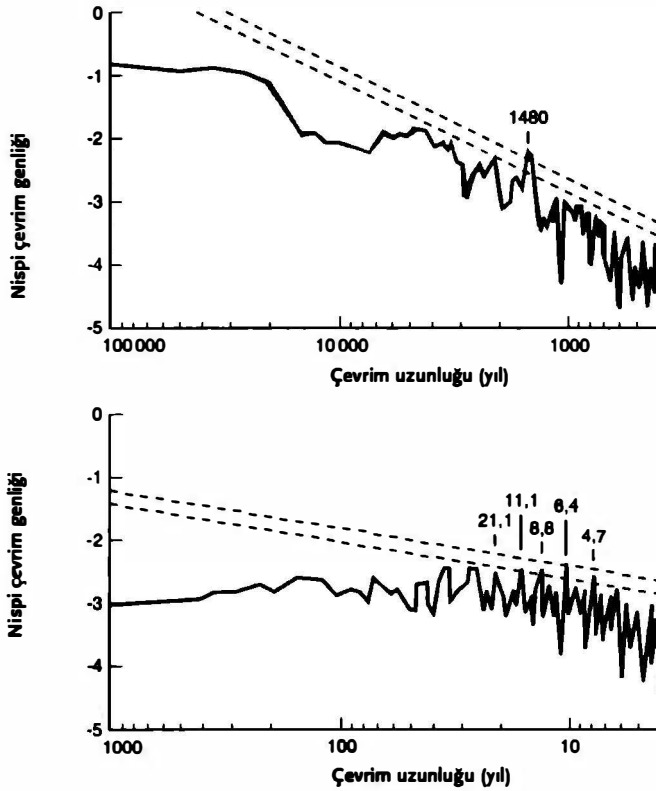
remlerin aksine iklim dalgalanmalarının farklı zaman cetvelleri içinde farklı sebepleri olabilir.

Daha önceki derin deniz frekans-büyükölçek diyagramına (Şekil 50) bir kez daha dikkatle bakalım. Diyagramın sağ tarafında, devinim [presesyon] çevrimlerinden daha küçük bir ölçek olan binyıl basamağında birkaç küçükçe doruk noktası görülür. Bunlar keza son buzul çağının Grönland buz tabakaları içinde önemli ölçüde temsil edilir. Kâşiflerinin adlarıyla Dansgaard-Oeschger çevrimleri olarak anılırlar. Frekans-büyükölçek diyagramı (bkz. Şekil 54), iklimdeki küçük doruk noktalarının 1480 yıllık bir dönersellik gösterdiğini ifşa eder.

Bu binyıllık dalgalanmalar ne anlama gelir? Milankoviç astronomik hesaplarını yaparken bunlara rastlamamıştı ve Dünya'nın yörüngesinin birkaç bin yıllık bir dönem içerecek çevrimsellikleri bilinmiyor. Oysa dalgalanmalar birbirinden çok farklı dünyevi arşivlerde tekrar tekrar karşımıza çıkıyor: Bunların arasında buz takkeleri, okyanuslar, mercanlar ve buzdağlarından eriyerek ayrılan ve Kuzey Pasifik'in dibinde toplanan çökeltileri sayabiliriz. Bu rastlantı olamaz. Sebep olarak yanardağ indifaları pek düşünülemez, bunun için varyasyonlar fazla düzensizdir. Peki ama, o zaman sebep nedir?

On bin yıl önce bahar geldi. İskandinavya'yı kaplayan göz alıcı buz örtüsü güneş altındaki kar gibi erimeye başladı ve Baltık Denizi açılan boşluğu doldurmak için seğırtti. Alpler de haşmetli buz takkelerini kaybetti, vadiler boşaldı ve geride içleri oyuk bir halde kaldı. Louis Agassiz'in aklına buzulların eskiden daha büyük olduğu düşüncesi gelsin diye sadece Alpler'in en yüksek doruklarında biraz buz kaldı. Mini minnacık buzul dilleri, ortaçağ sıcak döneminde ağır ağır biraz sağa sola, geriye ve yukarıya, küçük buzul çağında ise öne ve aşağıya ilerledi –ama bütün bunlar son buzul çağındaki muazzam buz kaybına kıyasla tümüyle önemsizdir. İnsan hayatında bir hıçkırıktan fazla bir şey değildir.

Grönland buz takkesi bile hâlâ mevcut olduğu için kendini talihli sayabilir. Aslında sırf kar sınırının üst tarafındaki buzun en yukarıdaki yükseltisi olduğu, yani karın yazın da eremediği yerde bulunduğu için hâlâ varlığını sürdürüyor. Buz deniz seviyesinden 1500 metrenin altında bir noktaya kadar eridiği takdirde, buz takkesi kışın tekrar kazanacağından daha fazla buz kay-



Şekil 54. Grönland'da alınan GISP2 [Greenland Ice Sheet Project/Grönland Buz Tabakası Projesi] buz çekirdeğindeki oksijen izotopları oranının frekans-büyüklik diyagramı. Toplam 80.000 yıllık çekirdekten her 200 yıl için bir numune (üstte) alınırsa, 1480 yıllık bir frekansta belirgin bir doruk noktası fark edilir. Sondaj çekirdeğinin MS 818 ile 1987 yılları arasında kapsayan en üst parçasının numunelerinde 21,1 ve 4,7 yılları (altta) arasında beş doruk noktası görülür. Sadece kesik çizgilerin üst tarafında kalan doruk noktaları istatistik bakımından önemli çevrimlerdir.

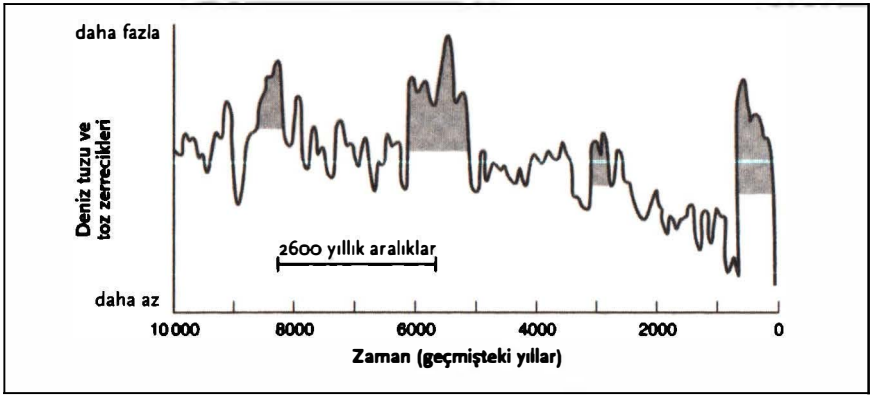
beder ve ardından çok geçmeden yok olurdu. Neyse ki hâlâ mevcut, çünkü son yüz bin yılın iklim değişiklikleri için en değerli arşivimizi oluşturuyor.

Son on bin yılda da çok farklı uzunluklarda dönemsellikler keşfediyoruz, ancak bunlar buzul çağlarındaki kadar belirgin değil. Tıpkı Antarkti-

ka'daki buz takkesinde olduğu gibi Grönland'takinde de toz ve deniz tuzu muhteviyatında varyasyonlar kaydedildi. Bunlar ilginç değışiklikler, çünkü toz ile tuz hüküm süren rüzgârın şiddetine dair sonuçlar çıkarmaya izin veriyor. Rüzgâr ne denli şiddetliyse, denizdeki dalgalar o denli yüksek olur; rüzgâr ne denli çok tuzlu su damlacığı taşırsa, buzun üstüne o denli çok tuz kristali yağar.

Grönland buzunun en üst katmanlarında azami miktarda toz ve tuz içeren bazı ilginç tabakalar keşfedildi (Şekil 55). Bunlar her 2600 yılda bir meydana geliyordu. Tıpkı Dansgaard-Oeschger çevrimlerindeki gibi binyıllık dalgalanmaların sonucuydular. Tuz ve toz muhteviyatı yükselmiş olan son dönem, geçen dört yüzyıla denk geliyordu. Küçük buzul çağı mıydı bu? Öyleyse o gerçekten mevcuttu! Oksijen izotopları da küçük buzul çağına ve ortaçağ sıcak dönemine ilişkin zayıf ipuçları verir. Ve besbelli daha başka küçük buzul çağları vardı! Sondan bir önceki doruk noktası yaklaşık 2600 yıl önce bronz çağındaydı ve bir ihtimal daha ilginçti.

Amsterdamlı paleoklimatolog Bas van Geel, çiçektozu taneciklerinin fosillerinden iklimleri yeniden tasarlama konusunda uzmandır. Hollanda'daki yüksek turbalıkların⁷ 2600 yıl önceki bir nispi kuraklık döneminden sonra ansızın (yaşlı turbalıktan genç turbalığa geçiş sırasında) büyük çapta genişlemeye başladığı dikkatini çekmişti. Anlaşılan iklim bronz çağıının ortasında birdenbire belirgin şekilde daha nemlenmişti. Rutubet Batı Frizya turbalıklarındaki köylüleri göçe zorladı. Aynı fenomen İrlanda, Polonya ve başka birçok yerde görüldü ve Kuzeybatı Avrupa'yla sınırlı kalmadı. Güney Fransa'da göllerin su seviyesi taşkın noktasına geldi, Şili'de küçük yeni buzullar oluştu. Kuzey Rusya'da Volga'nın havzasında yaklaşık 2600 yıl önceki kurak dönemden kalma eski yerleşim yerleri ansızın bir ırmak balçığı tabakasıyla örtüldü; görünüşe göre Volga o zamanlar o denli sık taşıtı ki yöre sakinleri göç etmek zorunda kaldılar. Bizim kendi araştırmamızın sonucuna göre o dönemde Hazar Denizi'nde de su seviyesi yüksekti (bkz. 2. Bölüm). Nemlenen iklim Sibiry'a da bozkır bitki örtüsünün daha da genişlemesine yol açtı. O dönemde göçebe bir halk olarak yaşayan İskitler, kralları için yüksek sanatsal değere sahip altın süslemelerle dolu muazzam tümülüsler inşa ettiler. Bu dönem sondan bir önceki küçük buzul çağıydı.

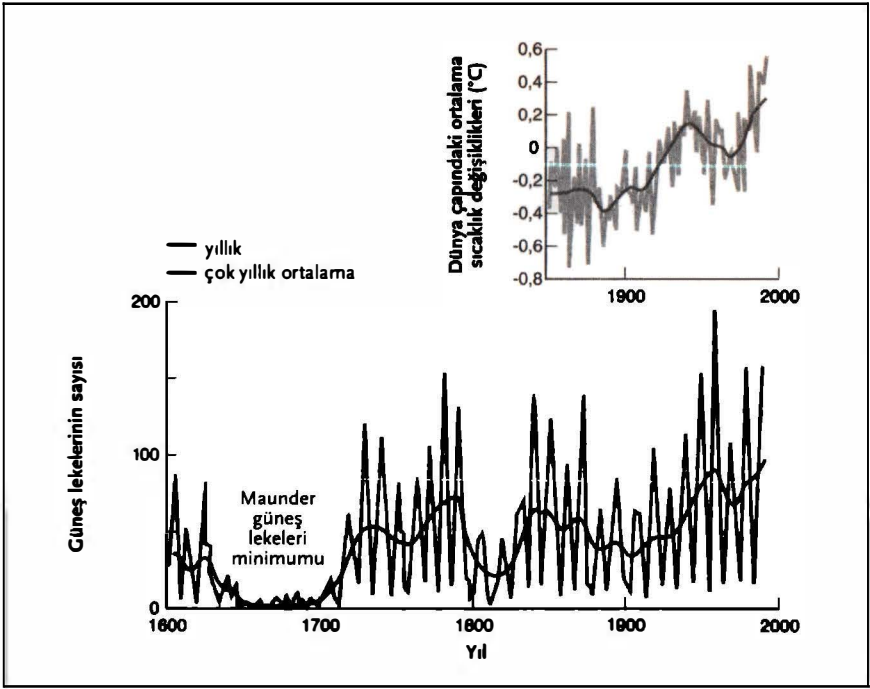


Şekil 55. Grönland buzundan alınan GISP2 sondaj çekirdeğinde son on bin yıldaki deniz tuzu ve toz azamı değerleri.

Küçük buzul çağları da, dönemsellikleri farklı olmakla birlikte Dansgaard-Oeschger çevrimleri gibi milenyum [binyıl] çevrimleridir. Gelgelelim böylelikle bu milenyum çevrimlerine neyin yol açtığı sorusunun cevabına bir adım bile yaklaşmış değiliz.

Bas van Geel muhtemel bir açıklama öneriyor. 2600 yıl önceki bu küçük buzul çağından alınan turbalık numunelerinin, karbon 14 tarihlendirme yöntemine ilişkin olarak sorunlar yarattığı onun dikkatini çekmişti. Karbon 14, atmosferde kozmik radyasyonun etkisiyle azot 14 atomlarından meydana getirilir. Bitkiler bu radyoaktif karbon 14'ü karbondioksit gazı olarak alır ve bitki yaşadığı sürece bu gazın miktarı sabit kalır. Ancak bitki ölürse karbon 14 parçalanır ve radyoaktivite azalır. O zaman bitkinin ölüm anını belirleyecek saat çalışmaya başlar. Yarılma süresi (bkz. Birinci Bölüm) 5563 yıldır.

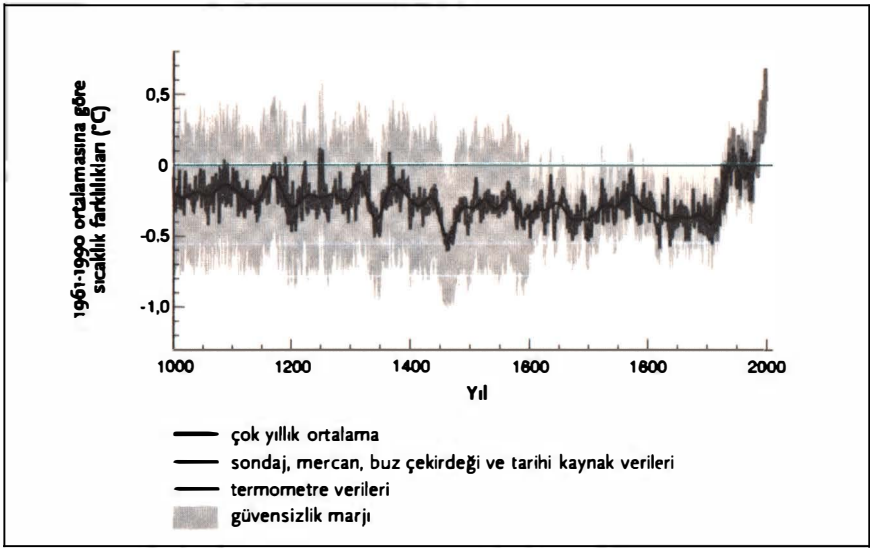
Karbon 14 ile yaş tayininin doğru olup olmadığı kontrol edilebilir. Yaşlı bir ağaçta yıl halkaları sayılır ve bir C-14 ölçümüyle kıyaslanır, ama burada sistemli sapmalar ortaya çıkar. Atmosferde üretilen karbon 14 miktarı besbelli sabit değil. Karbon 14'ün oluşumunu sağlayan kozmik radyoaktivite, güneş rüzgârı, yani Güneş'in yüzeyinden çıkan yüklü parçacıklar tarafından kısmen perdelendir. Güneş rüzgârı ne denli şiddetliyse, kozmik rad-



Şekil 56. Küçük buzul çağından bugüne kadar güneş lekelerinin sayısı (bilinen 11 yıllık çevrimin ortalama değerleri) ve dünya çapında ortalama sıcaklıklar. Maunder Minimumu, küçük buzul çağına en soğuk dönemleriyle çıkarır. [Bu grafikte] 1945-1975 arasındaki soğuma da okunabilir.

yoaktivite ve karbon 14 yoğunluğu da o denli az olur, aksi durumda bunun tersi geçerlidir.

Özellikle milenyum çevrimlerinde güneş rüzgârı zayıf ve karbon 14 oluşumu güçlü görünür. Son küçük buzul çağına, Hutton, Lyell, Darwin ve Agassiz'in döneminde ve 19. yüzyılın başında Alp buzullarının azami genişlemesi sırasında hemen hemen hiç güneş lekeleri yoktu (bkz. Şekil 56), keza güneş rüzgârı da azdı, çünkü güneş lekelerinin daha az olması aynı zamanda Dünya'ya gönderilen güneş enerjisinin az olması demekti. Küçük buzul çağındaki daha düşük sıcaklıklar için burada muhtemel bir açıklama yapıyor, ancak bu konuda hâlâ canlı bir tartışma sürüyor.



Şekil 57. Hokey sopası eğrisi: Son milenyumda dünya sıcaklık ortalaması.

Bu arada küçük buzul çağına hiç inanmayan ya da en azından milenyum çevrimlerinin dünya çapında uygun adım ilerlediğine inanmayan insanlar da olduğundan söz etmeden geçmemeliyiz.

Amerikalı iklimbilimci Michael Mann ve başkaları çok çeşitli verilere dayanarak, 1000-2000 yılları arasındaki zaman diliminde ortalama sıcaklıkları dünya çapında yeniden tasarladılar. Söz konusu eğriden, 20. yüzyılın yüksek sıcaklıklarının tamamen olağandışı olduğu ve yakın geçmişin tüm jeolojik tarihi içinde örneği bulunmadığı anlaşıyor. Bu eğri *hockeystick* [hokey sopası] olarak tanındı (Şekil 57). Eğri, küçük buzul çağı ve ortaçağ sıcak dönemi gibi belirgin, tarihsel olarak çok iyi belgelenmiş iklim dalgalanmalarının seçilen araştırma yöntemi yüzünden görüş alanından tümüyle kaybolduğunu açık seçik gösteriyor. Bunlar başka yerlerdeki sıcaklıkla telafi edilen ve dolayısıyla eğride ifade edilmeyen bölgesel dalgalanmalardan mı ibaretti? Ben şahsen buna inanmıyorum. Küçük buzul çağıının bu zultaşlarını Avusturya'nın Alpler'inde, Kolombiya, Peru ve Bolivya'nın



Şekil 58. 1400-1950 arası zaman dilimi

Andlar'ında, Sibiry'a'nın Altaylar'ında, Kabardey-Balkarya'nın Kafkaslar'ında gördüm; bu olay en azından dağlık bölgelerde evrensel olarak vuku bulmuş görünüyor. Belki bu Mann'ın *multi-proxy* [çoklu vekil] yaklaşımından, yani yıl halkaları, mercanlar, buz takkeleri ve tarihsel bilgilerden edinilen sözde sıcaklık verilerinin, *proxy*'ler⁸ [vekiller], bütünleştirilmesinden kaynaklanıyor. Belki iklim dalgalanmalarının ılıman kuşaklardakilerden daha hafif bir etkisinin olduğu tropikal bölgelerden alınan veriler nihai eğri üstünde aşırı bir etki yarattı.

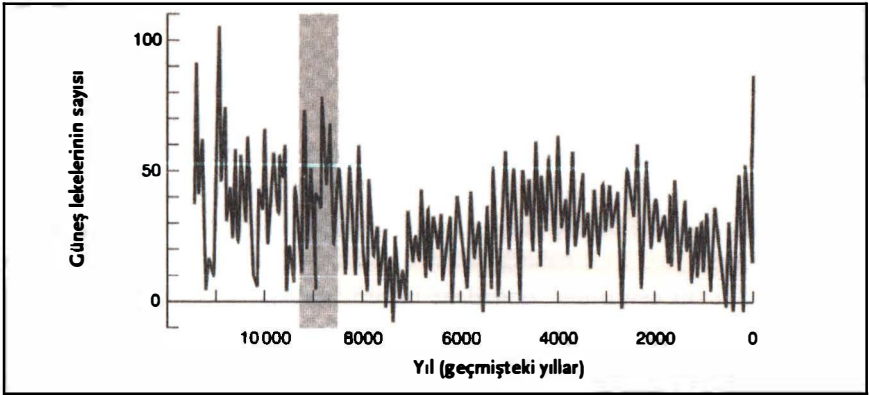
Bu arada, dışlanmış iki bilim insanı, Kanadalı Stephen McIntyre ile Ross McKittrick, Mann'ın verilerini eleştirel bir bakışla yeniden hesapladılar ve ortaçağ sıcak döneminin 20. yüzyıldan bile sıcak olduğu tamamen farklı bir eğriye ulaştılar (Şekil 58). Mann'ın *hockeystick* modeline aykırı olan değerleri bilinçli olarak kendi veri tabanının dışında bıraktığını ve istenilen sonuca varmak için caiz olmayan istatistiksel süreçlere başvurduğunu kanıtladılar. Mann'ın tepkisi iyi şeyler vaat etmiyor: Mann iki yazarın argümanlarını ele alacağı yerde, araştırmaları için petrol şirketlerince görevlendirilmelerini suçlama konusu yaptı. Ola ki Mann ve onunla birlikte Mann'ın eğrisini çıkış noktası alan IPCC [Intergovernmental Panel for Climate Change] raporu daha da düşük seviyelere iner.

Söz konusu tartışma büyük önem taşıyor, çünkü soru şu: 20. yüzyıldaki ısınma, ırmak olarak zamanın mı (artış durmadan devam ediyor), dalga olarak zamanın mı (artış bir çevrimin parçası, eğri kendiliğinden tekrar aşağı inecek), yoksa uyarı olarak zamanın mı (artış sadece kısa vadeli, bir defalık bir doruk noktası) bir tezahürüdür? İnsanların ısınmaya tepkisi başka şeylerin yanı sıra bu sorunun cevabına bağlıdır.

Görünüşe bakılırsa politika yalnızca ilk varyantı düşünüyor. Besbel-li hiç kimse eğrinin tekrar aşağı doğru inebileceğini aklına getirmiyor. Anlaşılan sonun başlangıcını çan çalarak duyurmak istiyorlar. Bu, 2100 yılından öteye tahminde bulunmak istememekten kaynaklanıyor. Oysa ortaçağ sıcak döneminin ve küçük buzul çağıının, McIntyre ile McKittrick'in farz ettikleri gibi pekâlâ dünya çapında görüldüğü kanıtlanırsa, o zaman ikinci varyant daha inandırıcı olur. O zaman [sıcaklık] artışı, ortaçağ sıcak dönemi gibi doğal bir varyasyonun bir parçasıdır (yani insanoğlunun buradaki katkısı olsa olsa küçük bir katkıdır) ve eğilimin tekrar tersine dönmesi sadece bir zaman meselesidir. Eğer üçüncü varyant doğruysa, o zaman endişe etmek için zaten hiçbir sebep yok. Aslına bakılırsa daha önce Agassiz gibi biz de aynı dertten mustaribiz: Gerçi geçmişî kavlıyor, ama kendi gerçekliğimizi kavramıyoruz; Agassiz'in durumunda küçük buzul çağı söz konusuydu, bizimkindeyse modern sıcak dönem.

Böyle bir buz çekirdeğinin güzel tarafı şu: Ne denli yakından gözlemlerseniz, o denli çok ayrıntıyı fark edersiniz. Son binyılı örten buz takkesinin en üst kısmından her yıl bir numune alırsanız, daha da küçük çevrimsellikleri keşfedersiniz (bkz. şekil 54). Aslında bu sadece Grönland'taki buzla mümkündür, çünkü orada aynı zaman dilimi içinde Antarktika'da- kinden on kat fazla kar yağar. Frekans-büyüklik diyagramı 818'den 1987'ye kadar olan bir zaman aralığı içinde 21 ve 11 yılda bir doruk noktaları gösterir. Bu sayıları biliyoruz! Güneş lekesi çevrimi!

Güneş lekeleri daha iki bin yıl önce ilk kez Çin'de tasvir edildi, ama ilk bilimsel incelemeler hepsi de aşağı yukarı 1610 ve 1612 arasında olmak üzere Galileo Galilei, Thomas Harriot, Johan Fabricius ve Christoph Scheiner'e aittir. Eczacı Heinrich Schwabe 1843'te güneş lekelerinin 11 yıllık bir çevrimi olduğunu keşfetti, bundan dolayı [çevrim] Schwabe çevrimi diye anılır. Bu-



Şekil 59. Son 70 yılda görülen, 84.000 yıl önceki kadar şiddetli olan olağanüstü güçlü güneş lekeleri etkinliği.

nun yanı sıra 22 yıllık bir Hale çevrimi ve 80-90 yıllık bir Gleisberg çevrimi var. Bu sonuncusunun, sadece ortalama 11 yıl süren güneş lekelerinin uzunluğundaki sistemli varyasyonlarla ilişkisi mevcut. Güneş lekeleri, Güneş'in yüzeyindeki püskürmeler olup özellikle şiddetli güneş rüzgârına yol açar. Dolayısıyla güneş lekelerinin az olduğu evreler güneş etkinliğinin de az olduğu evrelerdir ve keşfedenin adıyla Maunder Minimumu olarak bilinen ve hemen hemen hiç güneş lekesinin olmadığı 1600-1700 arasındaki dönem (bkz. şekil 56) küçük buzul çağıının en soğuk aşamalarından biriydi. Amerikalı iklimbilimci Shindell'in iklim modelleri küçük buzul çağı ile Maunder Minimumu arasında gerçekten bir ilinti olduğunu düşündürüyor.

Danimarkalı meteorologlar Eigil Friis-Christensen ile Knud Lassen 1991'de kuzey yarıküredeki yıllık sıcaklık ortalamasının 1740'tan beri 80-90 yıllık Gleisberg çevrimiyle iyi uyuştuğunu kanıtladılar. Bu çevrimle, Amerikalılar ile Rusların onun yüzünden Bering Boğazı'nı kapatmak istedikleri 1945-75 arasındaki soğuma kesinlikle önceden tahmin edilmişti. O zamandan bu yana 11, 22 ve 80 yıllık çevrimler Galapagos Adaları'ndaki mercanlarda ve buzul göllerinin yıllık çökeltileri içindeki şeritli kilde de bulunmuştu. Son yetmiş yıldaki güneş lekeleri etkinliği besbelli sekiz bin yıldır görülen en şiddetli etkinlik (Şekil 59); bu *hockeystick* eğrisini açıklar mı?

Aynı Grönland sondajının yıllık katmanlarında ve başka kayıtlarda rastlanan 8,8; 6,4 ve 4,7 yıllık çevrimler daha da kısadır. Dönemsellikler, bizzat atmosfer-okyanus sisteminin çok yıllık varyasyonlarıyla: Güney Salınımı da denilen El Niño'yla ve gördüğümüz gibi muhtemelen Hazar Denizi'ndeki yüksek ve alçak su seviyelerinden de sorumlu olan Kuzey Atlantik Salınımı'yla sıkı bağlantılıdır. Bu çevrimselliklerin sebebi henüz bilinmiyor; bununla birlikte birkaç araştırmacı burada da Güneş çevrimleriyle bir ilişki kuruyor.

Bütün bu çevrimler, doğadaki bütün bu düzenlilik harika! Büyük buzul çağları Milankoviç çevrimlerini takip ediyor, küçük buzul çağları ve daha zayıf iklim dalgalanmalarıysa Güneş'le bağlantılı. Öyleyse sorun nerede? Burada hâlâ kurtarılacak herhangi bir iklim var mı? Her şey değiştirilemez değil mi?

ÇEVİRMENİN NOTIARI

- 1 360 derecelik bir dönüşü ifade eden topaç hareketi, presesyon olarak da bilinir.
- 2 Gökbilimde bir yörüngenin dışmerkezliği ya da "basıklığı", o yörüngeyi tanımlayan matematiksel eğrinin bir çemberden ne kadar farklı olduğunu belirler.
- 3 Tarih haklı olduğumu gösterecektir.
- 4 Buzulun koyakları dolduran ve bulunduğu enleme göre belli bir yüksekliğe, kimi zaman deniz kıyısına kadar inebilen alt bölümü.
- 5 Dünya'nın yörüngesindeki varyasyonlar buzul çağlarının hızını ayarlar.
- 6 European Project for Ice Coring in Antarctica (Antarktika'da Buz Çekirdeği Sondajı İçin Avrupa Projesi).
- 7 Asitli turba (torf) toprağından oluşan, ölmüş bitkilerden meydana gelmiş sulak alan (Alm. Moor, İng. bog).
- 8 İklim araştırmasında bir *proxy* (vekil) değişkeni, kendi başına muhtemelen fazla ilginç olmayan, ama kendisinden ilginç bir değişken elde edilebilen bir veridir; ağaç halkası genişliği ya da buz takesi katmanı, iklimbilimcilerin bir sıcaklık kaydı çıkarmak için kullandıkları sıcaklık "vekil"lerindendir.

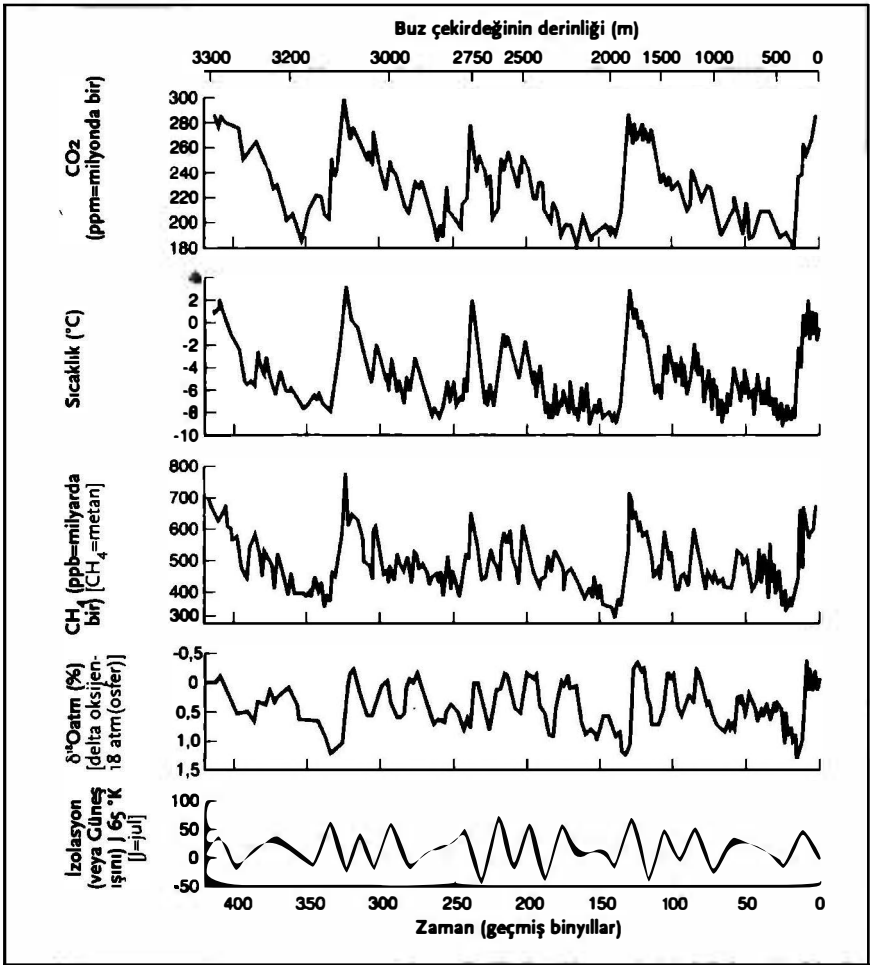
YORGANIN ALTINDA

*İnsan en çok
korktuğu acıdan çeker,
oysa asla gelmeyecektir başına.
Böylece Tanrı'nın taşısını diye yüklediğinden
fazlasını taşır insan.
(yazarı bilinmiyor)*

Bu hikâye boyunca bir şey dikkatinizi çekti mi? Bu arada yeryüzünün son bir milyon yıldaki iklim tarihini adeta günbegün taradığımızı, ama bir kez bile “sera etkisi” lafının geçmediğini fark ettiniz mi? Bu tuhaf değil mi? Gördüğümüz bütün bu çevrimsellikler, dışmerkezlik, Dünya ekseninin eğikliği, devinim (presesyon), ama aynı zamanda güneş lekeleri, mevsimler ve gündüz gece ritimleri –bunların hepsinin sebebi Dünya’nın dışında yatar. Güneş sistemini yöneten dış güçlerdir bunlar. Yeryüzünde su ve atmosfer olmasaydı, Dünya sadece Ay gibi çıplak bir taş-tan küre olur, o zaman tıpatıp aynı dış etkenler, güneş enerjisindeki tıpatıp aynı küçük değişiklikler tıpatıp aynı yerlerde etkili olurdu. O zaman Milankoviç de haklı çıkardı. Atmosfer ile hidrosferin varlığına rağmen astronomik işaretlerin bu denli açıkça fark edilebilir olması aslında şaşırtıcıdır.

Öyleyse atmosferin hiç mi etkisi yok? Elbette var. Çıplak bir küre olarak Dünya, gelen güneş ışıınımını yeryüzünden kısmen doğrudan evrene yansıtır, kısmen onu soğurur. Bu soğurulan enerjiyi uzun dalgalı, çoğunluğu kızılötesi ışıınım olarak evrene geri gönderir. Ekvatora, geri yansıtılandan daha fazla enerji isabet eder, kutuplardaysa bunun aksi söz konusudur. Oysa çıplak bir kürenin üstünde fazla ısıyı ekvator dan kutuplara nakledecek bir düzenek bulunmayacağından, sıcaklık kontrastları Ay’daki gibi muazzam olurdu.

Atmosfer ve okyanuslar vasıtasıyla her şey değişir. Atmosferde mevcut olan su buharı, karbondioksit ve metan gibi sera gazları, yeryüzünden



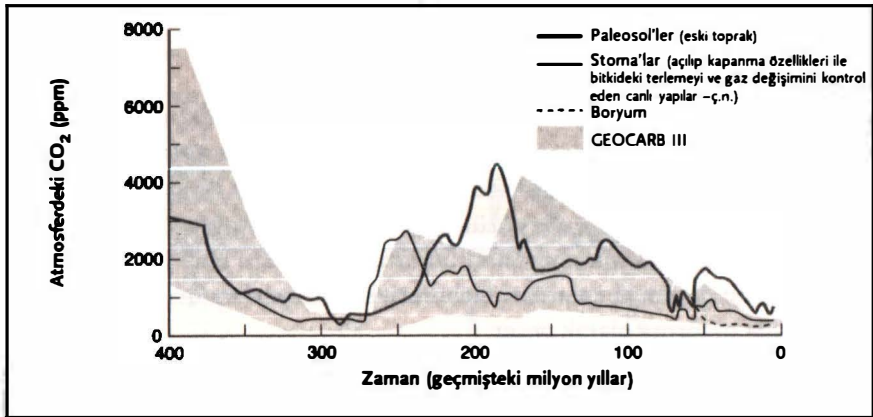
Şekil 60. Son dört buzul çağıının sıcaklık eğrilerinde karbonik asit gazı ve metan da birlikte dalgaları. Sinüs benzeri devinim [presesyon] sinyalleri (en alt eğri), geri besleme mekanizmalarının etkisiyle bir testere dişi sinyali (üst eğriler) şeklinde deforme olur. Vostok buz çekirdeği, Antarktika.

gönderilen uzun dalgalı ışınının yüzde 90'ını tutar. Bu şekilde yeryüzü, sera gazları olmasaydı sahip olacağı sıcaklıktan ortalama 31° C daha sıcaktır. İşte sera etkisi budur.

İlaveten, buharlaşma ve yağış, hava akımları ve okyanus akıntıları yoluyla ekvator'dan kutuplara bir ısı nakli olur. Bu suretle yeryüzünün değişik yerlerindeki sıcaklık kontrastları da yumuşar. Hava ile sudan meydana gelen yumuşak bir örtü, yeryüzünün ortalama sıcaklığını yaklaşık + 15° C'de tutar. Dış dünyanın sinyalleri bu örtüden, benim hâlâ yorganın altındayken karşı damdaki adamları birbirleriyle konuşurken duyduğuma benzer şekilde deforme olarak geçer.

Bu atmosfer-hidrosfer [havaküre-suküre] sisteminin tüm elemanları aynı hızla tepki göstermez. Atmosferin, günlük ve mevsimlik sıcaklık dalgalanmaları gibi dış etkilere tepki süresi birkaç saatten birkaç haftaya kadar değişir; kara yüzeyininki ise saatler ile aylar tutar. Okyanus yüzeyi daha da yavaş tepki verir ve bu günler ile aylar sürer. Dağlardaki buzullar daha az duyarlı ve kat kat daha yavaştır. Tepki vermeleri düzinelerce yıldan başlar, yüzlerce yıla kadar uzanır. Yağış ve erimede ki yıllık varyasyonlar gibi küçük dalgalanmalar neredeyse tesviye edilir. Bu sebeple buzul hareketleri, iklim değişikliklerindeki çok yıllık ortalama değerleri belirlemeye uygundur. Buz takkelerinde bu daha da güçlü bir şekilde geçerlidir, bunların tepki süresi yüzlerce yıldan on binlerce yıla kadar varır. Rahatsız edici dış etkiler doğrusal olmayan, hava ve su türbülansları gibi kaotik tepkilerle de sonuçlanabilir. Bununla birlikte buz takkeleri, derin deniz, yıl halkaları ve şeritli killerden edinilen çevrimsel işaretler o denli açık seçiktir ki kaotik tepkiler çok kısa zaman cetvellerinde sadece çok hafif bir parazit yaratabilir –iklimden çok havayı etkiler.

Çevrimsel sinyaller bazen bastırılır, ama bazen de güçlenir. Milankoviç varyasyonlarının ve güneş lekelerinin bir sonucu olarak güneş enerjisinde görülen cüzi farklar, bununla buzul çağlarını ve küçükçe iklim dalgalanmalarını açıklayabilmek için kendi başına fazla önemsizdir. Atmosfer ile hidrosfer adeta varyasyonların daha iyi algılanmasını sağlayan hoparlörlerdir. Bu, değişik pozitif ve negatif geri besleme mekanizmalarının sonucudur.



Şekil 61. Son 400 milyon yılda atmosferdeki CO₂ içeriği (çeşitli yöntemlerle belirlenmiştir).

Gelin, büyük buzul çağlarının işlevini nasıl gördüğüne bir bakalım. Kuzey yarıkürede ortalama yaz sıcaklığı devinimle (presesyon) o denli düşer ki, kar Kuzey Norveç ve Kuzey Kanada kıtasal karasında yazın da yerinden kalkmaz, bu başlangıcı oluşturur. Kar güneş ışımasını yeşilliklerden daha güçlü yansıtır, böylelikle sıcaklık daha da düşer; daha yukarıda bulunan daha soğuk hava tabakalarının içine doğru yükselen bir buz takkesi meydana gelir, bu şekilde hava daha da soğur. Buz takkesi güneye doğru da gelişir, birçok ağaç için hava fazla soğur ve tundra [güneş ışımasını] ormandan daha güçlü yansıtır. Böylece pozitif geri besleme etkilerinden bir dizi oluşur ve küçük farklar büyük sonuçlar doğurur.

Ardından ortalama yaz sıcaklığı, ilerleyen devinimle (presesyon) tüm buz takkesinin kar sınırı altında kalacağı ölçüde yeniden yükseldiğinde buz takkesi son hızla yeniden erir. Buz takkesinin inşası erimesinden çok daha fazla zaman alır, bundan dolayı Milankoviç çevrimselliğinin güzel sinüs formu yamuk bir testere dişine dönüşür (bkz. şekil 60). Ancak bu, bu çevrimlerin ritmini astronomik etkenlerin belirlediğini ve atmosfer ile hidrosferin bunları itaatle izledikleri gerçeğini değiştirmez.

Bu çevrimde sera gazları nasıl bir rol oynar? Antarktika buz takkesi içine hapsolan hava kabarcıklarının analizi, CO₂ ve metan miktarını temsil

eden eğrilerin sıcaklık eğrilerine kusursuz şekilde paralel gittiğini gösteriyor. Bu Şekil 53'teki frekans-büyüklik diyagramında zaten görülüyordu, ama yukarıdaki şekilde (Şekil 61) daha da belirgindir. Atmosferdeki CO₂ miktarı buzul çağlarında artık sadece 180 ppm,¹ yani 180 milyonda birdir; sıcak dönemlerde, sadece günümüzdekinde değil, önceki buzularası çağlarda 280 ppm dolayındadır. Bundan başka, hassas analizler CO₂ sinyalinin buzul çağı sinyalinin altı yüzünl gerisinden geldiğini, yani sıcaklığı izlediğini ve onu yönlendirmediğini gösteriyor. Demek ki buzul çağlarını meydana getiren sera etkisindeki bir azalma değil. Hayır, buzul çağları atmosferdeki CO₂ ve metan miktarlarının düşmesini sağlıyor. Buzul çağı geçtiğinde, değerler tıpkı günümüzde yükseldiği hızla çıkıyor. Ama şimdi de geçerli olan şu: Hava sera gazlarının miktarının artmasıyla daha fazla ısınmaz, aksine bunun tersi söz konusudur: Hava daha fazla ısınır ve bundan dolayı atmosfere daha fazla sera gazı ulaşır. Sera gazları için de geçerli olanı söyleyelim: Milankoviç baş dansçısıdır ve bu enerjik betoncu her tek ayak üzerinde dönüştürür CO₂'yi de ayağına çabuk bir şekilde hızla birlikte döndürür.²

Kaldı ki CO₂'nin buzul çağındakini yokluğunu açıklamak o denli kolay değil. [Süreç] muhtemelen şöyle işliyor: Karada ormanlar, dolayısıyla biyokütle azalır. Okyanusun en üst tabakası atmosferle daima denge içindedir ve aynı şekilde daha az CO₂ içerir. CO₂'nin olabileceği tek yer okyanusun derinlikleridir ve bu gerçekten de karbon izotopları sayesinde saptanabilmiştir. Esen daha kuvvetli rüzgârlar vasıtasıyla kıtaların batı kıyılarından okyanusun derinliklerinden daha çok besleyici madde yukarı çıkar, plankton muazzam çoğalır ve öldükten sonra okyanusların dibine çöker: Bu biyolojik karbon pompasıdır.

CO₂ herhalde önde gelen bir rol oynar, bununla birlikte bu tamamen farklı zaman dilimlerinde olur. Şekil 61'de son 400 milyon yılın iklim tarihine baktığımızda bunu görürüz. Burada da bir çevrimsellik var, Gelgelelim bu 200 milyon yıllık bir çevrimseliktir! Şu anda karbon miktarı düşük, ama yaklaşık 100 milyon yıl önce, kretase döneminde tahminen 20 kat daha fazlaydı. Bu gerçek bir seraydı! Kretase döneminin Sera Dünya'sında (*greenhouse earth*) iklim ekvatorlardan kutuplara kadar tropikal ve astropikal bir nitelik taşıyordu. Hiçbir yerde buz takkesi yoktu. Grönland'ta baobap ağaçları yeti-



Şekil 62. Kretase döneminden (Hauterivien) ritmik kalker, balçık ve derin deniz çöktilleri (Bouvières, Fransız Alpleri). Dağ oluşumu vasıtasıyla katmanlar sudan çıktı ve eğik olarak yerleşti. Açık ve koyu katların barkodunu okursak bir *Milankoviç* frekans-büyükölçüm spektrumu elde ederiz.

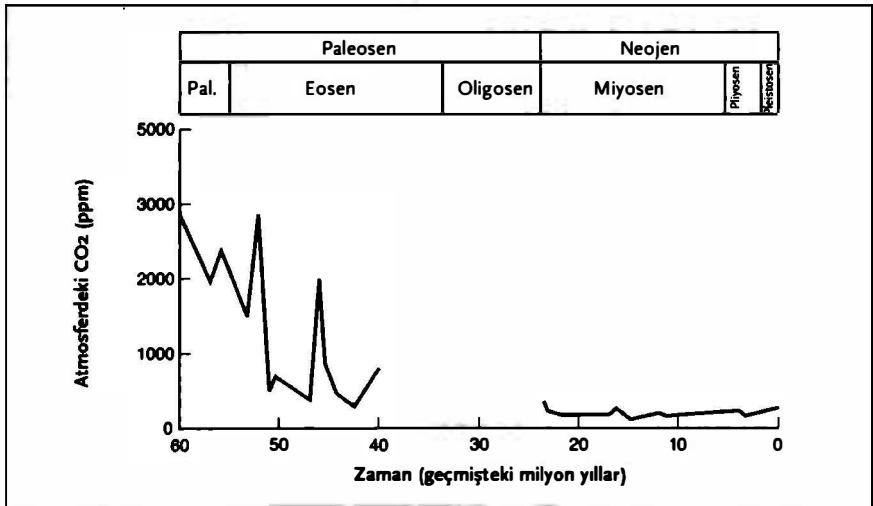
şiyor, Alaska'da gagalı dinazorlar dolaşüyor ve Sibirya'da timsahlar ülkenin başına bela oluyordu. Sığ denizler hayat kaynıyordu; tekhücreliler öylesine baş döndürücü bir tempoyla çoğalıyordu ki minicik iskeletleri yeryüzünün her tarafında yüzlerce metrelik kalker tabakaları meydana getiriyordu. Kara-da bitkiler dünyaya yayılmak için yeni bir yol buluyor, çiçek açıyordu.

Oysa zaman içinde 100 milyon yıl daha geriye, permien ve triyas'a gittiğimizde, atmosferdeki CO₂ miktarının tekrar günümüzdekini andırdığını ve bir buz takkesi olduğunu görürüz. Ve bir 100 milyon yıl daha önce-sinde, erken paleozoik zamanda yeniden bir Sera Dünya'yla karşılaşırız ve buz takkesi yoktur. Bunun anlamı nedir? Dünya, neden saunada bir sıcak bir soğuk banyo yapmak zorunda kalıyor?

Çözüm levha tektoniğinde yatıyor. Antarktika ve Grönland'ınki gibi bir buz takkesi ancak kutuplarda kara olduğu takdirde meydana gelebilir ve bu, kıtaların o anda tesadüfen nerede bulunduğuna bağlıdır. Yani 200 milyon yıllık çevrim katı bir kurallılığa tabi olmayıp tesadüfi levha hareketleriyle yönlendirilir. Ancak *bunun için* astronomik bir sebep arayan kimseler de var. Sözelimi Rus jeoloğu N. A. Yasamanov'a göre bu çevrimsellik, güneş sistemimizin aşağı yukarı 215 milyon yılda –galaktik yıl– Samanyolu'muzun çekirdeği etrafında dönmesi olgusuyla ilintilidir. Ne var ki ortada buna dair kanıtlar yok.

Ayrıca kretase döneminde ünlü süper kıta Pangea'nın' levhaları bugünkünden beş kat hızlı birbirinden uzaklaştı. Orta Okyanus Sırtı'ndaki bazaltik volkanizm bu sırada o denli muazzam miktarlarda CO₂ üretti ki sera etkisi bugünkünün 20 katı güçlüydü (Şekil 62).

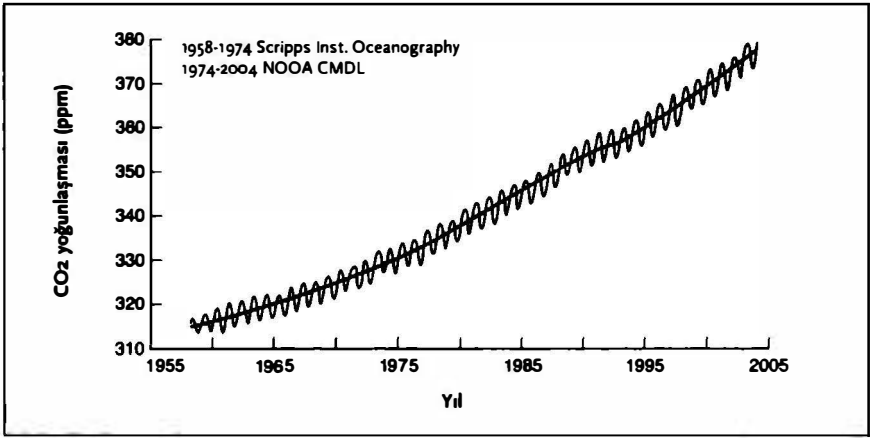
Ama Milankoviç çevrimselliği Sera Dünya'da da etkisini sürdürdü. O dönemin derin deniz çökeltilerindeki tabaka kalınlıklarının ve kalker ile kil miktarlarının bir spektral analizi yapılırsa, o zaman dışmerkezlik, tutulumun [ekliptik] eğiklik derecesi ve devinim [presesyon] için var olan doruk noktalarıyla birlikte tıpkı yukarıda derin deniz çökeltileri ve buz takkelerinde gördüğümüz türden spektrumlar elde edilir. Demek ki milyonlarca yıl boyunca ortalama CO₂ miktarının, Milankoviç'in küçük zaman cetvelleri üstündeki ve güneş lekeleri çevrimlerindeki iklim değişiklikleri için bir bakıma arka planı oluşturduğu söylenebilir.



Şekil 63. Sera Dünyası'ndan beri CO₂ içeriğinin atmosferde azalması.

Ancak kretase döneminin Sera Dünya'sı son buldu, çünkü taşküre levhaları birbirinden daha yavaş uzaklaşmaya başladı, deniz altı volkanizmi daha az CO₂ üretir oldu ve Antarktika, Güney Kutbu'na demir attı. Derken levhalar tekrar birbirine doğru hareket etmeye başladı, yeni dalma-batma kuşakları meydana geldi ve Alpler ile Himalayalar gibi yeni sıradağlar o denli yükseldi ki ekvatorla kutuplar arasındaki ısı alışverişi ciddi olarak engellendi. Güney Amerika ile Güney Afrika Antarktika'dan uzaklaştı, böylece kıtanın etrafındaki soğuk deniz akıntıları serbest kaldı. Bu şekilde yavaş, ama emin adımlarla Antarktika buz takkesinin ve böylelikle son birkaç milyon yılda büyük buzul çağlarının önü açıldı. Nihayetinde, atmosferdeki CO₂ miktarını düzenleyen ve buzul çağlarının oluşum koşullarını yaratan levha tektoniğidir.

Kaldı ki kretase döneminin Sera Dünya'sı, yeryüzünün meydana gelirken sahip olduğu CO₂ bakımından son derece zengin atmosferden artık çok uzaktır. Bu karbonun en büyük kısmı bugün kireçtaşı, organik madde, taşkömürü, petrol ve gaz olarak depolanır. Oysa yeryüzü oluşurken bütün



Şekil 64. Mauna Loa Gözlemevi (Hawaii) ölçümlerine göre atmosferdeki CO₂ artışında görülen mevsimsel dalgalanmalar.

bunlar henüz yoktu. Bu Dünya'daki hayatın; bitkilerin fotosentezinin, hayvanlar vasıtasıyla kalkerli iskeletlerin üretilmesinin bir sonucudur. Beraberce bu, şu anda atmosfer, hidrosfer ve biyosferde mevcut olan toplam karbonun yaklaşık 200.000 katı kadardır. Eskiden bunların hepsi atmosferde bulunmuş olmalıdır. Bu atmosfer şimdiki Dünya'dan ziyade bugünkü Venüs'ünüki –daha sıcak tutan bir yorgan– andırmış olsa gerekir.

Pekâlâ, işler hiç kösteklenmez mi? Kozmik çevrimler ile levha tektoniğinin ebedi dönen çarkına hiç çomak sokulmaz mı? Kendi elimizle yol açtığımız sapkınlıkla CO₂ [değerlerinde] bir ilk miyiz? Hayır, öylesine eşsiz de değiliz. Ama dalga hareketini bozan zamansal uyartıların, yani olayların etkisi çoğu zaman kısa vadelidir. Büyük volkanik püskürmeler, güneş enerjisi ile atmosfer arasındaki etkileşimi ortalama yüzyılda bir taciz eder. Onların soğutucu etkisi en fazla birkaç yıl sürer ve daha önce ele aldığımız gibi 75.000 yıl önce gerçekten volkanik bir kışın var olup olmadığı hâlâ kocaman bir sorudur.

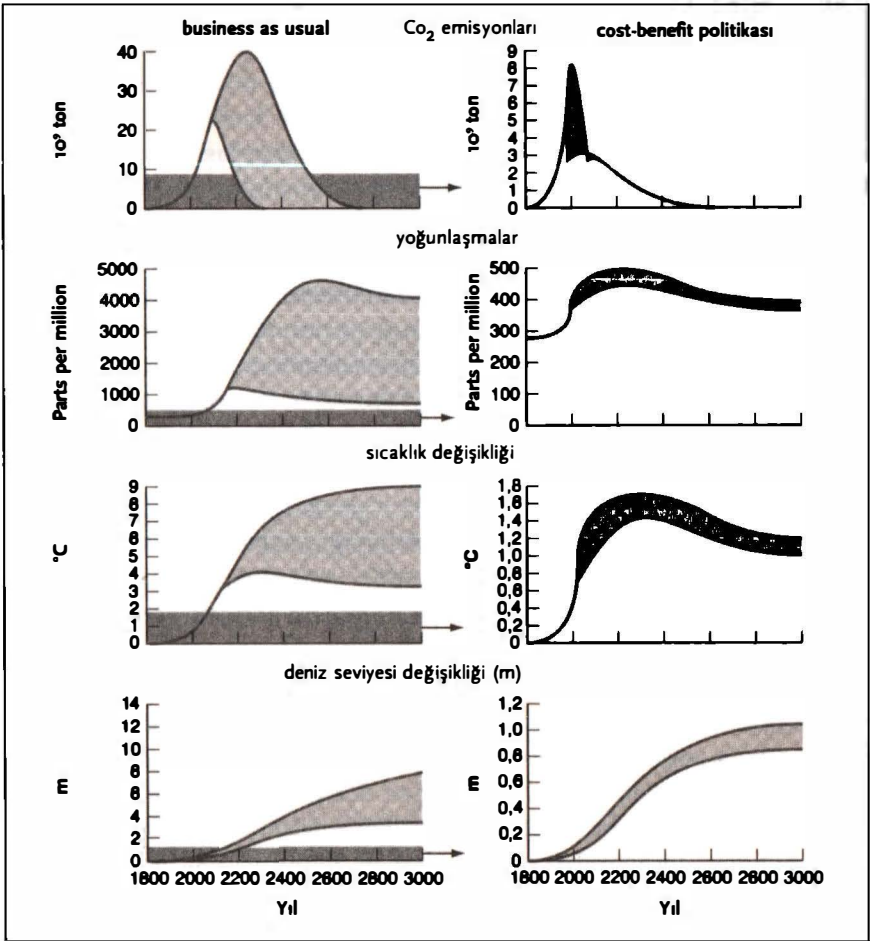
İkinci bir taciz şekli sonuncu buzul çağının nihayetinde görülür. Kuzey Amerika'daki büyük Saint-Laurent buz takkesinin erimesi sırasında,

eriyen buzların suları buzdan duvarların arkasında büyük göller meydana getirdi. Bunların en büyüğü Louis Agassiz'in onuruna Lake Agassiz diye anılır; Louis Agassiz buzul çağı kuramını geliştiren ve daha sonra Amerika'daki hayatında Harvard Palaeontological Museum'ı kuran, Amerikan yerbilimlerinde nüfuz sahibi bir kişiydi. Agassiz Gölü'nü kapatan buzdan duvar on iki bin yıl önce yıkıldığında, erimiş soğuk sulardan oluşan muazzam bir dalga Kuzey Atlantik'e dökülmüş, bu suretle iklimlerin dengesi 1200 yıl boyunca dünya çapında bozulmuştu. Bu erken triyas dönemi, baharın nihai olarak başlamasından önce buzul çağının son debelenmesiydi, ama Milankoviç tarafından planlanmamıştı.

En ilginç [iklimsel] uyartılardan biri 55 milyon yıl önceki *Paleocene-Eocene Thermal Maximum*'du⁴ ve Şekil 63'te CO₂ miktarının en üst doruğu olarak görülmektedir. Bu dönemde sıcaklık yukarı enlemlerde ansızın beş ila sekiz derece, astropikal bölgelerde bir ila dört derece ve tropiklerde bir ila iki derece yükseldi. Kimileri bunun deniz tabanında büyük miktarlarda metanın birdenbire serbest kalmasının bir sonucu olduğuna inanıyor, kimileri de Kuzey Atlantik'in tabanında geniş çaplı bir volkanizmin yol açtığı bir CO₂ uyarısı olduğunu düşünüyorlar. Bu ısı maksimumu tüm okyanuslarda görüldü, ama 100 bin yıldan daha kısa bir sürede yeniden tümüyle kayboldu! Muhtemelen okyanuslardaki tekhücreliler ilave CO₂ kapasitesinden seve seve yararlandı ve doruk değerlerini hızla eritti.

65 milyon yıl önce kretase döneminin sonunda düşen büyük göktaşları bile iklimi fazla uzunca bir süre etkilememişti. Bu Limburg'ta, kretase dönemine ait Geulhemmerberg Çukuru'nda görülebilir. Orada 60 cm kalınlığında ince bir kil tabakası bulunuyor ve yeryüzünün karşılaştığı gelmiş geçmiş en büyük afetlerden birini temsil ediyor. Söz konusu afet sayısız organizmanın, bu arada dinazorların kitlesel ölümüne yol açmıştı. Ancak bunun üstünde (haksız yere sık sık "marn" diye anılan) kalsit, sanki hiçbir şey olmamış gibi çökelmeyi sürdürüyor.

İklimin dışarıdan zorlanan çevrimselliği besbelli "sağlam"dır, nitekim bilim insanları bu kelimeyi seviyorlar. Gerçi ani uyartılar geçici bir düzensizlik getirebilir, ama bu uyarının etkisi kısa sürede tekrar soğurulur ve çelik gibi olan çevrimsellik istifini bozmadan yoluna devam eder. Astrono-



Şekil 65. 3000 yılına kadar CO₂ emisyonları (üstte), yoğunlaşmalar, sıcaklık etkileri ve deniz seviyesi (altta) için *business as usual* [olağan şeyler] ve *cost-benefit* [maliyet kazanç] politikası durumunda öngörülen senaryolar.

mik çevrimselliklerin bu sağlamlığının en iyi örneklerinden biri de, atmosferdeki CO₂ miktarının şu andaki yükselişinin düz bir çizgiyle değil, bir testere dişi şeklinde mevsimsel dalgalanmalar olarak gösterilmesidir (Şekil 64). Bitki örtüsü yazın Kuzey yarıkürede havadan o denli çok CO₂ çeker ki CO₂ miktarındaki yoğunlaşma dünya çapında azalır, kışınsa tekrar artar. Küresel ısınma yukarı, küresel ısınma aşağı –mevsimler gelir ve gider.

Atmosferde insanların sebep olduğu CO₂ miktarındaki artma da keza öylesine geçici bir uyarı mı? Eğer IPCC gibi 2100 yılının ötesinde bir geleceğe bakmak istemezsek, bunu söylemek zordur (bkz. 1. Bölüm).

Neyse ki Hamburg'taki Max-Planck-Institut für Meteorologie'de çalışan Klaus Hasselmann gibi daha cesur insanlar var. O senaryoları 3000 yılına kadar baştan sona hesaba dökmeyi göze aldı. Burada ilk göze çarpan, fosil yakıtların miktarının sonsuz olmamasıdır. Bütün ünlü enerji uzmanları petrol ve gaz rezervlerinin elli yıl içinde tükeneceği kehanetinde bulunuyor. Eğer o zamana kadar fosil yakıtlara gerek duymayacağımız alternatif enerji kaynakları geliştirecek kadar ilerlediğimizden yola çıkarsak, CO₂ emisyonu elbette kesilecektir. O zaman CO₂ yoğunlaşması 2200 yılı civarında yaklaşık 1000 ppm (bugün 370 ppm) gibi bir doruk değerine ulaşmış olacak, bunun ardından yavaş yavaş geriye gidecektir. Sıcaklık en fazla dört derece yükselecek ve sonra yeniden alçalacaktır. Eğer enerji kaynaklarını vaktinde devreye sokamaz, aksine katran kumu ile taşkömürünü de tüketmek zorunda kalırsak, emisyon 2400 yılı dolayında doruğa çıkacak ve sıcaklık en azından 3000 yılına kadar asgari dokuz derece yükselecektir.

Bütün bunlar hiçbir karşı önlem almadığımız takdirde Şekil 65'te (solda bulunan diyagramlar) gerçekleşecektir. Önümüzdeki binyıl boyunca herhangi bir zamanda müdahale edersek, etkileri –CO₂ artışının gerçekten de sıcaklığın yükselmesine yol açtığını var sayarsak ki bu hâlâ tartışmalıdır– önemli ölçüde azaltabiliriz. Böyle bakıldığında bu gerçekten bir uyarıdan fazla bir şey değil –gerçi insani ölçü için uzun bir uyarı, ama her durumda sadece bir kerelik bir arıza ve on bin yıl sonra bundan geriye hâlâ bir iz kalıp kalmayacağı çok yerinde bir soru.

Yazık, çünkü gelecek buzul çağı bugünkü ısınmadan daha büyük bir sorun: Kanada, Finlandiya, İsveç, Norveç ve İzlanda yok olacak. Buz tak-

kesi, bu ülkelerde bulunan her şeyi, ormanlar, evler, köprüler, fabrikalar, müzeler, nükleer santraller, hayvanat bahçeleri, kiliseler, viyadükler ve bacaları bir buldozer gibi güneye itecek ve tanınmaz haldeki, deforme olmuş kalıntılar, Amsterdam'dan Moskova'ya kadar uzanan kirli bir molozun meydana getirdiği pis kokulu bir buzultaş birikintisi olarak birlikte süpürülecek. Önceki iki buzul çağıının bir yadigarı olan Amersfoort kayasıyla artık gurur duymayacağız; hayır, çökmüş bir bentteki parçalanmış ağaçların arasında yatan Kopenhag denizkızının ezilmiş kalıntısıyla yetinmek zorunda kalacağız. Sadece bu ülkelerde yere sımsıkı bağlı olan şeyler, gelecek buzularası çağıın kuşaklarına her şeyin nasıl yok olduğunu göstermek için yüz bin yıl buz takkesinin altında muhafaza edilecek: Buzul sıyrıkları olan asfalt caddeler. Agassiz, neredesiniz?

Yine de belki işler buralara kadar varmaz. Gelecek buzul çağıına engel olamayız, çünkü çevrimsellik sağlamdır, bunu az önce gördük. Yazdan sonra kışın geleceğinden nasıl ki eminsek, buzularası çağı da buzul çağı izleyecektir. Bunun etkisini hafifletmenin tek imkânı, atmosfere mümkün ölçüde çok CO₂ salınmasını sağlamaktır. Öyleyse ısıt, Greenpeace! Finlilerin iklimini kurtar!

ÇEVİRMENİN NOTLARI

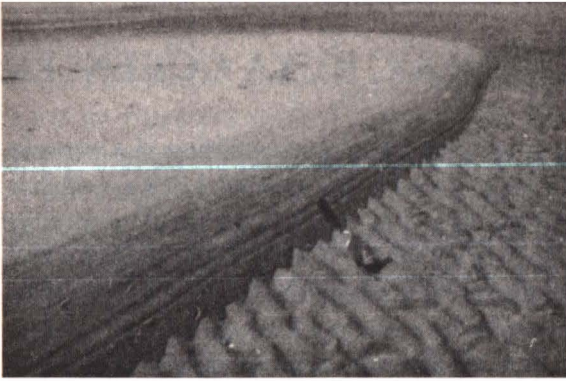
- 1 İng. parts per million'ın (milyonda bir) kısaltması: Herhangi bir karışımda toplam madde miktarının milyonda bir birimlik kısmı.
- 2 Yazar sera gazları konusunda da Milankoviç'in iklimin yüz bin yılda tam bir çevrimden geçeceği görüşünün geçerli olduğunu ifade etmek istiyor.
- 3 Yaklaşık 225 milyon yıl önce dünyanın tüm kara kütleleri tek bir süper kıta, Pangea halinde birleşmiş ve tek bir evrensel deniz, Panthalassa tarafından kuşatılmıştı. Pangea 180 milyon yıl kadar önce, mezozoik çağıın ortalarında, levha tektoniği dediğimiz yerkabuğu hareketleriyle paramparça oldu ve sonunda bugünkü kıtalar meydana geldi.
- 4 Paleosen-Eosen Isısal Maksimum: Senozoik zamanda 20.000 yıl süren ve etkileri 6 milyon yıla yayılan iklim değişikliği.

BEKÇİLER, UYUYANLAR, RÜYA GÖRENLER

Yaşlı bir adam tam 500 yıl önce Piombino sahili boyunca yürüyor. Bir dalga geliyor. *Bir dalga.* Adam hiçbir zaman bir dalgaya dikkatini bu denli yoğunlaştırmamıştı. O tecrübeli bir gözlemci ve gördüğü her şeyi derhal çizebilen biri. Kırmızı kalem ve mürekkeple, dalganın kıyıya yaklaştıkça nasıl giderek yükseldiğini, simetrisini kaybettiğini, parçalandığını ve nihayet tekrar geri akmak için nasıl son bulduğunu çiziyor. Büyüleyici bir çizim bu, modern ders kitaplarında daha iyisini bulamazsınız.

Leonardo da Vinci'yle bu kumsal boyunca yürümeyi ne kadar çok isterdim! Ona ahret sualleri sorardım. Beni meşgul eden ve bugüne kadar kimsenin tatminkâr bir cevap veremediği problemler olurdu bunlar. “Leonardo, denizde neden dalga var?” Onun standart cevabı vermeyeceğinden eminim: “Dalgayı rüzgâr yapıyor.” Gerçi bu doğru ve bunun nasıl yürüdüğünü birinci bölümdeki ilgili resimde (bkz. Şekil 5) görebilirsiniz. Ancak kastettiğim bu değildi, sorumu başka türlü formüle etmeliyim. “Leonardo, rüzgâr üzerinden geçtiğinde dalga neden düz kalmıyor? Dalga oluşmasına gerek yok ki!” Ve o zaman umarım buna da standart cevabı vermeyecekti: “Bir kez suyun yüzeyinde sonsuz küçük bir düzensizlik meydana geldiğinde, esen rüzgârın şiddetine uygun büyüklükte dalgalarla dengeli bir durum oluşuncaya kadar bu düzensizlik büyüyecektir.” Bunu da daha önce duymuştum. “Leonardo, bir kere sonsuz küçüklükte bir dengesizlik olmadığını farz etsek –suyun yüzeyi o zaman dümdüz kalır mı?” Cevap yok. Beş yüzyıl geç kaldım.

Soru peşimi bırakmıyor. Öğrenciyken birkaç okul arkadaşı ve profesörle Hoofdplaat’a, Westerschelde’nin ortasındaki doğal bir kum seddine gitmiştik. Niyetimiz kum dalgacığı izlerini,¹ denizdeki değil, kumdaki dalgaları araştırmaktı. Bu büyüleyici bir şeydi. İki tür kum dalgacığı vardı: Dik tarafları Anvers’e yönelik olan asimetrik şekildeki metrelik mega dalgalar ve dik tarafları açık denize yönelik olan küçük dalgalar, bunlar mega dalgaların geniş sırtına yapışmış parazitler gibiydi. Profesörler ellerindeki taşçı



Şekil 66.

Soldan gelen büyük med dalgacığı küçük cezir dalgacıklarını örtüyor (Den Helder ile Texel arasındaki "Razende Bol" kum resifi).

çekicileriyle büyük kum dalgalarının üstünde bir yarık açıyordu. Dalganın, dik Anvers kenarına paralel giden ince, eğik tabakalarından başka bir şey görülmüyordu. Bize açıklandığına göre büyük kum dalgaları denizin kabarması (med), küçükler ise alçalması (cezir) sırasında ortaya çıkıyordu. Burada med akıntısı cezir akıntısından daha kuvvetliydi, kum seddinin diğer tarafında ise bunun tam tersi söz konusuydu. Eğik tabakalar, kum taneciklerini su kum dalgacığının tepesinden naklederken meydana geliyordu. Orası, rüzgâr almayan taraf daha sakindi ve tabakalar orada kum dalgacığının yamacına yerleşiyor, hem de bu 34 derecelik bir açıyla, gevşek olarak istiflenen kumun azami şev açısına göre vuku buluyordu (Şekil 66). Per Bak bu konuyu iyi bilir.

"Gerçi bize kum dalgacıklarının, kumun rüzgâra maruz kalan taraftan rüzgâr almayan tarafa taşınmasıyla nasıl akıntı yönünde hareket ettiğini anlatıyorlar –ama en başta kum dalgacıkları neden meydana geliyor?" diye sordum profesörlere. "Neden su kumun üzerinden basitçe geçip gitmiyor? Cevap şöyleydi: "Gençler, tekneye atlayın, sular kabarıyor!"

Aynı soruları bir fizikçiye sorarsanız, o zaman şöyle mırıldanır: Helmholtz etkisi. Gelgelelim bunun bana bir yardımı dokunmaz. Fizikçiler bizi sorunlarımızla baş başa bırakır. Niçin suyun üstünde dalgalar meydana gelir; niçin gökyüzünde yumak yumak sirro-kümülüsler oluşur; niçin akan suda dalgacıklar olur; asfaltta trafik lambalarından önce, arabaların

hızlandığı yerdeki oluklar nereden geliyor; Surinam'daki deniz kabuklu kum yollarda niçin sadece çamaşır tahtası şeklinde şablonlar değil de, bütün bir arabayı içine alacak büyüklükte kum duvarları ortaya çıkıyor? Niçin soğuk ve sıcak hava kitlelerinin sınır alanlarında cepheler oluşuyor? Bu, farklı yoğunluktaki medyaların birbiri boyunca hareket ettiği her yerde vuku bulur. Ve hareketin bir dalgadan öbürüne nasıl devam ettiğini de anlıyoruz, ama *neden* dalgalar sınır tabakasında ortaya çıkıyor? Buraları çalkantılı akıntının kaosu içindeki küçük yapı vahaları mıdır? Eğer su yüzeyindeki en küçük dalgalanmaları bile açıklayamıyorsak, Tanrı aşkına o zaman deniz seviyesindeki yüzlerce metrelik iniş çıkışları nasıl kavrarız? Leonardo, neredesin? Arno'nun o denli güzel çizdiğin dalgaları üzerinde mi yol alıyorsun? O yumak yumak bulutlara doğru mu uçuyorsun? Bunu 1496'da istiyordun, değil mi –bizzat tasarladığın ilk uçan makineyle göğe yükselmek istiyordun, belki yaratılışın 5500. yıldönümünü kutlamak için? Bir başka bitmemiş proje.

Gelin bir basamak yukarı çıkalım. Gelgit olayları. Leonardo yine orada. Suyu severdi çünkü.

“Se l'omo ha in sé il laco del sangue, dove cresce e decresce il polmone nello alitare, il corpo della terra ha il suo Oceano mare, il quale ancora lui cresce e discesce ogni sei ore per lo alitare del mondo.”

“Nasıl ki insan akciğerlerin solurken genişleyip büzüldüğü kan denizini içinde taşıyorsa, yeryüzünün bedeni de Dünya'nın solumasıyla her altı saatte bir genişleyip büzülen okyanusuna sahiptir.”

Leonardo da Vinci, Kodeks A (1492)

Ben Zeeland'ta' büyüdüm. Bir zamanlar Wolphaartdijk Adası'nı Zuid-Beveland Adası'ndan ayıran geniş bir su yolu, şimdiye sazlıkla kuşatılmış bir gölcük olan ve üzerinde kışın buz pateni kaymayı boşuna denediğim Schenge boyunca bisiklete binerdim. Köylülerin bir zamanlar içinden tuz çıkarmak için balıktan turba çaldıkları Poel'in delik değişik olmuş çayır-larında oynardım. İlk öpüşmem Oosterschelde'deki Kattendijker bendinde kaymaca oynarken vuku buldu. Her yerde su vardı. İlkokulda çizmem gere-

ken Zeeland haritasının, Goes'in tek antikacısının dükkânında asılı olan eski haritalarla hiçbir benzerliği yoktu. Bunun suçlusu denizdi. Artık Zeeland ince iplerle birbirine bağlı bir dizi büyük yama gibiydi. O zamanlar, üç yüzyıl önce, daha ziyade sulu köfteye benziyordu ve şimdi hangi köftenin üzerinde oturduğumu tespit etmek hiç de kolay değildi.

Babam, Zuid [Güney] ve Noord-Beveland [Kuzey Beveland], ayrıca Schouwen-Duiveland'tan sorumlu olan göz doktoruydu. Noord-Beveland'lı hastalar Kats'tan Goes'e feribotla gelirdi, ama Schouwen'liler için Goes fazla uzaktı. Bunun için babam her perşembe feribotla Oosterschelde üstünden Zierikzee'ye giderdi. Babam deniz kabarıırken 2CV'siyle' iskeleden feribota çıkar, deniz alçalırken iskeleden aşağı inerdi. İskele gelgitte birlikte günde iki kez dört metre iner çıkardı. Dünyanın en normal şeyiydi bu. 1963'te Veerse Gat'taki⁴ son kesonlar da batırıldığı, böylece Noord ve Zuid-Beveland birbiriyle birleştirildiğinde babam beni de yanında götürdü. Gelgit birdenbire yok olmuştu. Yazık. Bugün, 2004'te, Zandkreek Bendi yeniden açıldı, çünkü Veerse Meer'deki su doğru dürüst sirküle etmiyordu.

Med ve cezir –ben bununla büyüdüm. Ay ile Güneş, Dünya'nın su kütlelerini kendilerine çeker. Bu günde iki kez vuku bulan astronomik bir çevrimdir ve o denli iyi bilinir ki her limanda suyun med ve cezir değerleri ile kesin su seviyesine ilişkin bilgileri içeren çok yıllık, gerekirse onlarca yıllık bir gelgit çizelgesini önceden edinebilirsiniz. Eğer doğal bir kum seddini ziyaret edeceksiniz bu pratik bilgi işinize yarayabilir. Şu adrese bir göz atın: www.getij.nl. Bugün, 12 Aralık 2004, saat 2.29'da yeniaydı ve saat 2.56'da Westerschelde'deki Bath'ta med seviyesi, normal Amsterdam su göstergesinin (NASG) 326 cm yukarısındaydı. Dün akşam saat 21.12'de cezir seviyesi NASG'nin 241 cm altındaydı. 567 santimetrelik bir gelgit büyüklüğüydü bu. Rahat beş buçuk metre! Tam iki yıl sonra, 12 Aralık 2006 saat 1.55'te cezir seviyesi NASG'nin 157 cm altında ve saat 8.06'da med seviyesi NASG'nin 221 cm yukarısında ve gelgit büyüklüğü sadece 378 cm olacak. Ama o zaman da yeniay olmayacak.

Westerschelde özel bir yer bile değil. Fransa'nın Manş kıyısındaki Mont Saint-Michel'de gelgit büyüklüğü 13 metreyi aşar ve rekor 16 metreyle Bay of Fundy'ye (Kanada), med dalgasının dosdoğru ilerlediği huni şeklinde

bir körfeze aittir. Deniz seviyesinde günde iki defa, üstelik önceden dakikası dakikasına ilan edilmiş 16 metrelik bir kabarma! Bir kere bu bir kehanet! Ve gece gündüz gibi, mevsimler ve buzul çağları gibi astronomik bir çevrim.

Bundan dolayı kimse ondan korkmuyor. Bunu dikkate alıyoruz. Suyun üst sınırının altında inşaat yapılmıyor. Orada olsa olsa kumsalda, ya da Kuzey Flandra'da Suya Gömülmüş Saeftinge Toprağı'ndaki' gibi, sadece ilkbahardaki med dalgasıyla sular altında kalan yeşil, tuzlu çayırlarında gezmeye gidersiniz. Burası, denize yol bulmaya çalışan, kıvrıla kıvrıla akan bir balçıklı suyolları kargaşasından meydana gelir. Ve hep denizin ne zaman kabarcacağını hesaba katmanız gerekir, yoksa boğulma tehlikesiyle yüz yüze kalırsınız.

Gelgelelim bir gün –henüz yaşıam küçük– sular alçalmadı. Sular kabarmıştı ve öyle de kaldı. 31 Ocak 1953, saat gecenin on bir buçuğu. Çoktan yataktayım ve bahçe parmaklığını titreten rüzgânı duyuyorum. Gelgit çizelgesine göre sular alçalmalı, ama normalden çok daha yüksek olan önceki kabarmanın seviyesi düşmüyor. Kuzey Denizi de bir huni gibi ve fırtına yanlış yönden gelirse, ister sıra cezirde olsun, suyun tamamı bu huninin içine itilir. Ve bu bir fırtına değil, şiddeti 12 rüzgâr gücüne çıkan bir kasırga. Aynı zamanda Ooltgensplaat belediye meclisi üyesi olan gemici A. Waling, belediye başkanına, “Cezir zamanı, ama su med zamanından daha yüksek,” diyor. Bu sözler, Zeeland'lı gazeteci Kees Slager'in 250 görgü tanığını konuşturduğu anıtsal eseri *De Ramp*'da (Afet) geçiyor. Jorge Dario Restrepo'nun Armero afetine ilişkin kitabının bir muadili ve tıpatıp aynı unsurları içeriyor. Sirjansland'taki bir kutlamadan çıkıp evine doğru yürüyen 18 yaşındaki Kees Hoogerhuis, “Bu olmaz, şimdi cezir olmalıydı,” diyor. Herkes gemici ve delikanlı kadar endişeli değil. Eski bir halk deyişi; “Cezir yok mu? Med de yok!” der. Bunun anlamı şu: Eğer cezir bir fırtınadan dolayı vuku bulmazsa, o zaman bir sonraki med zamanına kadar bu fırtına yatışacak ya da yönünü değiştirecek, öyle ki med olağandışı bir şekilde gerçekleşmeyecektir. Sint Philipsland'lı polis Jan van de Velde babasından şöyle biliyor: “Su gitmezse, su da gelmez.” Ne var ki su gelir.

Zeeland Adaları'nı birbirine kaynak yapılmış, suda yüzen banyo küvetleri gibi tahayyül edebilirsiniz. Kara, denizden daha alçaktır. Kruinin-

gen'den bakıldığında Westerschelde'deki gemiler adeta baş hizasından geçer. Büyük seddeler, onların arkasında yatan toprakları korur. Bunlar bekçilerdir. Daha küçük seddeler, karanın daha iç tarafındaki polderleri korur, bunlar uyuyanlarla rüya görenlerdir. Bekçi yıkılırsa, uyuyan onun yerine geçmelidir ve o çökerse sıra rüya görendedir. Herkes sözleşmeye uyarsa sistem işler.

Surinam'daki çeltik tarlaları gibi, ancak orada [sistem] tersine çevrilmiştir. Çeltik tarlaları da seddelerle kuşatılmıştır, ama orada çiftçiler suyun karada olmasını isterler, çünkü pirinci suyun altında dikerseniz hiçbir yabancı ot üreyemez. Doğrudan ırmağın kıyısındaki çeltikçi, suyu arazisine alan ilk kişidir ve sonra suyu, kesin bir anlaşma çerçevesinde, ırmağın daha uzağında yaşayan komşusuna aktarır. Aralarındaki anlaşma kuralları su takvimi olarak adlandırılır.

Ne var ki ters çevrilmiş su takvimi Zeeland'ta işlemedi. Her seddenin kontu sadece kendi seddeleriyle ilgilendi; hiçbir eşgüdüm olmadı. Bunun ötesinde seddeler tam anlamıyla su geçirmez değildi. Karayolları ile demiryolları için geçiş noktaları bırakılmış, bunların tehlike anında daha arkadaki polderleri su baskınından korumak için tahta engellerle kapatılması öngörülmüştü. İlaveten bazı seddelerin bakımına özen gösterilmemiş ya da bunlar daha baştan çok alçak inşa edilmişti.

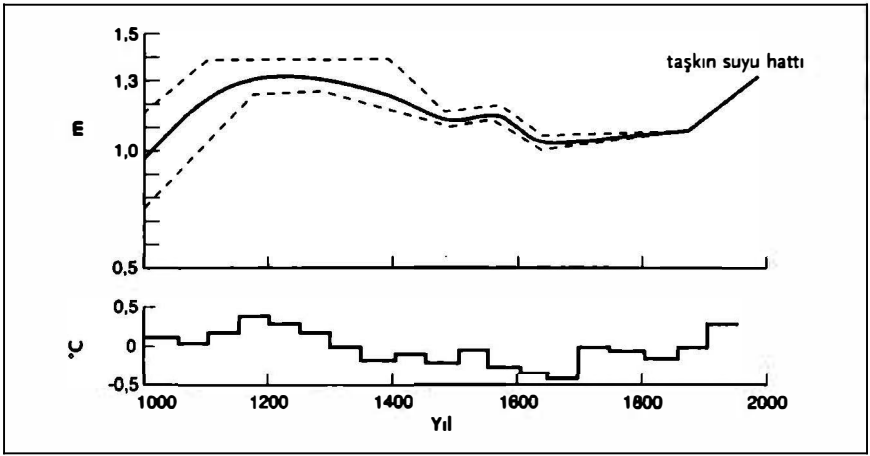
Görünüşe bakılırsa 31 Ocak gecesi saat 22.30'dan 1 Şubat sabahı saat 03.00'a kadar nüfus, bekçiler, uyuyanlar ve rüya görenlerden meydana geliyordu. Bunların mevkileri ne denli yüksekse uykuları da o denli derindi. HKME'nin felaketin geldiğini gören meteorologları çaresizlik içinde dünyaya haber salıyorlar. Ama radyo yayınları gece yarısı son buluyor; sadece aboneler fırtına kabarmasından⁶ haberdar oluyor. Haberi alan az sayıda bürokrat panik yaratmaktan ya da korkusundan dolayı alaya alınmaktan çekiniyor. 1953'teyiz ve afet planları henüz mevcut değil. Yalnızca iki belediye başkanı –Ooltgensplaat'tan Hordijk ve Willemstad'tan van der Hoof–tehlikeyi kavırıyor. Her ikisi de II. Dünya Savaşı'nda direnişçiydi. Yurttaşlarını uyarıyor ve kısmen zorlayarak onları [evlerini] tahliyeye yöneltiyorlar. Başka birçok insan ya iş işten geçene kadar bekliyor ya da pencere camlarının bir taşla kırılmasına rağmen bile uyandırılmıyor. Çanları çalanlar, ca-

navar düdüklerini çaldıranlar, iç polderlerdeki uyuyan köylüleri uyaranlar ve geçitleri –tahtaları çürümemiş ya da savaşta yakılmamışsa– engellerle kapatanlar öncelikle huzuru kaçmış yurttaşlar. Ama felaketi durdurmak artık mümkün değil. Seddeler yıkılıyor, 1836 insan ve on binlerce hayvan ölüyor, ayrıca 100.000 insanın tahliye edilmesi gerekiyor. Goes, bir kum yığının üstünde, deyim yerindeyse banyo küvetinin kenarında güven içinde yatıyor. Biz eve beş kişi aldık: Van der Male ailesi, baba, anne ve oğulları Wim, Kees, bir de Izak; benden büyük olan oğlanlara hayranlıkla bakıyorum. Kruiningen'deki evleri terk etmek zorunda kalmışlardı. Acaba başlarından neler geçmişti? Bunu onlara hâlâ sormam gerekiyor.

Sorumluluk meselesi örtbas ediliyor. Zayıf seddelerden, yetersiz eşgüdümünden, acil durumun kavranmamasından kimin sorumlu olduğunu –parlamentoda, sular idaresinin üst ya da alt kademelerinde, basında– hiç kimse sormuyor. Sadece kahraman delikanlıların yardım eylemleri sırasındaki cesaretine dair hikâyeler anlatılıyor. Dolayısıyla bir sonraki afet olayı için hiçbir ders alınmıyor. Kraliyet Mühendislik Enstitüsü'nün afetle ilgili bir konferans dizisinde, Delfli akademisyen mühendis Prof. R. J. W. Thierry 20 Mayıs 1953'te şu saptamada bulunuyor:

“1916'daki fırtına afetinden sonra 1918'de ne söylendiyse bugün de aynısı anlatılıyor. Anlaşılan geçmiş afetlerden yeterli ders alınmamış. On ya da en fazla yirmi yıl önceki şeyler hatırlanıyor, ama ondan önce olanlar çabucak unutuluyor.”

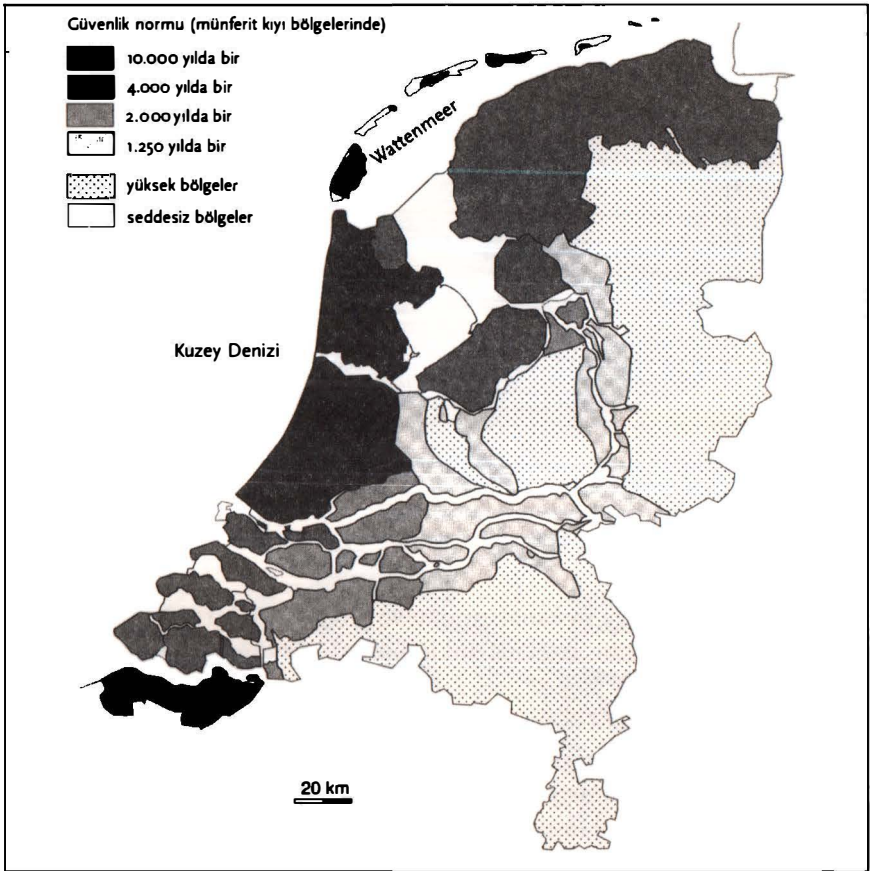
Çünkü 1953'teki fırtına kabarması gerçekten son yüzyılın en şiddetliydi, ama tarihimizde kesinlikle tek değildi. Geçen milenyumda afet şeklinde sayısız fırtına kabarması vuku bulmuştu: 1014 yılında, 1134'te, 2000 ölü verilen 1421 Azize Elisabeth meddi, 1530 Aziz Felix meddi, 20.000'den fazla ölüyle 1570 Azizler Yortusu meddi, 14.000'i aşkın ölüyle 1717 Noel meddi, yüzlerce ölüyle 1825 Zuiderzee meddi. Yüzlerce köy sular tarafından yutuldu. On binlerce insan boğuldu, kimi toprak parçası denizden geri alınamadı: Sözelimi Suya Gömülmüş Reimerswaal Toprağı ile Suya Gömülmüş Saeftinge Toprağı.



Şekil 67. Ortaçağ sıcak döneminde daha yüksek, küçük buzul çağında daha alçak deniz seviyesi (m).

Üstelik suçu bir tek denize de yükleyemeyiz, çünkü 10.-11. yüzyılda seddeler inşa etmeye başlayalı beri toprağı tarım için akaçladık, yakıt olarak torf çıkardık, tuz elde etmek için turbalık kazdık. Başlangıçta Batı Hollanda'da bataklıklar deniz seviyesinin üç metre üstüne çıkmışken, bütün bu müdahaleler sonucu toprak yüzeyi alçaldı ve böylelikle denize kolay bir yem oldu. Bu dönemde deniz seviyesi de küçük çapta değişti: Ortaçağ sıcak döneminde 30 cm yukarı çıktı, küçük buzul çağında 30 cm aşağı indi, ama bu kimsenin dikkatini çekmedi. Bunu ancak bugün, eski verilerin, öncelikle Wattenmeer'den edinilenlerin özenli analizi yoluyla yeniden tasarlayabildik (Şekil 67).

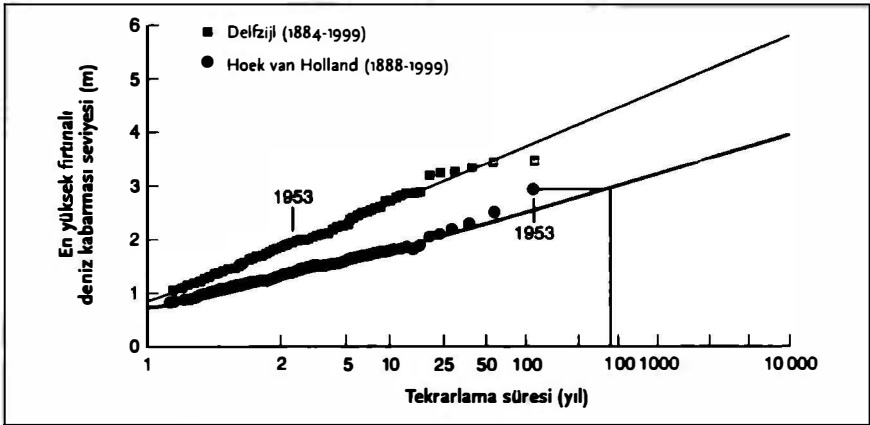
Elbette Hollanda'yı gelecek fırtına kabarmalarına karşı korumak için alınmış önlemler var: Delta planı. Ama seddeler ne kadar yüksek ve ne kadar güçlü olmalı? Ekonomist van Dantzig, 1956'da seddeler arkasındaki bir Hollanda'nın nasıl bir değeri temsil ettiğini ve seddelerin güçlendirilmesinin kaç mal olması gerektiğini hesaplıyordu. Sonuç: Ülkenin en değerli ve en korunmasız kısımlarında sedde, on bin yılda bir görülen fırtına kabarmalarına direnebilmeliydi. Şekil 68'deki harita Hollanda'nın çeşitli bölgelerin-



Şekil 68. Hollanda'daki kıyı bölgeleri için güvenlik normları. En yüksek normlar Noord ve Zuid Holland eyaletleri, en düşükleri kara içine doğru en çok girmiş seddeler için geçerlidir.

de güvenlik gerekliliğinin ne olduğunu anlatıyor. Hollanda bugün 1956'ya kıyasla elbette çok daha değerli olmakla birlikte bu harita hâlâ geçerlidir.

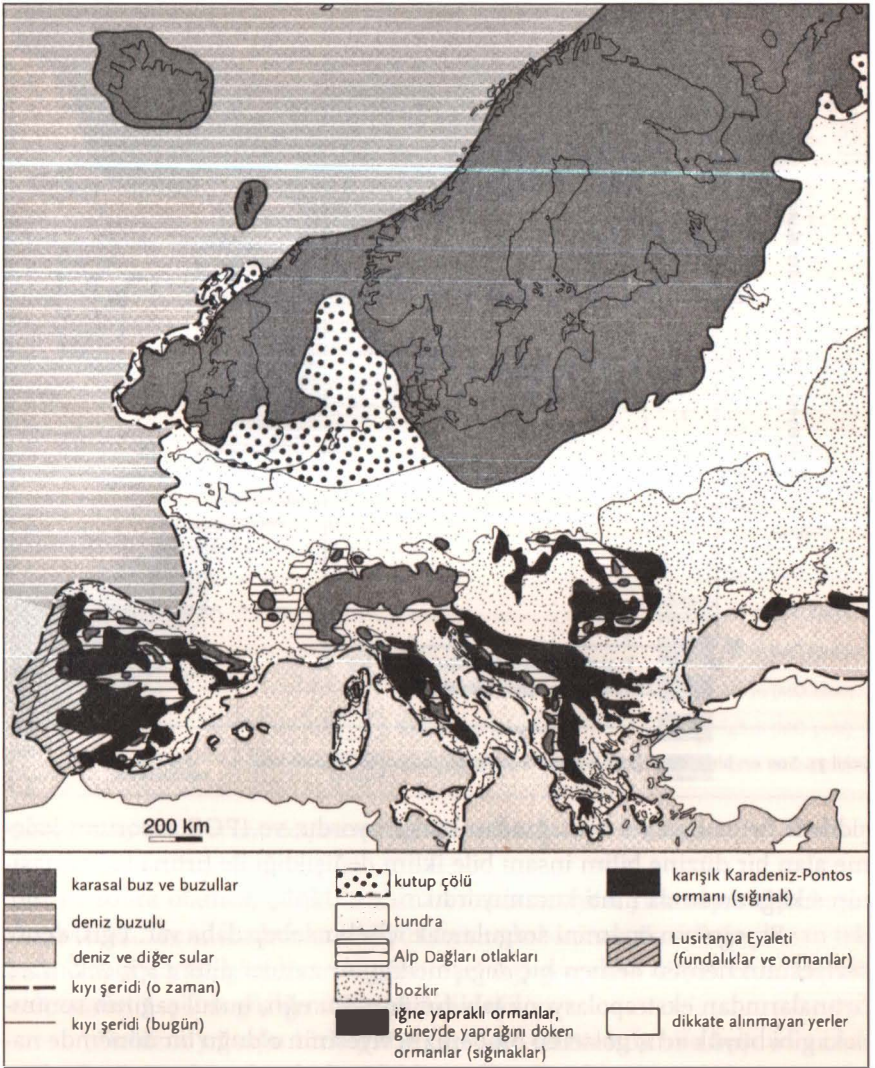
Bunun için gerekli sedde seviyesi nedir? Bunu ortaya çıkarmak için uç durumlarda uygulanan Gumbel istatistiği kullanılır: Aslında bu, daha önce çeşitli şekillerde –depremlerde Gutenberg-Richter bağıntısı olarak, Bak'ın



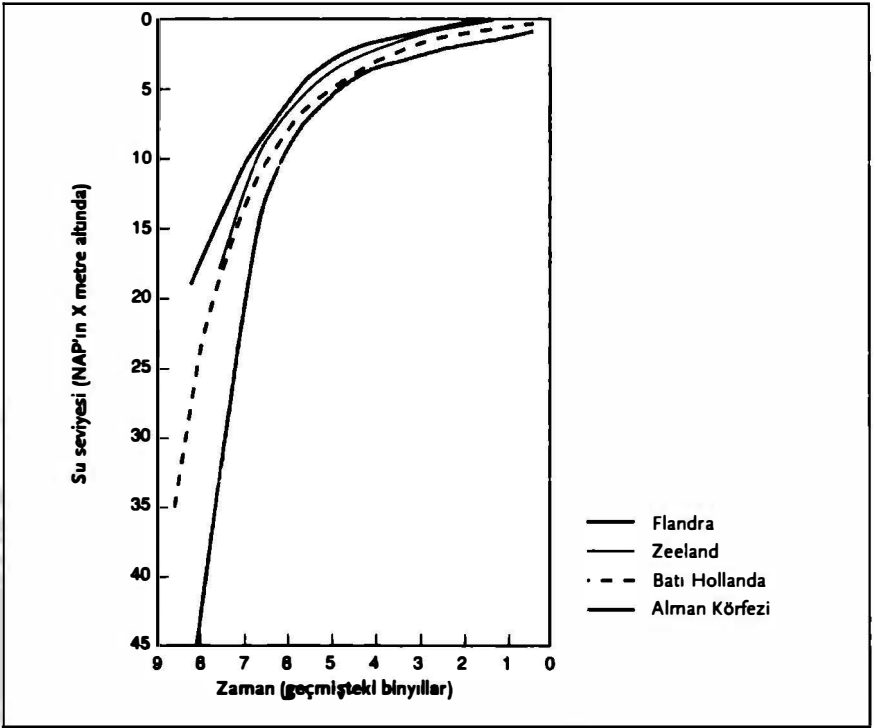
Şekil 69. Frekans-büyüklik grafiği (Gumbel Grafiği), Hoek van Holland (alt çizgi) ve Delfzijl'in (üst çizgi) verilerine dayanarak ve tekrarlama süresiyle ilişkisi içinde (bu yüksekliğe kaç yılda bir ulaşıyor) her yılın en yüksek fırtınalı deniz kabarmasını yansıtır. Hoek van Holland'ta ekstrapolasyon yoluyla, her on bin yılda bir NAP'ın [ortalama deniz seviyesi] azami dört metre üstünde bir fırtınalı deniz kabarması sonucu çıkar.

kum yığınının, indifa frekanslarından ve biraz farklı bir şekilde Milankoviç çevrimlerinin frekans ve büyüklüklerinden- tanıdığımız frekans-büyük-
lük bağıntısıdır.

Geçen yüzyılda Hollanda ve Avrupa'daki fırtına kabarması büyük-
lüklerinin ekstrapolasyonundan,⁷ Hoek van Holland'ta on bin yılda bir nor-
malin dört metre üstünde bir fırtına kabarması beklendiği saptandı (Şekil
69). Bu basit bir ihtimal hesabı, ama bu rakam ne anlama geliyor? Pier Vel-
linga 2003'te verdiği, bilim insanlarının uzun zaman dilimleri için neden
bir bilgisayar modeli kullandıklarının tartışıldığı Erasmus konferansında,
"Tabii 112 yıllık bir ekstrapolasyonun on bin yıla uygulanması bazı sorular
doğurur," diyordu. Ve Kuzey Denizi'ndeki dalga şartlarının Delta planında
öngörülenden daha aşırı olduğu, burada fırtına olaylarında görülen değişik-
liklerin iklim değişimlerinden dolayı büyük risk taşıdığı konusunda uyarı-
yordu. Vrije Universiteit Çevre Sorunları Enstitüsü'nün bir müdürü elbet-
te insanları uyarmalı, yoksa enstitüsünün yapacak işi kalmaz. Ama Lowell
Ponte'nin döneminde, tam da dünya çapındaki sıcaklık düşüşünün daha



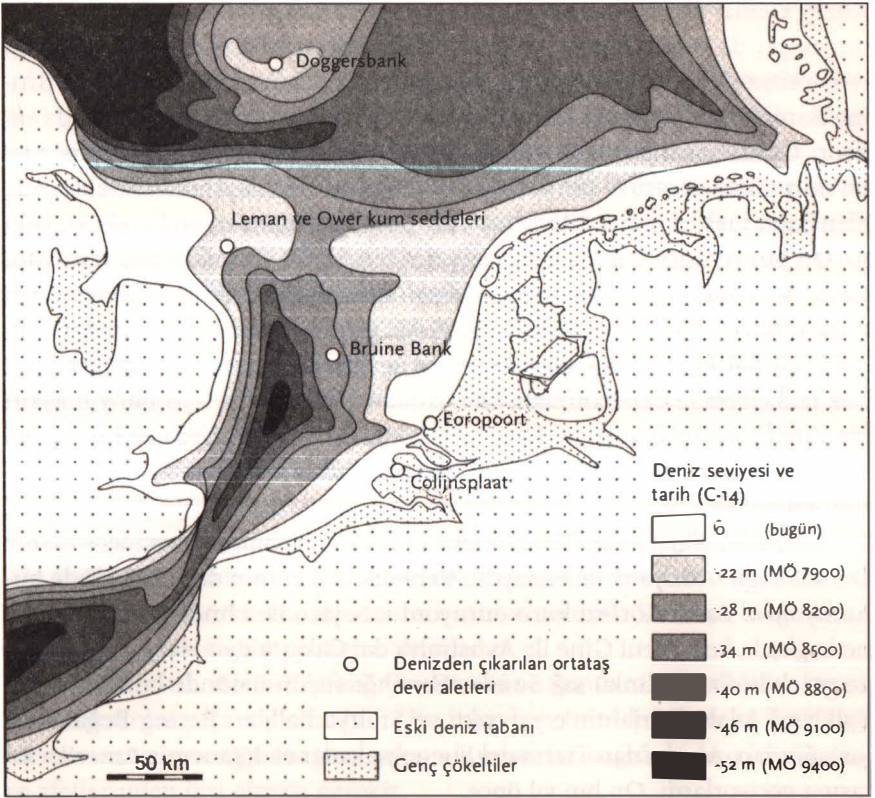
Şekil 70. Son buzul çağında Avrupa'nın konturları: buz takkeleri, kıyı şeritleri ve bitki örtüsü.



Şekil 71. Son on binyılda değişik kıyı şeritlerinde deniz seviyesi yükselmesi.

şiddetli fırtınalara yol açacağından korkuluyordu; ve IPCC raporunu kaleme alan bir düzine bilim insanı bile iklim değişikliği ile fırtına kabarmasının sıklığı arasında ilinti kuramıyordu.

Bu eğrinin önemini sorgulamak için bir sebep daha var. Eğri, deniz seviyesinin hemen hemen hiç değişmediği bir zaman dilimi içindeki med fırtınalarından ekstrapolasyona tabi tutuldu. Bu eğri, buzul çağıının sonundaki gibi büyük artış gösteren bir deniz seviyesinin olduğu bir dönemde nasıl görünürdü? Ya da gelecek on bin yıldaki gibi her buzul çağıının başlangıcında alçalan bir deniz seviyesinin döneminde? Sık sık duyulan bir itiraz: "On bin yılda bir! Ama yarın da vuku bulabilir!" oluyor. Bu doğru, ancak on



Şekil 72. Kuzey Denizi'nin suyla dolması ve Doggersbank ile Bruine Bank'ın batması.

bin yıl sonra olamaz, çünkü o zaman deniz seviyesi yine alçalmaya başlamış olacak. Trend kırılmaları, büyük fırtına kabarmalarının hesaplanan tekrarından daha sık görülürse, eğrinin içerdği gerçeklik düşük olur. Burada salt istatistiksel bir gözlem tarzı yeterli değil.

Denizin yuttuğu birkaç köyü en eski haritalarda bile boşuna ararsınız. Hiç Bruine Bank'tan söz edildiğini duydunuz mu? Hiç sanmıyorum. Ya da Doggersbank'tan? ⁸ Him, bu Kuzey Denizi'nin ortasında bir kum seddi değil mi? Doğru! Dilbalığı ve pisibalığı peşindeki balıkçılarımız şu anda

Kuzey Denizi'nin tabanını öylesine acımasızca tarıyorlar ki bu sırada başka birçok şey de yukarı çıkıyor. Arkeolojik kalıntılar. İnsan yerleşimlerinin izleri. Yabanöküzü kemiklerinden baltalar. Kuzey Denizi'nin ortasında? Bruine Bank bugünkü deniz seviyesinin 40, Doggersbank 30 metre altında yatıyor. Orada insanlar nasıl yaşardı ki? Pekâlâ, burada yine Nikolaus Steeno'nun güzel yarasını, üst üste gelme kuralını uygulayabiliriz: Daha genç olan daha yaşlı olanın üstünde yer alır. Burada köyler varken henüz su yoktu. On bin yıl önce burada insanlar yaşarken bütün Kuzey Denizi kuruydu. Deniz seviyesi o zamanlar 100 metreden daha aşağıdaydı. Bu, ilkbahar gelmeden önceki kıştı; son buzul çağı (Şekil 70). Deniz seviyesi bu denli alçaktı, çünkü bütün su Kuzey Amerika ile İskandinavya'nın büyük kıtasal buz takkelerinde depolanmıştı. Öte yandan Hollanda'da 250 bin yılı aşkın bir süredir insanlar yaşıyor. Hem uçsuz bucaksız tundralarda ve Kuzey Denizi'nin kuru zeminindeki kutup çöllerinde neden yerleşmeyeceklerdi? Mamut eti boldu.

İnsan Amsterdam'dan Londra'ya yayan gidebilirdi. Ve sadece Kuzey Denizi değil, Adriyatik de kuruydu, Venedik de karanın derinliklerinde bulunuyordu. Basra Körfezi kuru duruyordu, Seylan ile Hindistan ise birbirine bağlıydı, keza Yeni Gine ile Avustralya da; Cakarta'dan Hanoy'a geze geze gidebilirdiniz, çünkü sığ Sunda sahanlığı suyun üstünde bulunuyordu. Falkland Adaları Arjantin'e yapıştı ve Sibiryalı halkları Bering Boğazı'nın kıstağından, Alaska'dan Tierra del Fuego'ya kadar el değmemiş Amerika kıtasına geçiyorlardı. On bin yıl önce.

Deniz seviyesi buzul çağının sonuna doğru hızla yükseliyordu (Şekil 71). Bunu, başka şeylerin yanı sıra şu mülâhazayla keşfettik: Deniz seviyesinin yükselmesi karada taban suyu seviyesinin yükselmesini getirdi. Bu özellikle turbalıkların gelişmesine yol açtı. Deniz ne denli yükselirse, turbalık o denli kara içinde meydana gelir. Bunun sonucu ortaya çıkan bazal turba bütün Batı Hollanda'da yeraltında mevcuttur. Kıyıya yakın yerlerde 20 metreden daha derinde bulunur ve rahat yedi bin yaşındadır, karanın daha içlerinde yüzeye daha yakın olur ve giderek gençleşir, yaklaşık beş bin yaşına iner. Buradan deniz seviyesinin yedi bin yıl önce bugünkünden 20 metre daha derinde olduğu sonucunu da çıkarırız. Saskia Jelgersma'nın

1961'de Hollanda'daki deniz seviyesi artışının eğrisini C-14 yöntemiyle belirlemesi dünya çapında duyuldu.

Bruine Bank'ın insanları 9 bin yıl önce suyun durmadan yükseldiğini gördüler (Şekil 72). Kıyıda daha yukarılara çıkmayı becerdiler. Doggersbank sakinleri o denli talihli değildi. Korku içinde, durup dururken yıldan yıla küçülen bir adada yaşadıklarını keşfettiler. O insanların başına ne geldi? Tekneleri var mıydı? Salları? Bir tundrada böyle bir şey imal etmek için fazla ağaç yoktur... Yerin son sakinlerinin suyun kulübelerinde yükselişini nasıl seyrettiklerini; en uzun boylularının boğazlarına kadar su içinde nasıl durduklarını; Doggersbank'tan geriye kalan son şeyin nasıl dalgaların üzerinde sallanan bir el olduğunu göz önüne getirmek zor değil, tıpkı Surinam kıyısında Papillon'un yoldaşının bataklık kumunun üstünden son kez selamlayan eli gibi.⁹

Onlar göç etmek zorunda kalan ya da boğulan yegâne insanlar değildi. Marsilya yakınındaki Cosquer mağarasında 22 bin yıl önce mağaralarının duvarlarına muhteşem atlar, çengel boynuzlu dağkeçileri, bizonlar ve Alp dağkeçileri resmeden taş devri insanları, deniz seviyesindeki artış yüzünden 9 bin yıl önce konutlarını terk etmek zorunda kaldılar. Mağaralarının girişi bugün suyun 37 metre altındadır.

Adriyatik, Basra Körfezi, Çin Denizi ve Sumatra sahanlığının zemininde insanlar yaşamış olmalıdır. Bu insanlara ne oldu? Bunun, herhangi bir zamanda insanlığın başına gelen –küresel bir boğulma– en büyük çevre afetlerinden biri olması gerekir.

ÇEVİRMENİN NOTLARI

- 1 Alm. Rippelmarke, İng. ripple mark: Kaya ya da kum üzerinde su yahut rüzgârın bıraktığı iz.
- 2 Hollanda'nın güneybatısında bir idari birim.
- 3 Citroen'in 2 beygir gücündeki, bir dönem çok popüler olan "efsanevi" modeli; 2CV, başka birçok yabancı dilde olduğu gibi Türkçede de Fransızca telaffuzuyla "Döşevo" (ikibeygir) olarak bilinirdi.
- 4 Zeeland'ta Walcheren ve Noord-Beveland adaları arasında deniz kanalı. 1960'larda bir ucu kapatılarak Veerse Meer adıyla bir iç denize çevrildi.
- 5 Yerel adı: Verdrongen Land van Saeftinghe: 400 yıl önce deniz altında kalan ve artık doğal park olarak kullanılan 3500 hektarlık bir bölge.

- 6 Denizden karaya doğru esen bir fırtınanın daha da kabarttığı med hareketi.
- 7 Bir zaman dizisinin kapsadığı dönemin veya verilerin dışındaki değerlerin geçmiş değerlerden hareketle tahmin edilmesi.
- 8 Eski Felemenkçede balıkçı teknesi anlamına gelen *dogge* kelimesinden; nitekim bu kum seddi gökyüzünden bakıldığında bir tekneyi andırır.
- 9 Yazar, kürek mahkûmu ve "Papillon" (Kelebek) lakaplı Henri Charriere'in bir zamanlar büyük yankı yaratan aynı adlı romanına (1968) atıfta bulunuyor.

ÜÇ KERE TUFAN

"It rained for forty days and forty nights? Well, naturally it didn't –that would have been no more than a routine English summer. No, it rained for about a year and a half, by my reckoning. And the waters were upon the earth for a hundred and fifty days? Bump that up to about four years. And so on. Your species has been always hopeless about dates."

JULIAN BARNES, *A History of the World in 10½ Chapters*

Bu afeti hiç kimse sonraki kuşaklara aktarmadı mı? Kolektif belleğimiz neredeydi? Yoksa bu tam da kuşaktan kuşağa pekâlâ nakledilen bir afet örneği midir? Tufan hikâyesinin gerçek anlamı bu mudur? Söz konusu hikâye daha bildiğimiz en eski metinde, Ninive kitaplığından çıkan kil tabletler üstündeki Gılgamış Destanı'nda mevcuttur. Kutsal Kitap'ta, ama Kuran'da da aktarılır, ayrıca Greklerde Devkalion ile Pirra'nın hikâyesinde, Ovidius'da, İskandinav Edda [Destanı'nda], Wales'deki Druidlerin Kelt destanlarında, dilleri Sanskritçeye en yakın kalan Litvanyalılarda, İran'ın Bundahiş efsanesinde, Hintlilerin Bhagavad Gita'sında, Çin, Avustralya, Polinezya'da ve Alaska'dan Tierra del Fuego'ya kadar yüzden fazla Kızılderili kabilesinde rastlanır. Eski bir taşçı ustası olan otodidakt İngiliz Hugh Miller, *The Testimony of the Rocks* (1857) başlıklı kitabında Meksikalı Azteklerin, Perulu İnkaların, Brezilyalı ve Kübalı yerlilerin tufan hikâyelerinden söz eder. Alexander von Humboldt 1799'dan 1804'e kadar yaptığı yolculuklarında Venezuela'daki Tamanac ve Maipures yerlilerinde tufan hikâyelerine rastlar. Sera etkisini keşfeden İsveçli Svante Arrhenius, *Die Vorstellung vom Weltgebäude im Wandel der Zeiten* adlı eserinde Avrupa, Afrika, Asya, Avustralya, Polinezya ile Kuzey ve Güney Amerika'nın değişik halklarında 68 tufan hikâyesi sıralar. Ardından, "Siyahiler, Kaffirler' ve Arapların benzer destanları yok," diye ekler. 1819'da efsanevi Kuzeybatı Geçidi'ni bulmak için bir girişimde bulunan İngiliz kutup araştırmacısı John Franklin, Kuzey Kanada'da Dog-Rib Kızılderililerinin yanında şu notları alır:

“They say that Tschäpiwih, their great ancestor, *lived on a track between two seas* [italikler bana ait, SK]. He built a weir, and caught fish in such abundance that they choked the watercourse, and the water overflowed the earth. Tschäpiwih with his family entered his canoe, and took with him all kinds of beasts and birds. The land was covered for many days; at last Tschäpiwih could bear it no longer, so he sent out the beaver to look for the earth. But the beaver was drowned. Then he sent out the muskrat, which had some difficulty in returning, but it had mud on its paws. Tschäpiwih was glad to see the earth, and molded it between his fingers till it became an island on the surface of the waters, on which he could land.”⁴

Bu iki deniz arasındaki yol, önce kuru olan, sonra da sular altında kalan Bering Boğazı mıydı?

Ne dersin, Leonardo? Sen de tufan hikâyesine kafa yordun. Onun gerçek olmadığını söylemedin. Apokalips'te anlatılan gelecek tufana inan-dın, gümbürtülü taşkınların hırçın su kütlelerini çizdin. Ama aynı zaman-da, eğer tüm yerküre suyla kaplıysa ve suyun yüksekliği her yerde aynıysa su bir yere akamayacağı için Nuh'un tufanına kuşkuyla baktığını söyledin. Ayrıca eskiden bu konuda gösterilen kanıtların sağlam olmadığını belirttin. Sözelimi dağlardaki midye kabuğu fosilleri 1282'de Ristoro d'Arezzo tarafından *La Composizione del Mondo* başlıklı kitabında hâlâ Kutsal Kitap'taki tufan hikâyesinin doğruluğunun çürütülemez kanıtı olarak görülüyordu. Sen o inanılmaz gözlem yeteneğinle bu tezi çürüttün.

“Şayet İtalya'da denizden çok uzakta bulunan midyelerin, onları şimdi gördüğümüz o irtifaya tufan tarafından taşındığı söylenirse, o zaman şöyle cevap veririm: En yüksek dağın suyun yedi arşın altında kaldığına inanıldığı sürece, bilindiği gibi hep kıyıya yakın olan midyelerin her yerde aynı irtifada görülmesi gerekir.

Şayet midyelerin kıyıya yakın kaldığı ve deniz seviyesi yükselirken denizi en yüksek noktasına kadar takip ettiği söylenirse, o zaman şöyle cevap verilebilir: Kabuklu hayvan bir salyangozdan daha

hızlı hareket etmez, hatta aksine daha yavaş hareket eder, ama arkasında bir iz bırakır (...) ve günde üç dört metre ilerler. Yani Adriyatik Denizi ile Lombardiya'daki Monferrato arasındaki 250 millik mesafeyi, [tufanın süresini] ölçmüş olanlar tarafından anlatıldığı gibi 40 günde alamaz. Şayet onları oraya dalgaların getirdiği söylenirse, [o zaman cevap olarak derim ki] midyeler ağırlıklarından dolayı sürüklenemez ve zeminde kalır.

Şayet deniz seviyesinin yağmur suyuyla yükseldiği ve midyeleri bu irtifaya çıkardığı söylenirse, o zaman yine şu cevabı veririm: Sudean ağır nesneler sürüklenemez, aksine yerde kalır, oradan da sadece dalgaların marifetiyle uzaklaştırılabilir.

Şayet tufan midyeleri denizden üç ila dört yüz mil uzağa taşımış olsaydı, o zaman değişik türlerden oluşan bir karışım taşırdı; oysa biz [bunun yerine] tüm istiridyeleri, keza yumuşakçaları, mürekkep balıklarını ve tüm deniz kabuklarını [aynı ayn] değişik gruplarda görüyoruz, bunların hepsi aynı zamanda ölmüş ve tek başına yaşayan kabukluları da her gün deniz kıyısında gördüğümüz gibi tek tek buluyoruz.

Peş peşe gelen tabakalarda bir tabaka ile diğeri arasında, tabakalar henüz kurumadan önce onların arasında dolaşan solucanların izlerine rastlanıyor hâlâ. Deniz milinde hâlâ midyeler var ve onlar çamurla birlikte taşlaşıyor. Hayvanların tufan tarafından denizden o denli uzak yerlere taşınmış olduğuna inananlar aptal ve saf. Başka bir cahiller tarikatı, onların doğa tarafından ya da Tanrı'nın ilahi edimiyle böyle yerlerde yaratıldığına ısrar ediyor. (...) Ben onların hayat sürelerini bu özelliklere dayanarak kanıtladıktan sonra bu hayvanların besin aramaya çıkmadan hayatlarını sürdüremediklerini ve içinde hapsedikleri kayacı delebilecek aletlere sahip olmadıklarını kabul etmek zorundayız. (...)

Şayet midyeler daha sonra taşlaşan deniz milinde gömülü kalmadıysa, o zaman taş tabakaları arasında neden parça ya da bütün halinde o denli çok midye bulunuyor?

Denizin, komşu ırmaklarca getirilen kum ve çamur tabakalarını çoğalttığı ve bunları kıyılara yığdığı yılların sayısını saptamamız ge-

rekir ve bu tabakalar ile içlerindeki midyelerin birçok tufan tarafından meydana getirildiği belirtiliyorsa, o zaman böyle bir tufanın her yıl vuku bulduğunu kabul etmemiz gerekir.”

(Leonardo da Vinci, *Codex Leicester*, 8v, 9v, 10r, 10v, Vai'deki ilk metin, 2003)

Leonardo'nun jilet gibi keskin mülahazalarından sonra herhangi bir kimse- nin tufan hikâyesine hâlâ inanacağını tasavvur etmek biraz zor görünüyor.

Ne var ki bu metinler asla bilimsel dünyaya ulaşmadı; Leonar- do'nun notları içinde saklı kaldı ve hiçbir zaman kitap şeklinde yayımlan- madı. Onları ilk kez 1830'da *Principles of Geology*'de Charles Lyell gün ışığı- na çıkardı. 1837'de Louis Agassiz, Kuzey Avrupa'da düzensiz halde ortalık- ta bulunan büyük miktarda sapkıntaşın' tufan tarafından değil, kara buzuy- la nakledildiği konusunda çağdaşlarını ikna etmekte hâlâ büyük zorluklar- la karşılaşılıyordu.

Ve her şeye rağmen tufan hikâyesi, Kutsal Kitap'ta yer aldığı için de- ğil, dünyanın başka pek çok yerinde anlatıldığı ve tam da bu evrenselliğini açıklayabilecek bir mekanizma olduğu için çekiciliğini koruyor. Ama İskoç- yalı otodidakt Charles MacLaren ancak 1842'de –üstelik tufanla bir ilinti kurmaksızın– bu mekanizmaya işaret ediyordu. Agassiz'in Edinburgh'daki bir konferansından sonra bir gazete yazısında ilk kez, kuzey yarıkürede bü- yük bir buz takkesinin deniz seviyesinde önemli bir alçalmaya yol açabile- ceği tezini getiriyordu. Tufan hikâyesinin evrenselliğinin mantıklı bir açık- laması, dağlardaki midyeler değil, yüksek arazilerdeki sapkıntaşlar da değil, eriyen buz takkeleridir.

Amerikalı denizbilimciler William Ryan ile Walter Pitman *Noah's Flood*⁶ (1998) adlı kitaplarında tufan hikâyesine dair kendi versiyonlarını sunar. Son buzul çağından sonra deniz seviyesi yükselirken Karadeniz'in başlangıçta Akdeniz'le bir bağlantısı olmadığını ileri sürerler. Onlara göre Karadeniz ancak 7600 yıl önce, Akdeniz, Boğaziçi eşiğini aştığında bir an- da sular altında kalmıştı. Bunun sonucu devasa bir çağlayan oluşmuş: De- niz seviyesi bir yıl içinde 150 metre yükselmişti. Karadeniz kıyısında yaşa-

yan ve kaçmayı başaran halklar başlarından geçenleri o denli sık naklettikleri, bu olay tüm komşu halkların efsanelerinde tufan hikâyesi olarak varlığını sürdürüyor. Sözüünü ettiğimiz kitap, Ortadoğu ile Avrupa'nın tüm kültür tarihine de kol atan harikulade bir eserdir. Tıpkı Steven Ambroses'ın *Volcanic Winter*'i gibi bir BBC belgesel filmi olarak, hatta kanıtlar bilimsel dergilerde yayımlanmadan dünyaya yayılan müthiş bir hikâyedir. Kanıtlar öncelikle, Karadeniz'in kapalı havzasındaki tatlı su midyelerinin yerini bir çırpıda tuzlu su türlerinin almış olmasına dayanıyordu. Ancak özellikle Boğaziçi'nde sürdürülen daha etraflı araştırmalar onların hikâyesini büyük ölçüde yalanlıyor ve iki bilim insanı bugün olayların kitaplarında tasvir ettikleri kadar dramatik olamayacağını bizzat kabul ediyor. Ve kitap niçin Güney Amerika yerlilerin de tufan hikâyesini anlattıklarını açıklamıyor. Yazık. *Se non è vero è ben trovato*.⁷

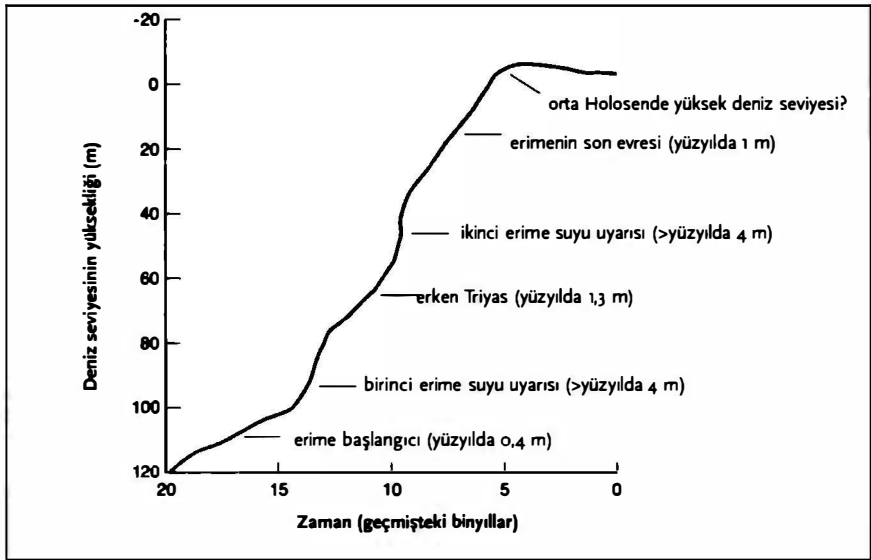
Görüldüğü gibi başka çıkmaz sokaklar da var. Sözelimi Edda'da, 10. yüzyıldan kalma bir Norveç ve İzlanda efsanesinde de bir tufan hikâyesi olması gariptir. Bu ülkeler buzul çağında deniz seviyesinin altında bulunuyor ve oralarda kimse yaşamıyordu. Ve buz eridiğinde deniz seviyesi kesinlikle yükselmedi, aksine alçaldı. Dört kilometre kalınlığındaki İskandinav buz takkesinin ağırlığı o denli büyüktü ki yerkabuğunu bir kilometreden fazla çökertmişti. İklim düzeldiğinde ve buz takkesi eridiğinde, ülke yeniden yukarıya doğru esniyordu, nitekim Linneé'nin daha önce belirttiği gibi bu hareket hâlâ devam ediyor. İskandinavya son on bin yıl içinde 300 metreden fazla yükseldi ve Finlandiya hâlâ her yıl on kilometre kare büyüyor. Yerkabuğunun, buz takkesinin bu muazzam, ezici kuvveti karşısında toparlanması bu denli uzun sürer. Karadaki yükselme deniz seviyesinden çok daha güçlü olmuştu. Bu daha ufak çapta İzlanda için de geçerlidir. Demek ki Edda'daki tufan hikâyesi kolay kolay İzlandalılar ile Norveçlilerin kolektif belleğinin ürünü olamaz.

Misyonerlerin Kutsal Kitap hasadından bilim insanlarına sadece samanın çöpü mü düşüyor? Bunu herhalde hiçbir zaman öğrenemeyeceğiz. Yine de tüm geleneksel aktarımların ortak yanı, hangi doğa afetlerine atıfta bulunulduğunun kanıtlanamaz oluşudur. Tabii herhangi birine atıfta bulunuyorlarsa!

Eriyen buz takkelerinin, deniz seviyesindeki fiili yükselmenin tespiti zorlaştıran başka etkileri de oldu. Buz takkeleri yerkaşuğunu aşığı basırdığıında, mantonun alt tarafta yatan esnek maddesi buz takkesinin altından dışarı akıyordu. Böylelikle buz takkesinin çevresindeki kara parçası yukarı kalkıyordu. Burada, insan bir hava yatağına yattığında meydana gelen etkinin aynısı söz konusudur. Döşek insan bedeninin altında ezilir ve böylece hava, Amerikalı iklimbilimci William Ruddiman'ın ifade ettiğı gibi kenarlara doğru itilir. Hollanda tam da böyle bir kenarda bulunuyordu. Buzul çağı sırasında yukarı doğru hareket ediyor, ama buz eridiğinde buz takkesi tarafından sıkıştırılan manto maddesi tekrar İskandinavya'nın altına akıyordu (hava yatağından kalkılmıştı). Hollanda bundan dolayı zaten olduğundan daha hızlı alçalmaya başlıyordu. Bu örneklerden anlaşıldığı üzere deniz seviyesindeki "mutlak" yükselmeyi saptamak çok zordur. Kıyı boyundaki su seviyesi ölçüm aletleri sadece deniz seviyesinin "nispi" hareketlerini ölçer, çünkü karanın yükselmesi ve alçalmasıyla birlikte onlar da hareket eder.

Başka bir etki de, okyanusların su seviyesindeki artışın 100 metreden daha fazla bir su seviyesi yükselmesini beraberinde getirmesiydi. Suyun ağırlığı okyanus tabanına o denli büyük baskı yapar ki taban yeniden biraz daha çöker. Bu şekilde deniz seviyesindeki yükselmeye bir ölçüde karşı koyulur. İlaveten sıcaklık artınca okyanus suyu daha geniş bir alana yayılır. Hatta bu, deniz seviyesinin günümüzdeki artışında buz takkelerinin erimesinden daha önemli bir etkindir.

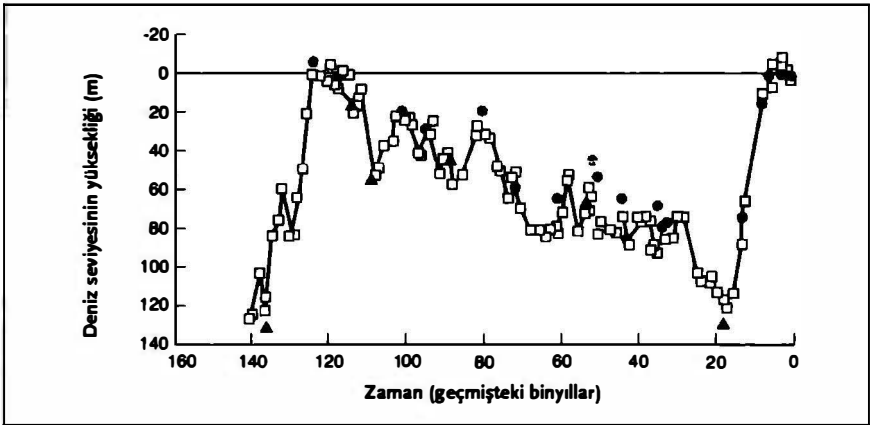
Karadaki bu buz takkelerinin ağırlığı deniz seviyesi üzerinde bu denli büyük bir etkide bulunuyorsa, onlardan çok uzakta olan bölgelere, sözelemi tropikal kuşaklara bakmakta yarar var. Orada ayrıca deniz seviyesinin duyarlı göstergeleri olan mercan resifleri var. Mercanlar fotosentez için ışığa ve yıl boyunca çamursuz, sıcak, berrak ve oksijen bakımından zengin bir suya ihtiyaç duyar. 20 metrenin altındaki bir derinlikte ışık çok azdır ve daha önce Charles Darwin'in saptamış olduğu gibi orada artık mercan yetişmez. Darwin, Hint Okyanusu'ndaki Keeling Islands'ta Kaptan FitzRoy'la birlikte mercan resifinin dış tarafından aşığı pudra sürülü bir iskandil savlosu indiriyordu. 10 kulaca (18 metre) kadar hep canlı mercanların izlerini buluyorlardı, bunun altında izler giderek seyrekleşiyor, sonunda [ipe] sadece kum



Şekil 73. Boğulan mercanların tarihlendirilmesine göre son 20.000 yılda deniz seviyesindeki yükselmeler. Hız 15.000 ile 5.000 yıl arasında her yüzyılda bir ile dört metre arasındadır.

yapışıp kalıyordu. Darwin'in en güzel kitaplarından biri olan jeoloji konulu *The Structure and Distribution of Coral Reefs*'te (1842) çıkardığı sonuca göre mercanlar besbelli sadece derin olmayan sularda yaşıyordu.

Bununla birlikte 100 metreden daha derinde ölü mercanlar bulundu! Bunlar orada ancak deniz seviyesi daha alçakken yaşamış olabilir. Robert Fairbanks 1989'da karbon 14 yönteminin yardımıyla, Barbados Adası civarında suyun altında çeşitli derinliklerde bulunduğu bir dizi ölü mercan kolonisinin yaşını belirliyordu (Şekil 73). Bu yolla zaman boyutunda, Hollanda'da bazal turbalarla mümkün olan tarihlendirmeden bir hayli daha geriye bakabiliyordu: Yirmi bin yıl geriye, son buzul çağıının en şiddetli olduğu ve deniz seviyesinin bugünkünden 120 metre daha aşağıda olduğu bir zamana gidiyordu. Yaş tayinleri daha sonra başka yöntemlerle düzeltildi, ama ilke aynı kaldı. Bir mercan ne denli sığ yerdeyse, yaşı da o denli küçüktür. Fairbanks'in eğrisinden, deniz seviyesinin başlangıçta her yüzyılda rahat

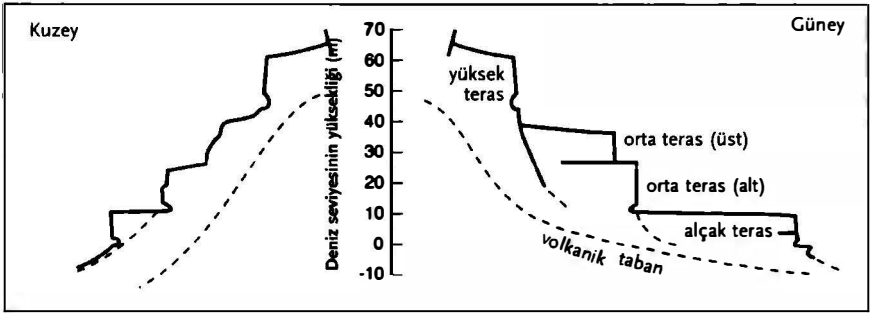


Şekil 74. Son buzul çağından bugüne kadar deniz seviyesinin testere dişi hareketi.

iki buçuk metre, yani bugünkünden neredeyse 20 kat daha hızlı yükseldiği anlaşıyor.

Deniz seviyesinin son buzul çağındaki yükselişi elbette bir defalık bir olay değil. Derin deniz oksijen izotoplarından edindiğimiz bilgiye göre deniz seviyesi her Milankoviç çevriminde iner çıkar: Buzul çağlarında alçalır, buzularası çağlarda yükselir. Hatta son buzularası çağda su seviyesi bugünkünden altı ila sekiz metre yüksekti. Ondan sonra yirmi bin yıl öncesi-ne kadar yavaş yavaş alçaldı, ardından hızla bugünkü seviyesine kadar yükseldi. Su seviyesi eğrisi, aynen daha önce derin denizde ve buz takkelerinde gördüğümüz asimetrik testere dişi hareketini gösterir (Şekil 74).

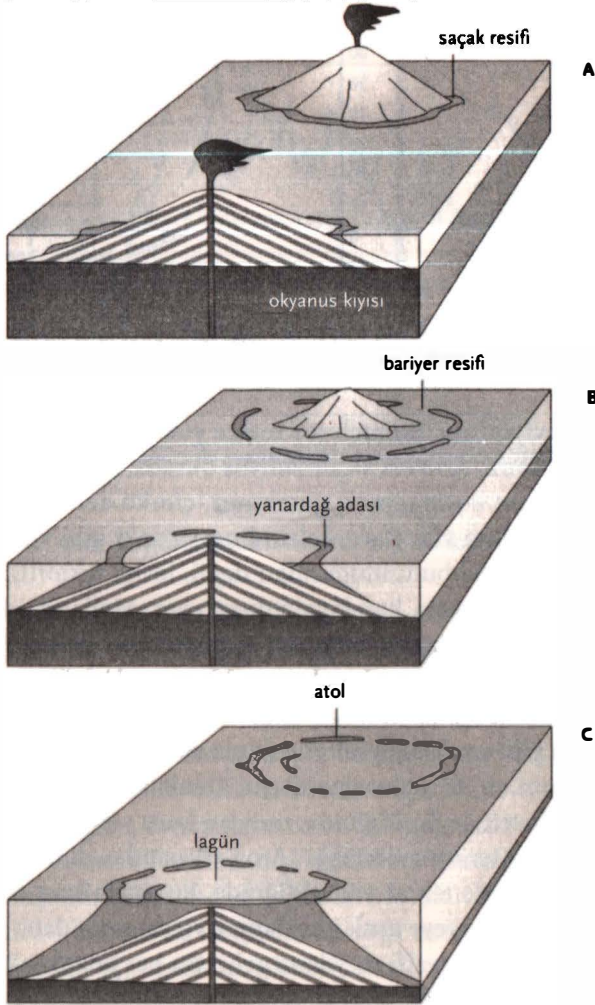
Bu gelişmenin her buzul çağında tekrarlandığını fark etmek zor değil. Sözgelimi Curaçao'da da görülebileceği üzere burada da mercanlar yardımcı olur (Şekil 75). Arkanıza alizeyi⁸ alarak yaklaşırsanız ada ziguratların basamaklı piramitlerini andırır, sadece çok daha yassıdır. Eski sömürgecilerin beyaz, kolalı yakaları gibi geniş, üst üste üç dört beyaz mercan terasının çerçevelediği tepe şeklinde bir dorukla karşılaşrsınız. Evet, mercanlardan söz ediyorum! İyi de mercanlar deniz seviyesinde büyümmez mi? Acaba Curaçao'da deniz seviyesi mi alçaldı? Çünkü teraslar bu-



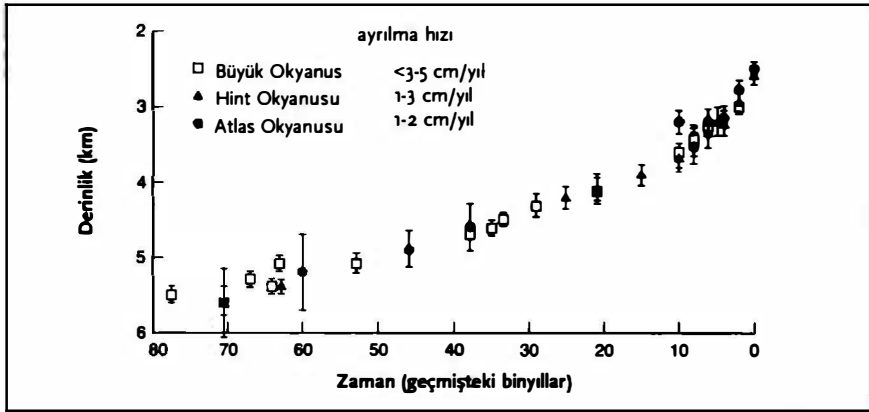
Şekil 75. Mercan teraslarıyla birlikte Curaçao'nun kuzey-güney kesiti. Alçak teras 125.000 yıl öncesinden, sondan bir önceki sıcak döneme aittir, yukarıdaki orta teras ise 400.000 yaşındadır.

günkü deniz seviyesinin düzinelerce metre yukarısında bulunuyor. Ama başka bir yerde deniz seviyesi alçalmadıysa burada alçalması da mümkün değil. Hayır, bunun böyle olması gerekmez, çünkü deniz seviyesinde sadece nispi bir alçalma var. Kara, İskandinavya'daki gibi yükseliyor, ama burada bir buz takkesi bulunduğundan değil, levha tektoniğinin sonucu yükseliyor. Burada da kara hareketsiz durmuyor. Hollanda denize batarken, [sahip olduğu] denizaşırı bölgeler yükseldikçe yükseliyor. Bunun ilginç yanı, bu yükselmenin milyonlarca yıldır az çok değişmeyen bir hızla sürüyor olmasıdır.

Şimdiki gibi sıcak dönemlerde deniz seviyesi yüksektir ve mercanlar büyümelerinin en üst noktasına ulaşır. Deniz seviyesi bunun ardından bir buzul çağında tekrar alçaldığında, mercan kuru yerde kalır ve ölür: Düz ve kuru bir mercan terasına dönüşür. Ama arkasından deniz seviyesi bunu izleyen sıcak dönemde tekrar yükseldiğinde, bu arada kara o denli yukarı çıkmıştır ki önceki seviyeye artık ulaşamaz ve yamaçta daha aşağı bir konumda yeni bir mercan resifi meydana gelir. Bu her buzul çağı çevriminde vuku bulur ve böylelikle ölü mercanlardan düz, basamaklı bir piramit şeklinde üst üste bir dizi teras oluşur. Ve üst üste bulunan bütün eski terasların yaşı uranyum-toryum yöntemiyle belirlenebilir. Daha yukarıda bulunan her teras, Milankoviç çevrimselliğindeki dışmerkezliğe göre tamı tamına yüz bin yıl daha yaşlıdır. Derin denizde ya da bir buz takkesinde sondaj yap-



Şekil 76. Okyanustaki volkanik bir adanın etrafında deniz tabanı çöktüğünde veya deniz seviyesi yükseldiğinde çepeçevre saçak resifleri, bariyer resifleri ve atoller meydana gelir. Maldiv atollerindeki gibi mercanlar, deniz seviyesinde son buzul çağından sonra görülen hızlı yükselmeye ayak uydurdu, öyleyse bunlar 21. yüzyıl için öngörülen çok daha sınırlı deniz seviyesi yükselmelerinden fazla etkilenmeyecek.



Şekil 77. Okyanus kabuğunun yaşlanmasıyla birlikte okyanusların derinliği de artar.

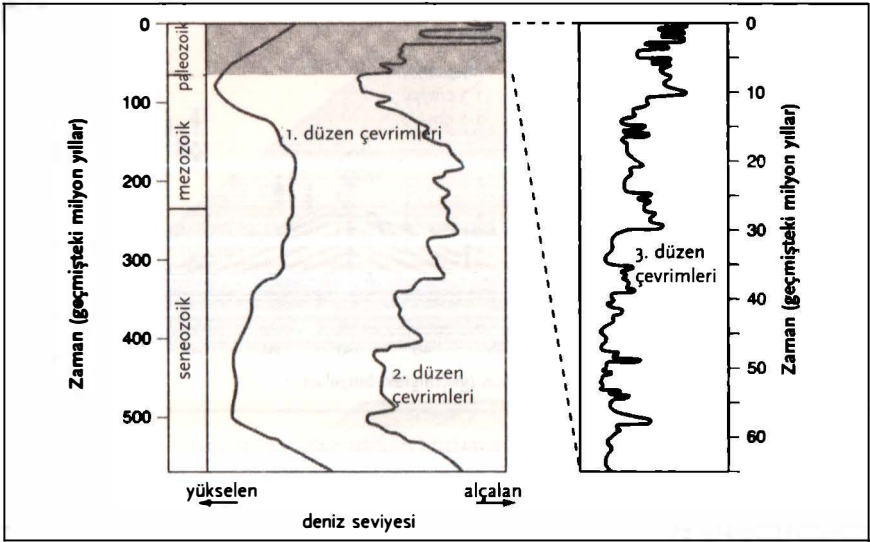
maya hiç gerek yok, bir yaz tatili sırasında kumsaldan baktığınızda Milan-koviç'i orada yatarken görebilirsiniz.

Sonunda deniz seviyesinde Milankoviç çevrimselliklerinin ölçüğindeki dalgalanmalar, daha büyük zaman cetvellerindekiyle kıyaslandığında yine sadece küçük kıvrımlardan ibarettir.

Darwin mercanları konu alan incelemeleriyle bilimsel araştırma dünyasını düşünmeye sevk etti. Darwin kendine şu soruyu sordu: Mercanlar sağlam bir zemine gerek duyduğu halde, sonsuz derinlikteki okyanusların ortasında nasıl oluyor da yalnız mercanlardan ibaret adalar meydana geliyordu? Bir atolde, merkezinde bir lagün bulunan az çok halka şeklindeki bir mercan adasında böyle sağlam bir zemin olmuyordu.

1952'de Eniwetok mercan adasında bir sondaj yapıldığında, volkanik alt tabakaya ulaşılmadan önce 1411 metre boyunca mercan tabakasından geçilmişti. Eğer mercanlar 20 metre derinliğin altında yaşayamıyorsa bu nasıl mümkün oluyor? Okyanusların seviyesi bir buçuk kilometre dolayında alçalmış olabilir mi? Bu pek kabul edilebilecek bir tez değil.

Darwin bunun okyanus tabanındaki bir çökmeden kaynaklandığını düşünüyordu. Bütün resifler, doğrudan yanardağların sahillerinde ve başka sağlam kayalarından adalar üstünde kıyı resifleri olarak büyümeye başlıyor-



Şekil 78. Son 500.000 yılda, 1., 2. ve 3. düzen çevrimleriyle birlikte Global Sea Level.

du. Sonra deniz tabanı çöküyor, ada batıyor, ama resifler dikey olarak yukarıya doğru büyümeye devam ediyor ve bir set resifine dönüşüyordu. Resifle ada arasında, ada denize battıkça durmadan genişleyen bir lagün meydana geliyordu. Ada bir kez tamamen kaybolduğunda resif de bir atole, mercanlardan bir halkaya dönüşmüş oluyor ve mercanların büyümesi tabanın çökmesine ayak uydurduğu sürece varlığını sürdürüyordu (Şekil 76).

Bugün okyanus tabanındaki bu çökmenin levha tektoniğiyle yakın bağlantısı olduğunu biliyoruz. Her üç büyük okyanus da, altında yatan okyanus kabuğu ne denli yaşlıysa o denli derindir. Okyanusların ortasındaki genç ayrılma kuşaklarında derinlik sadece iki bin metredir, ancak daha uzakta, kıyıya doğru beş bin metreye kadar çıkar. Genç okyanus kabuğu soğuduğunda büzülür ve böylelikle daha derine iner (Şekil 77). Darwin'in o zamanlar kaydettiği bu süreci.

Okyanus tabanının yaşanmaya koşut giden büzülme sürecinin deniz seviyesi üstünde dünya çapında bir etkisi olur, çünkü taban alçalınca ok-



Şekil 79.

Selenit, Bologna'daki
Torri Gemelle'nin

[İkiz Kuleler] temelindeki büyük
alçıtaşlarından meydana gelen kayaç,
jeoloji tarihinin en büyük deniz seviyesi
düşüşü olan Messina krizine tanıklık
eder. Böylece bu yapı Bakü'deki Bakireler
Kulesi'nin uzaktan akrabası olur.

yanusa daha çok su sığar. Gördüğümüz gibi, kretase döneminde okyanus tabanının birbirinden ayrılması⁹ bugünkünden beş kat daha hızlı vuku buluyordu, bu süreç öylesine süratliydi ki sonunda nispeten çok sayıda genç okyanus kabuğunun karşısında nispeten az sayıda yaşlı okyanus kabuğu kalıyordu. Dolayısıyla okyanusların ortalama derinliği şimdikinden daha azdı.

Ayrıca buz takkeleri de yoktu, bu sebepten okyanusların tüm suyu alması gerekiyordu. Bundan dolayı okyanuslar, deniz seviyesi bugünkünden 200 metre daha yükseğe çıkıncaya kadar taşıyordu. Levhaların ayrılma temposu kretase döneminden bu yana büyük ölçüde düştü, bu da az sayıda genç kabuğun eklendiği anlamına geliyor. Zaten var olan kabuk önemli ölçüde büzülmişti, bunun için okyanuslar daha derinleşti ve sonuçta deniz seviyesi alçaldı. İlâveten o zamandan beri antarktik buz takkesi gelişti, bu da deniz seviyesinin bir kez daha yaklaşık 60 metre alçalmasına yol açtı. Bu

buz takkesi yeniden tümüyle eriyecek olsa bile, kretase döneminin deniz seviyesine ulaşmanın çok uzağında olurduk.

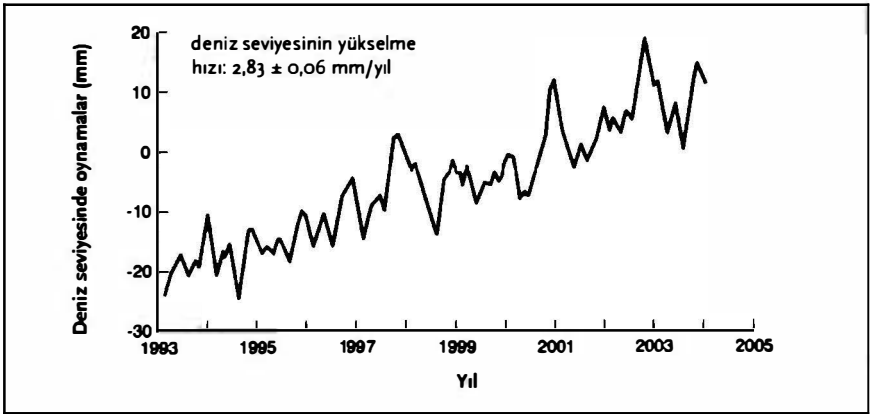
Kretase döneminden önceki durum, özellikle süper kıta Pangea'nın oluşmasının başlangıç evresindeki karbonifer döneminde bugünküne çok benziyordu: O zaman da az sayıda genç okyanus kabuğu ve güney kıtalarında bir buz takkesi vardı, yani deniz seviyesi alçaktı.

Buna karşılık deniz seviyesi daha önce, erken paleozoik zamanda yüksekti –burada daha önce gördüğümüz, levha tektoniğinin yönlendirdiği kabaca 200 milyon yıllık büyük deniz seviyesi çevrimini teşhis ediyoruz.

Deniz seviyesindeki değişiklikler, deniz tabanında petrol ve doğal-gaz ararken de önemli bir rol oynar. Amerikan petrol şirketi ExxonMobil'in jeologları 70'li yıllarda Peter Vail'in önderliği altında araştırma dünyasında bir devrim yaratmıştı. Jeologlar, açık deniz (offshore) çökelti katmanlarının oluşumunu büyük ölçekli deniz seviyesi değişiklikleriyle açıklamaya imkân tanıyan sekans stratigrafisi kavramını geliştirdiler. Deniz seviyesi değişikliklerini, çökelti sekanslarının tam bir kıyaslamasıyla dünyanın her yerinde üç büyüklük kategorisinde belirleyebileceklerini ileri sürüyorlardı.

İlk büyüklük kategorisi, demin gördüğümüz 200 milyon yıllık çevrimselliktir. Bunun üstüne, deniz seviyesi değişikliklerinin düzinelerce milyon yıldan meydana gelen ikinci büyüklük kategorisi ile birkaç milyon yıllık üçüncü kategori biner. Bunun ortaya çıkardığı, Haq, Hardenbol ve Vail tarafından belirlenen genel eğri *Global Sea Level Curve*^o olarak tanındı (Şekil 78). Bunların üstüne binen Milankoviç çevrimsellikleri dördüncü ve beşinci büyüklük kategorileri diye anılır. Ama ikinci ve üçüncü büyüklük kategorileri çok tartışmalıdır. Birçok araştırmacı bunların gerçekten dünya çapında çevrimsellikler olduğuna inanmıyor, sadece kara ve deniz tabanında mevzii çökme ve yükselmelerden kaynaklanan bölgesel çevrimsellikler olduğunu düşünüyor. Ne var ki ExxonMobil için bu bir dogmaya dönüştü ve bununla ilgili tartışmalar her petrol kongresinde yeniden alevleniyor. [ExxonMobil] petrol arama çabalarında giderek daha sık başarısızlığa uğradıkça günün birinde onların da aklı başına gelecek.

Bu kitabı Bologna'da, dünyanın bin yıllık en eski üniversitesine sahip bir kentte yazıyorum; 1603'te ilk kez jeoloji kelimesini kullanan Uliesses

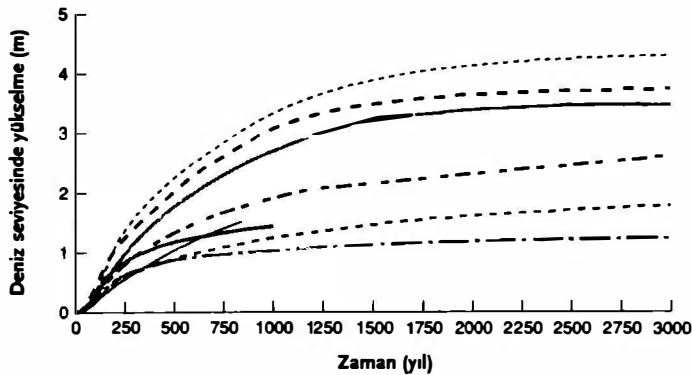


Şekil 80. Deniz seviyesindeki yükselmelerin Topex-Poseidon ve Jason uydularıyla dünya çapında ölçülmesi.

Aldrovandi'nin kentinde; Kopernikus, Leonardo da Vinci, Galilei, Lomonossov, Cuvier ve başka birçok büyük bilim insanının gezindiği bir kentte. Ve benim için jeoloji tarihinin en büyük deniz seviyesi alçalmasının simgesi olan kent.

Kent merkezindeki ikiz kulelerin –neredeyse 100 metre yüksekliğindeki Torre degli Asinelli ile 50 metrenin altındaki Torre degli Garisenda–, kare planlı bu tuğla yapıların her ikisi de, küçüğü büyüğünden biraz daha az olmak üzere şakülden kaçmış. Ama hâlâ ayakta duruyorlar, üstelik bin yıldan beri.

Ne var ki yapıların temelleri tuğladan değil. Kulelerin çevresini ilk kez dolandığımda, kaidedeki büyük kesme taşların içindeki bir desimetrelik, uzunlamasına kristallerin parıltısı dikkatimi çekti. Bakışlarımı nereye çevirirsem çevireyim, güneş hep herhangi bir parıltılı kristal yüzeyi yansıtıyordu. Acaba bunlar ne tür kristallerdi? Cebimden anahtarlığımı çıkardım ve ev anahtarım ile bir kristal yüzeyi gizlice kazıdım. Anahtar derin bir çizik bıraktı. Bunun ardından taşı tırnağımla kazıdım –bu bile kristaller üzerinde tırmık izi bıraktı. Öyleyse bu sadece alçı olabilir. Elbette, kırlangıcın çatal kuyruğuna benzeyen o güzel kristal yapısıyla alçı! Bütün kayaç iri kris-



Şekil 81. 3. binyılda deniz seviyesinde yükselme (çeşitli IPCC senaryolarına göre CO2 emisyonlarının %1'den bugünkünün dört katı daha yoğun olduğu yıllık artış durumlarında).

talli alçıdan meydana geliyor! Burada buna selenit deniyor. Bin yaşını görece yüksek bir kulenin temeli için kim sırf alçı kullanır? Pudrayı bir yana bırakırsak, yerkabuğunun sunduğu aşağı yukarı en yumuşak malzemeden söz ediyoruz! Demek ki yapı malzemesi olarak el altında gerçekten başka bir şey yokmuş (Şekil 79).

Sahiden de böyle olmuştu. [Alçıtaşı] kentin güneyindeki Apenin Dağları'nın marmalı eteklerinde bulunan tek işe yarar kayadır. Dağın keskin kenarlı bir sırtı, yumuşak tepelerin arasından Çin Seddi gibi kilometrelerce uzanır, bu 25-30 metre kalınlığında, levha tektoniğiyle yamulmuş bir katmandır ve parlıtlı alçı kristallerinden oluşan iri rozetler sergiler. Böyle bir kayas sadece büyük miktarda deniz suyunun yoğun buharlaşmasıyla meydana gelebilir. Bu alçı seddi 6 milyon yıl önceki Messina krizinin en inandırıcı delilidir. Levha tektoniği Cebelitarık Boğazı'nı kapattı ve Akdeniz'in tamamı derinliği 1500 metreye düşene kadar kurudu. Bütün deniz suyu buharlaştı, bunun sonucu kalker, alçı ve kayatuzu çökeldi ve kimi yerlerde bir kilometreye varan muazzam katmanlar teşekkül etti. Denize ulaşmak isteyen Nil, Rhône ve Po ırmaklarının ağızlarında yüzlerce metre derinliğinde kanyonlar oluştu. Kenneth Hsü bu konuyla ilgili harika kitabını *The*

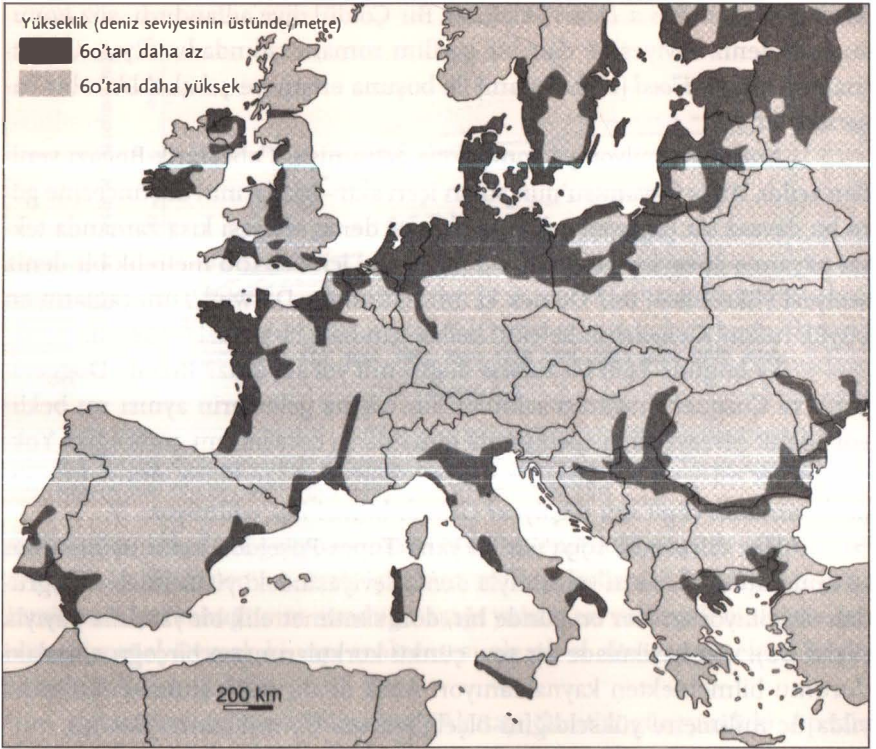
Mediterranean Was a Desert [Akdeniz Bir Çöldü] diye adlandırdı, söz konusu eser deniz seviyesine dair bir gerilim romanı tadındadır: Ryan ile Pitman'ın *Noah's Flood* [Nuh Tufanı] ile boşuna erişmeye çabaladıkları bir başarıdır bu.

Ancak bir milyon yıl sonra sona gelinmişti. Cebelitarık Boğazı yeniden açıldı, Atlas Okyanusu'nun suları içeri aktı –bazılarının düşüncesine göre bu devasa bir çağlayan şeklinde oldu ve deniz seviyesi kısa zamanda tekrar okyanus düzeyine yükseldi. Birkaç bin yıl içinde 1500 metrelik bir deniz seviyesi yükselmesi mi? Demek ki mümkünmüş, Darwin! Tüm çağların en büyük tufanı! Gelgelelim kolektif bellek için hâlâ biraz fazla erkendi.

Ya bugün? Yeni bir tufana doğru mu yol alıyoruz? Bizi de Doggersbank ve Cosquer mağarası sakinlerinin başına gelenlerin aynısı mı bekliyor? Artık çevreye karşı işlediğimiz günahların cezasını mı göreceğiz? Yoksa yeni bir misyonerler kuşağının taze tohumlarından bilim insanlarına sadece samanın çöpü mü düşüyor? Günah bilinci ifşa ediliyor.

Her durumda, 1993'ten bu yana Topex-Poseidon radar uydusunun ve onun ardılı Jason'ın yardımıyla deniz seviyesindeki yükselmeleri doğrudan ölçebiliyoruz: Her on günde bir, dört santimetrelik bir yanılma payıyla (Şekil 80). Bu harikulade bir şey, çünkü korkularımızın birçoğu o andaki durumu bilmemekten kaynaklanıyor. Artık deniz seviyesinin on iki yıldır yılda üç milimetre yükseldiğini ölçebiliyoruz. Üç milimetre. Bu çok mu? Durum kötü mü?

Bu sık sık olduğu üzere bakış açısına bağlıdır. Yılda bir buçuk milimetre (her yüzyılda 15 cm) kadar olan 20. yüzyıl ortalamasından biraz fazladır bu. IPCC 21. yüzyılın sonuna kadar yılda 0,9 ila 8,8 mm arasında bir yükselme olacağı kehanetinde bulunuyor. Bu vakada kısa süreli ölçüm takıntılarını aşıp modellerini üç bin yıl öncesinden tasarlayıp hesapladılar. Bu en pervasız senaryolarında dört metrelik, yani yılda bir milimetrelik bir deniz seviyesi yükselmesi buldular (Şekil 81). Klaus Hasselmann (bkz. Dokuzuncu Bölüm) daha da cüretkâr ve 3000 yılında azami sekiz metreye ulaştı, bu da yılda neredeyse üç milimetre yapar. Ama bu, Doggersbanklı insanların boğuldukları son buzul çağındakinden hâlâ daha düşüktür: [Deniz seviyesi] o zaman yılda 10-25 mm yükseliyordu. Ve deniz seviyesinin 1977-95 arası her yıl



Şekil 82. Antarktika buz takkesinin erimesi sonucu deniz seviyesi 60 metre dolayında yükseldiği takdirde Avrupa'nın büyük bölümü sular altında kalacaktır.

15-30 *santimetre* yükseldiğini gören Hazar Denizi kıyılarının sakinleri için bu bile tabii ıvır zıvır sayılırdı. Messina krizinden hiç söz etmeyelim.

En büyük güvensizlik etkeni Grönland buz takkesinde yatıyor. Takke eriyecek olursa deniz seviyesi altı ya da yedi metre dolayında yükselir. O zaman okyanuslar da tıpkı yüz bin yıl önceki gibi buzularası çağda olduğu kadar yükselecektir. Şu anda Grönland buz takkesi, kar sınırının dışına taşıdığı için hâlâ kendini koruyor. Kar sınırının üst tarafında, buz miktarında erime ve süblimleşme yoluyla kaybedilenden daha fazlası kar yağışıyla geri alınır. Ama iklim tüm buz takkesi kar sınırının altında kalacak denli ısınır-

sa, o zaman takke tamamen erir ve artık kendiliğinden yeniden teşekkül etmez. Ve antarktik buz takkesi eriyecek olsaydı, o zaman deniz seviyesi 60 m dolayında dahi yükselirdi (Şekil 82). Bunun olup olmayacağı hâlâ büyük bir soru işareti içeriyor: İklim ısınır mı, hava daha fazla su buharı tutabilir ve buz takkesi üstündeki yağış artabilir. Bu şu anda Antarktika'da buz takkesinin büyümesine yol açıyor. Görünüşe bakılırsa Grönland'ta da böyle bir işlev görüyor. Demek ki şimdilik tehlike çanlarını çalmaya gerek yok.

Amma velakin üç bin yıl henüz bize yetmiyor, on bin yıl sonraki geleceği görmek istiyoruz. Ve o zaman da sadece CO₂ emisyonuna değil, uzun vadeli çevrimselliklere de bakmak gerekir. Gelecek on bin yılın deniz seviyesini önceden söylemek için ihtiyacımız olan sadece Milankoviç eğri- siyle geleceğe dair bir ekstrapolasyon yapmaktır. İklim araştırmacılarının çoğu deniz seviyesinin gerçekten tekrar alçalacağı konusunda görüş birliği içindedir. Bu on bin yıl içinde görülebilir olacaktır. Ama IPCC ve Klaus Hasselmann bunu dikkate almadı. Bu alçalmanın ne zaman başlayacağını belirlemek de kolay değil, çünkü sonuncu buzul çağı gibi bir sonraki de yavaş başlayıp çabuk son bulacaktır. Daha önce gördüğümüz testere dişi hareketi burada da söz konusudur (bkz. Şekil 74). Belki deniz seviyesinin alçalması çoktan başladı ve biz onu yüksek CO₂ emisyonuyla sadece geçici olarak yavaşlatıyoruz. Belki içinde bulunduğumuz sıcak dönem sadece CO₂ solunumuyla hayatta tutulabilen ölümcül bir hastadır.

ÇEVİRMENİN NOTLARI

- 1 Kırk gün kırk gece yağdı mı? Eh, tabii yağmadı –bu alışlagelmiş bir İngiliz yazındakinden fazla değildi. Hayır, bana kalırsa aşağı yukarı bir buçuk yıl yağdı. Ve sular yeryüzünün üstünde yüz elli gün kaldı mı? Bunu yaklaşık dört yıla çıkar. Ve buna benzer şeyler. Sizin türünüz tarihler konusunda daima umutsuz bir vakaydı.
- 2 Erasmus sisteminde "Deukalion" ve "Pyrrha" olarak yazılır.
- 3 Güney Afrika'nın Bantu kabilelerinden olan kimse.
- 4 "Büyük ataları Tschäpiwih'in iki deniz arasındaki bir yolda yaşadığını söylüyorlar. Bir çit dalyanı inşa etmiş ve o denli bol balık avlamış ki balıklar suyun yatağını tıkmış ve karayı su basmış. Tschäpiwih ailesiyle birlikte kanosuna binmiş ve her türlü vahşi hayvanla kuşu yanına almış. Kara günlerce suyla kaplı kalmış; sonunda Tschäpiwih daha fazla dayanamamış ve karayı araması için kun-

duzu göndermiş, ama kunduz boğulmuş. Bunun üzerine miskfaresini göndermiş, o geri dönmekte zorlanmış, ama pençelerinde çamur varmış. Tschäpiwih toprak görmekten memnun olmuş ve ta ki suyun yüzeyinde üstüne çıkabileceği bir adaya dönüşünceye kadar toprağı parmakları arasında yoğurmuş.”

- 5 Bkz. Yedinci Bölüm, 8. not.
- 6 Nuh Tufanı.
- 7 İt. Gerçek olmasa bile iyi bulunmuş bir şey.
- 8 Tropikal bölgelerdeki denizlerde bütün yıl süresince düzenli esen rüzgâr.
- 9 Kastedilen, okyanus tabanındaki taşküre levhalarının birbirinden ayrılmasıdır.
- 10 Küresel Deniz Seviyesi Eğrisi.

•

AKIŞ YUKARI ZAMAN

"Wait a minute. Why I am walking backwards into the house? Is it dusk coming, or is it dawn? What is the –what is the sequence of journey I'm on? What are rules? Why are the birds singing so strangely? Where I am heading?"

"Bekle bir dakika! Ayaklarım eve niçin geri geri gidiyor? Alacakaranlık mı çöken yoksa ağaran gün mü? Gittiğim yolculuğun neresinde, hangi merhalesindeyim? Yolculuk kuralları ne? Kuşlar neden böyle garip şakıyor? Nereye doğru gitmekteyim?"

MARTIN AMIS, *Time's Arrow*, 1991

Ren, daha doğrusu Aşağı Ren bölgesindeyim. Bu artık Alpler'den çıkıp bütün Almanya'yı geçen haşmetli ırmak değil, sadece Hollanda'ya girer girmez ayrıldığı üç koldan biri. Bu şekilde ırmak ihsanları ile kaprislerini, bu ülkenin eşitlikçi geleneğiyle uyum içinde mümkün ölçüde geniş bir yüzeye dağıtır.

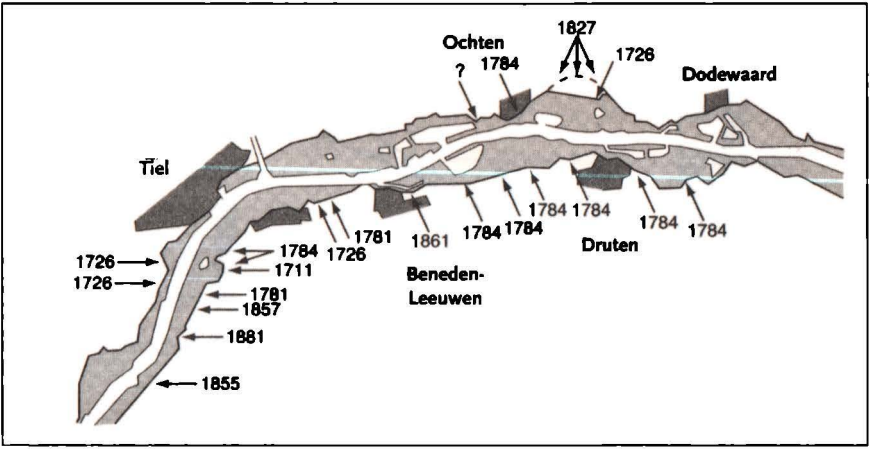
Yaz seddesinin üstünde oturuyor ve akan suya bakıyorum. Su hafif bulanık, denize biraz da çamur taşıyor. Irmağın ağzına daha 100 km var ve 11 metrelik bir eğim farkını daha arkada bırakması gerekiyor. Irmak, büyük taş bloklarından ibaret alçak mahmuzlar tarafından bir korseye sıkıştırılmış. Taş blokları uzaklardan geliyor: Kuvarsit Ardenler'den, bazalt Almanya'dan –bu alçak ülkede yabancı unsurlar. Mahmuzlar arasındaki koylarda küçük kumsallar var, ama suyun kaldırdığı bir kum görmüyorum. Akıntı bunun için yeterince güçlü değil. Belki ırmağın tabanında durum farklı, ama bulanık suda onu göremiyorum. Aslına bakılırsa ırmakta pek bir şey olmuyor, ama akıntı kimi zaman mahmuzlar arasındaki kumu da akış yönünde taşıyacak denli güçlü olsa gerekir.

Yaz seddesi ile kış seddesi arasındaki dar kara şeritlerini dış polderler meydana getirir. Bunlar sayısız küçük gölün ve terk edilmiş çukurun bulunduğu, etraflarına yer yer budanmış söğütlerle çit çekilmiş düzensiz çayırlar.

dan ibaret. Irmak aşağı yukarı yılda bir kez, Alpler’de kar eridiğinde, yatağının almadığı kadar çok su taşır. O zaman su dış polderlere akar ve uçsuz bucaksız bir sulak alan oluşur ve ırmakta hiç olmazsa bir şeyler kıpırdar. Su mahmuzlarla yaz seddesinin üzerinden aşar ve seddelerin kuytu tarafında yeni kum birikir. Ardından hava dona çektiğinde sonsuz uzunlukta bir buz pisti ortaya çıkar. Kış seddesinden baktığımda paten kaymakta olan ailemi ufukta kaybolurken görüyorum. Su tekrar alçaldığında karada –her ikisi de geriye dönüş yolunu bulamayan– çamur ve ölü balıklar olacak. Çamur kış ve yaz seddeleri arasına sıkışmış ve her taşkında çamur tabakası biraz büyüyor. Böylece çamur kabı yavaş yavaş doluyor ve suyu alacak mekân giderek azalıyor.

Irmağın öteki yakasındaki yaz seddesinin üstünde bir tuğla ocağının bacasını görüyorum, akış yukarı ve akış aşağı başka birçok ocak daha var. Bu rastlantı değil. Tuğla ocakları, dış polderlerde yaz demeden kış demeden biriken çamurdan tuğla imal ediyor. Böylelikle ikili bir işlevi yerine getiriyorlar: Köydeki evlere yapı malzemesi temin ediyor ve bunun dışında suyun dış polderlerde toplanmasının sağlanmasından sorumlu oluyorlar. Dikkatli bakıldığında otların arasında çamurun taşınmış olduğu eski kazıların yerleri görülüyor. Günümüzde birçok tuğla ocağı yetersiz verimlilik yüzünden işi tatil etmiş.

Asıl kara ancak kış seddesinin arkasında başlar. Dış polderler su altında kaldığında bu topraklar ırmak seviyesinin altında bulunur. Bizim evimiz de orada ve ırmak balçığı üzerine inşa edildi. Bu ırmak balçığı oraya, evimizin altına nasıl geliyor? Oysa ev kış seddesi tarafından korunuyor! O zaman orada balçık olmamalıydı! Ne var ki Hollanda’nın yarısı ırmak balçığından meydana geliyor. Bütün Betuwe, Yukarı Betuwe, Maas ve Waal toprakları, Bommelerwaard –hepsi de kış seddelerince korunuyor, ama buna rağmen tümüyle ırmak balçığından oluşuyor. Bu nasıl mümkün oluyor? Besbelli ırmak bazen bu kış seddelerini de aşıyor. O zaman bir anda çok şey vuku buluyor. Düzinelerce köyü su basıyor, çünkü kış seddelerinin dahilindeki bölgeler, su karadan yukarıda olduğu sürece su ve çökeltileri alan ve orada tutan büyük çamur havuzlarıdır. Tıpkı Zeeland’taki polderler gibi banyo küvetleridir bunlar. Seddede daha önce bir kez yarılan yeri kolayca fark edebilirsiniz. Orada artık sık sık yuvarlak bir gölcük, bir *Wehle*’ görü-

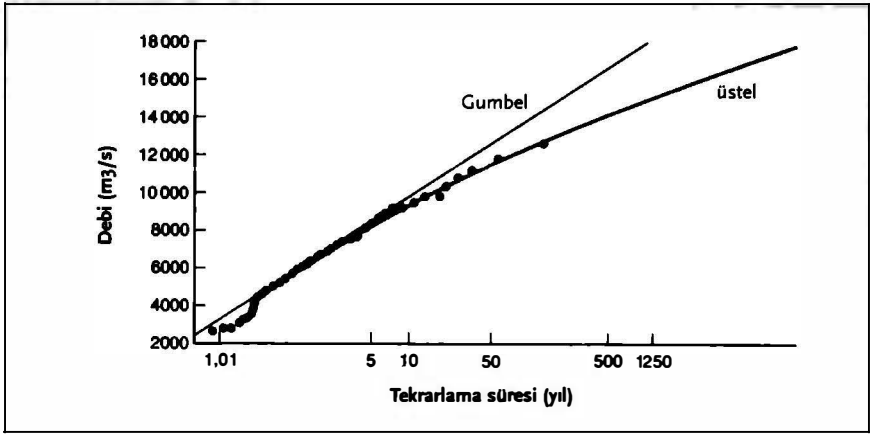


Şekil 83. Son yüzyıllarda Waal'daki sedde yarılmaları.

lür. Suyun içeri nüfuz ettiği derin çukur bu noktada bulunuyordu. Yeni sedde bu derin yerin etrafında, bazen kara, bazen de ırmak tarafında inşa ediliyordu; bu, derin çukuru doldurmaktan daha basitti. Bundan dolayı bir seddenin içinde de, dışında da *Wehle*'ler olur.

Bununla birlikte bir seddede bu tür bir yarıлма seyrek vuku bulur. Bizim sedde son olarak 1855'te yarılmıştı (Şekil 83). O zamanlar henüz evimiz yoktu (1879'da inşa edildi). Ama 1993 ve 1995'te evi su basmasına kıl payı kalmıştı. Su kış seddesinin tepesinin bir metre altına kadar çıkmıştı. Küçük bir zayıf nokta seddenin yıkılmasına yeter ve su oturma odamızın yarısına kadar çıkardı. Bodrumu çoktan boşaltmıştık, tehlikeli bölgede bulunan enstitüde de her ihtimale karşı tüm aygıtlar en üst kata taşınmıştı. Özellikle zayıf kış seddeleri arasında bulunan Betuwe'deki birkaç banyo küveti tahliye edilmiş, 100.000'den fazla insan başka yerlerde misafir edilmişti. Seddelerdeki zayıf yerler kızılötesi kameralarla keşfedilmiş ve ardından kurn çuvalarıyla sağlamlaştırılmıştı. *Dutch flood* [Hollanda'da sel] dünyanın her yerinde haberlerdeydi.

Sonunda seddeler dayandı. Yine de 100.000 insanı boşuna tahliye etmek, 1953'te Zeeland'taki felaket fırtına gecesindeki gibi 1836 kişinin boğulmasından ya da Arnera'daki gibi 25.000 kişinin çamurun altına gömül-

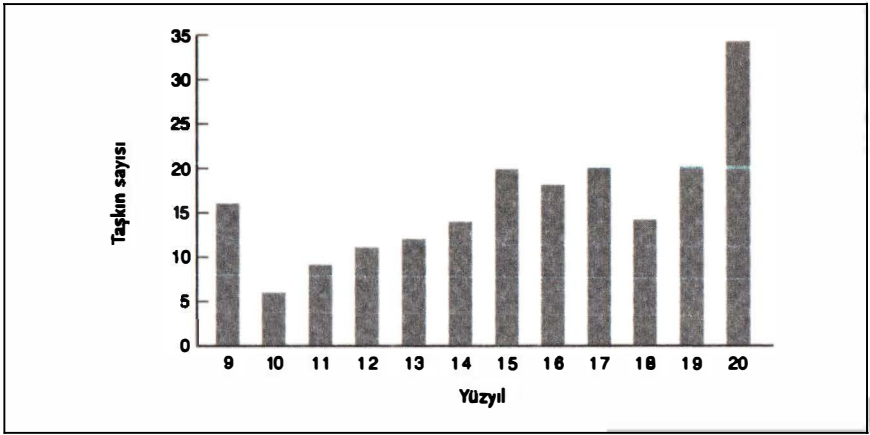


Şekil 84. 95 yıllık (1901-1995) gözleme dayanan değişik istatistiksel ekstrapolasyonlara göre Ren Irmağı'nın taşma sıklığının frekans-büyüklik grafiği. Gumbel eğrisi neredeyse fraktaldır, üstel eğri ise aşırı debilerde daha uzun tekrarlama süreleriyle sonuçlanır.

mesinden daha iyiydi. Elbette, her hafta tahliye kalkılmadığı sürece... Ancak istatistiklere göre böyle bir su baskını sadece 200 yılda bir oluyor.

Bütün yıl boyunca bir şey olmuyor, yılda bir kez dış polderler su altında kalıyor ve 200 yılda bir ırmak kış seddelerini aşmak istiyor. Irmakların da frekans-büyüklik bağıntısı var: Debi –yani Ren'den aşağı akan su miktarı– ile frekans yahut daha doğrusu tekrarlanma süresi, yani belirli bir akan su miktarının hangi aralıklarla aşıldığı arasındaki ilişki (Şekil 84).

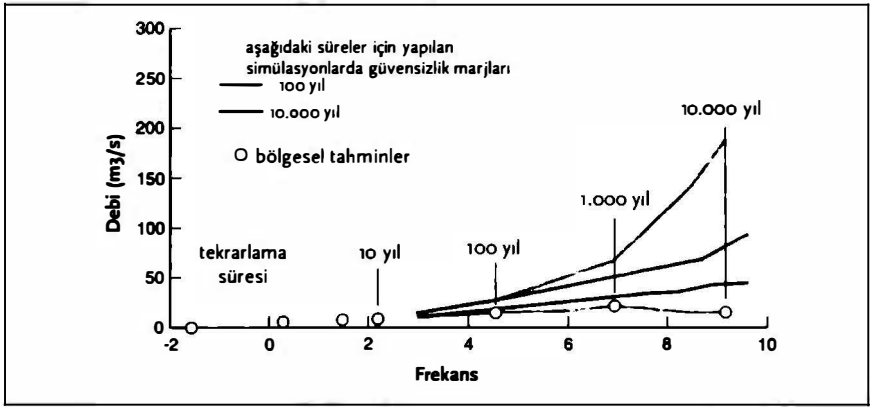
Kısaca birkaç rakam verelim. Ren'in ortalama debisi $2200 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir (metreküp/saniye). Ama bu fazla bir şey söylemez. Ren'in henüz kollara ayrılmadan Hollanda'ya girdiği Lobith'te herhangi bir zamanda ölçülen en düşük debi 12 Kasım 1947'de $620 \text{ m}^3/\text{sn}$, 3 Ocak 1926'da yine aynı yerde ölçülen en yüksek debi $12.600 \text{ m}^3/\text{sn}$ idi. Yani yirmi katıydı! 1993'teki taşkın sırasında debi $11.000 \text{ m}^3/\text{sn}$ ve 1995'te $12.000 \text{ m}^3/\text{sn}$ idi, bu herhangi bir zamanda ölçülen ikinci en yüksek debiydi. Ren 1824/25, 1844/45, 1918-20, 1925/26 ve 1982/83 dönemlerinde de taşmıştı. Bütün noktaları bir grafiğe dönüştürürsek şu sonuç ortaya çıkar: Ortalama yılda bir kez $5800 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik, on yılda bir $9670 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik ve yüzyılda bir $12320 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'lik bir de-



Şekil 85. Ren Irmağı'nın 9. yüzyıldan beri Köln yakınındaki tarihi taşkınları (ortaçağ sıcak döneminde daha az, küçük buzul çağında daha çok).

bi aşıyor. Eğriyi daha da uzun bir ekstrapolasyona tabi tutabiliriz ve o zaman 1250 yılda bir 16000 m³/sn'lik bir debinin aşıldığını görürüz. Son bölümde gördüğümüz gibi, asgari sedde yüksekliklerini belirlemek için bu norm kullanılır.

1250 yıl –şimdi bu ne demek oluyor? Eğri, tıpkı deniz seddelerinin-ki gibi bir yüzyıllık bir gözlem zamanı dilimine dayanıyor. Ama bunun için *hangi* yüzyılı seçtiğimiz elbette bir rol oynar. Jan Buisman'ın *Duizend Jaar Weer, Wind en Water in de Lage Landen* [Hollanda'da Bin Yıl Boyunca Hava, Rüzgâr ve Su] başlıklı iklim almanağına inanacak olursak, 1389'da, ortaçağ sıcak döneminde, Ren Irmağı Köln kenti yakınında on yıl içinde üçüncü defa o denli alçalıyordu ki atlar nehrin ortasında gidiyordu. Ren 1540'ta yedi ay süren güneşli ve sıcak bir havadan sonra adeta kurumuştı. Bunun ardından daha yüksek su seviyeleri içeren soğuk ve nemli küçük buzul çağı geliyordu. Bu, Köln'deki Ren Irmağı su seviyelerine ilişkin Alman verileri tarafından da doğrulanıyor (Şekil 85). Ortaçağ sıcak dönemi sırasındaki yüzyıllık bir gözleme dayanan bir frekans-büyükölçek eğrisi, küçük buzul çağındaki yüzyıllık gözleminkinden tabii çok farklı görünür. Bu tür eski veriler bir



Şekil 86. Moldau Irmağı'nın Prag yakınındaki frekans-büyüklik grafiği; on bin yıllık ekstrapolasyona tabi tutulmuş debi.

frekans-büyüklik grafiği için pek işe yaramaz, ama burada da tekrar şu belli olur: Sırf istatistiksel bir yaklaşım yeterli değildir.

Son yıllarda başka birçok Avrupa nehri sellere yol açtı: Arno Irmağı'nın 1966'da Floransa'da taşmasını kısa süre önce *La Meglio Gioventù* filmiyle yeniden hatırladık. Ouvèze 22 Eylül 1992'de Vaison la Romaine yakınında taşı, ondan sonra nehirde ağır basan çökeltinin yüzen karavanlardan meydana geldiği gibi bir izlenim doğdu. Böyle bir taşkın daha önce 21 Ağustos 1616'da da vuku bulmuştu. Oder Irmağı 1997'de Frankfurt'u sular altında bıraktı, ama 1931'de su seviyesi 1997'dekinden daha yüksek olmuş ve önceleri de, sözgelimi 1845, 1890 ve 1903'te böyle olaylar görülmüştü.

Moldau 2001 ve 2002'de Prag'ı, Elbe ise akış yönündeki Dresden'i sular altında bıraktı. Bu, ölçümlerin başladığı 1827'den bu yana en güçlü seyelendi, ama 1845, 1862, 1872, 1890 ve 1940'ta da su baskınları vardı. Bütün bu Avrupa taşkınlarının tahmini tekrar süresi yüzyıldan beş yüzyıla kadar uzanır.

Bugüne değin toplanan tüm verilerden, ölçümlerin başlangıcından beri –her ne kadar Oder'in 1997'deki taşması "Milenyum Taşkını" olarak şişirildiği halde– bir tek kere bile bin yıllık ya da daha uzun bir tekrar süresi olmadığı ortaya çıkıyor.

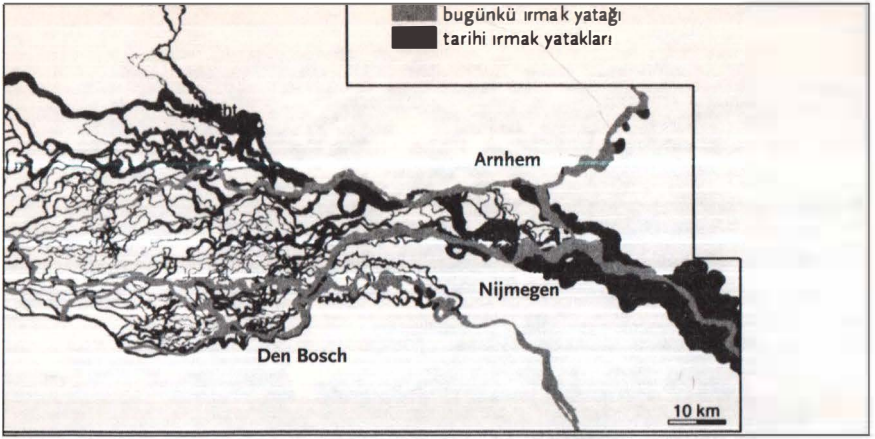


Şekil 87. Doesburg yakınında geç buzul çağında çatallanan Ren ve Oude Ijssel'in holosen döneminde çizdiği menderesler. Don, çatallanmış kolları vurguluyor. Ön planda bugünkü Ijssel.

Ve üstelik seddelerimizin bin yıldır var olduğunu unutmayın! Buna rağmen çok sayıda ırmak için, on bin yılda bir beklenen seyelanlarla ilgili, örneğin Şekil 86'daki Moldau için tahminler yapıldı. Bu, baraj inşaatları nedeniyle kimi zaman gereklidir de.

Bir ırmağın başına on bin yılda neler gelmez ki? Bizim kendi ırmaklarımızın tarihi buna güzel bir örnektir. Çünkü seddeler yapılmadan önce ırmakların tutumu tamamen farklıydı.

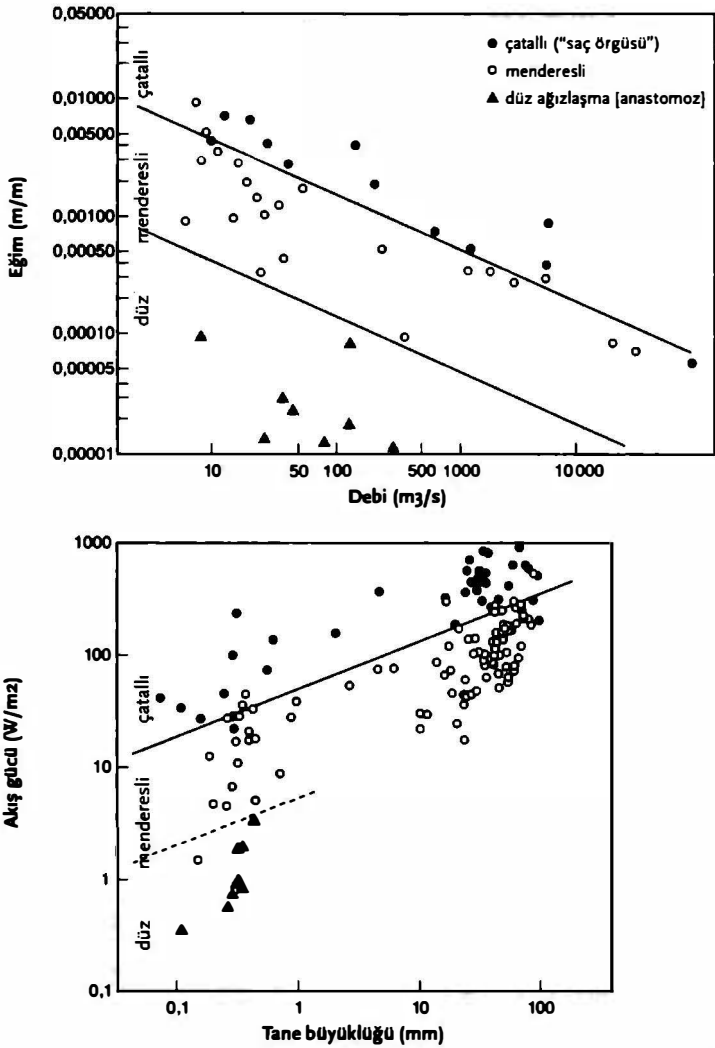
İrmaklarımız esas olarak, eğer öyle kalmalarına izin verirsek, menderes² tipi akarsulardır. Dik kıyıları erozyona uğratar, alçak kıyılarda tortu bırakırlar. Seyelanın doruğa çıktığı durumlarda yataklarını terk eder ve kıyıda ince kum çökeltirler: Böylece kıyı setleri teşekkül eder. Kıyı setlerinin arkasındaki tekne denilen taşkına uğramış arazide, en ince malzeme olan



Şekil 88. Son sekiz binyılda Ren-Maas deltasında ırmak yatağı değişiklikleri. Solda bir arada görülen birçok ırmak kolunun dallanma ve yayılmasına kısmen deniz seviyesindeki yükselmenin biriktirici etkisi yol açar.

alüvyon çökelir. [Irmaklarımız] bazen, özellikle taşkın durumlarında bir menderes açar ve geride yavaş yavaş çamur ve turbayla dolan nal şeklinde bir göl bırakır. Bu büyük didaktik yalınlık içeren kadim bir modeldir ve bundan dolayı tüm ders kitaplarında karşımıza çıkar. Leonardo da Vinci bununla ilgili olarak daha beş yüzyıl önce harikulade bir çizim **yaptı**: Bu defa yatay düzlemde görülen muhteşem dalgaları bunlar.

Yine de, ırmakların neden menderes meydana getirdiği bir bilmece (Şekil 87). Bir keresinde Rus subilimcisi Nikolay Alekseyevski bunun **en az otuz** açıklaması olduğunu söylemişti. Birçok ders kitabında şöyle yazılıdır: **Irmak bir engelle karşılaştığında ondan kaçınır; bu bir karşı hareketi tahrik eder ve böylece menderes –ünlü asgari aksaklık– oluşur.** Ama bu hikâye doğru değil, çünkü bir buz yüzeyi üzerinde akan erimiş su da menderes meydana getirir ve bir ırmağı bir kanala girmeye zorlarsanız bir sola bir sağa kum yığınları bırakır, bir bakıma menderes yaratma konusundaki gizli arzusunu dışavurur. Golf akıntısı da Atlas Okyanusunda bir menderes çizer, jet akımı bile atmosferde menderes oluşturur, üstelik orada fazla **engel de bulunmaz.**



Şekil 89. "Saç örgüsü modeli ırmaklar", aynı debi değerinde, menderesli ırmaklardan daha dik bir eğime (üstte) sahip olup daha fazla çökelti (altta) bırakır.

Mesele, 1988'e kadar hiç kimsenin laboratuvar deneyinde bir menderes üretmeyi başaramaması olgusuyla daha da esrarengiz hale gelir. Irmakların dünya çapında ölçeğe uygun şekilde kum, balçık ve başka malzemelerle taklit edildiği yüzlerce akıntı laboratuvarından hiçbirinde herhangi bir zamanda inandırıcı bir menderes yaratılamamıştı. Oysa köprü, rıhtım, gemi kanalı ya da Ren'de mahmuz inşa ederken bir ırmağın tutumunu önceden kestirmek için bu acilen gerekliydi. Amerikalı yazılım uzmanı ve amatör jeolog Charles E. Smith bunu bir hobi haline getirmişti. Garajındaki kum sandığında ilk kez mucize –sadece dört santimetre genişliğinde küçük, gerçek menderesler– vuku buluyordu. Smith'in fikrine göre işin esrarı kullandığı malzemede yatıyordu: Kizelgur ile kaolinin, [ırmağın] erozyona uğrayan kenarlarını dik tutmak için tümüyle doğru koheziona sahip bir karışımı. İyi, ama küçük akarsular *niçin* menderes meydana getiriyordu?

Bunlar çoğu fizikçinin göz ardı ettiği sorular ve bunu anlayışla karşılıyorum. Albert Einstein'ın oğlu Hans babasına hidrodinamikle uğraşacağını açıkladığında şu karşılığı alıyordu: “Delikanlı, hidrodinamik fazlasıyla zor, ondan uzak dur.”

[Menderesin neden meydana geldiğini] bugün hâlâ bilmiyoruz.

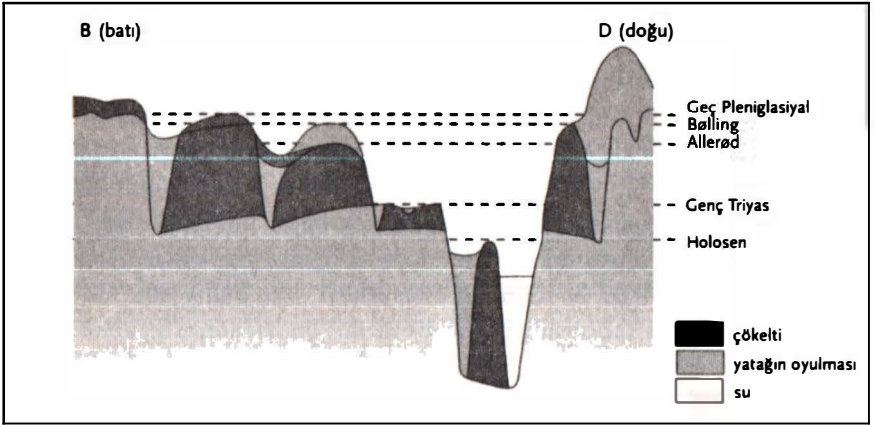
Pekâlâ, ırmaklarımız menderes çiziyordu ve –en azından onları mahmuzlarla kanallardan bir deli gömleğine sokmadığımız sürece– bunu kabullenmek zorundaydık (Şekil 88). Irmaklarımızı bu konuda serbest bırakmıştık. Utrecht Üniversitesi'nden yerbilimleri uzmanı Henk Berendsen hayatını bu konuya, ırmakların bu özgürlüğü nasıl kullandıklarına adadı. Bir öğrenci onun yanında öğrenime başladığında, ilk yıl Betuwe ya da Alblasserwaard'ta³ bir sondaj stajını bitirmesi; eski akarsu yataklarının haritalarını çıkarması; inebildiği ölçüde, altı metreye kadar el sondajları yapması gerekiyordu. Balçık, kum, turba. Turba, kum, balçık. Balçık, balçık, balçık. Tekdüze bir uğraş. Stajın sonunda eski bir küçük akarsuyun bir kesiti elde edilmişti. 30 öğrenci kuşağı, hepsi de kariyerlerine bu sıkıcı, ağır çalışmayla başlayan 1400 birinci sömestr öğrencisi bu eğitimden geçmişti. Bu durumda insan sormadan edemiyor: [Henk Berendsen] hâlâ yeterli veriye sahip değil mi? Hani teknoloji, hani inovasyon? Şurası kesin ki bir daha hiç kimse bu tür bir projeye soyunmayacaktır.

Gelgelelim Henk artık her şeyi, 200 binden fazla öğrenci sondayını bir veri bankasında depoladı. C-14 ile bütün önemli turba katmanları tarihlendirildi ve ırmaklarımızın son sekiz bin yıldaki yatak değişikliklerine dair şaşırtıcı bir görüntü ortaya çıktı. Menderes çizen bir nehir sadece kendi bükümlerini kesmekle kalmayıp bazen taşkınlarla kendi yamacını yararak denize giden yeni bir yol arar. Buna menderes kesilmesi denir. Berendsen'in doktora öğrencisi Esther Stouthamer böyle bir olayın ne sıklıkta meydana geldiğini araştırdı: Ren ile Maas'ın sayısız yan kollarından birinde her yüzyılda yaklaşık iki menderes kesilmesi vuku buluyordu. Bir ırmak kesiminin ortalama 1280 yıllık bir ömrü vardır, ondan sonra su kendine yeni bir yol arar (Şekil 89).

Bu sayı! 1280! Irmak seddeleri 1250 yıllık sel frekanslarına göre planlanıyor; bir ırmak kesimi ise 1280 yıl varlığını sürdürüyor. Ve bir Avrupa ırmağında hiçbir zaman bin yıllık bir tekrar süresiyle bir taşkın görülmedi. Öyleyse nasıl olur da ırmak sistemlerinde en önemli olayları göz ardı eden zaman dilimleri için bir ihtimal hesabı yapabiliriz? Bin yıldır seddelelerimiz olsa bile: Irmaklar da insani ölçüyü aşar.

Biraz nehrin, Ren'in değil, Maas'ın yukarısına doğru ilerliyoruz, aslında bu Maas'ın ağır bölgesiyle birbirine dolanmış bir yan koldur. Nijmegen kentinin üst tarafında nehir yatağı değişir. Dış polderler, seddeler kalmaz, çünkü nehir ansızın karadan alçak hale gelmiştir. Bir iki metrelik küçük dik basamaklar. Irmaktan uzaklaştıkça merdiven şeklinde bir yükseliş başlar: Bir parça düz arazi, bir metrelik bir dik basamak, onun üstünde tekrar bir düzlük ve yeniden bir basamak: Bunlar Maas'ın alçak teraslarıdır.

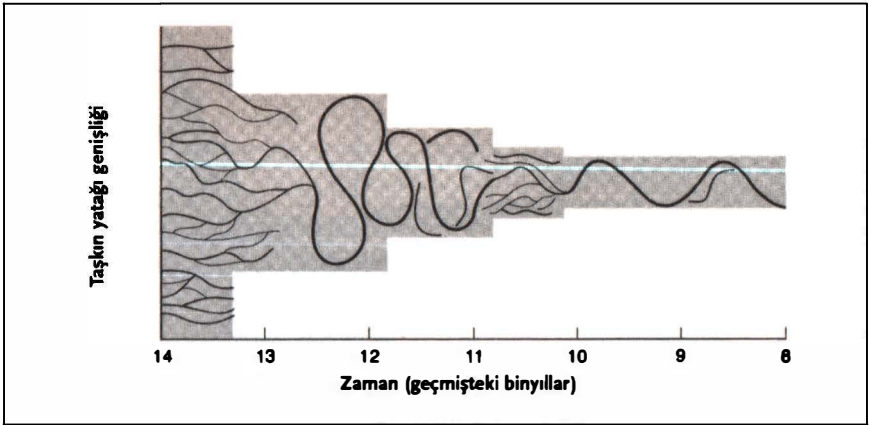
Alçak teraslarda yer yer turba ve balçıkla dolmuş oluklara rastlanır. Garip olan, Maas'ın eskiden yan yana birçok kolunun, bugünse sadece yeraltına doğru oyan bir tek kolunun olmasıdır. Bunun ötesinde, teraslardaki çökelti çok daha kabayken bugünkü Maas çökeltisi başlıca balçık ve ince kumdan ibarettir. Besbelli Maas değişim geçirdi: Eskiden [kolları] iç içe geçiyordu, bugünse menderes çiziyor. Irmakların çatallanması bugün de görülür; bu öncelikle onların debilerinin birden uç noktalarına çıkması ve akarsuyun birçok kaba döküntüyü taşımak zorunda kalması halinde –sözgelimi çöllerde, dağların eteklerinde ve buzul dillerinde ortaya çıkar. Kolla-



Şekil 90. Maas Irmağı'nın alçak terasları boyunca şematik kesit. Geç pleniglasial [tam buzul çağı] ve erken triyas, çökeltmenin hâkim olduğu soğuk dönemlerdir; Bølling-Allerød ve holosen, ırmağın yatağını oyduğu sıcak dönemlerdir. İrmak bugün de karadan daha aşağıda bulunur.

rı iç içe geçen ırmaklar buzul çağlarında karşılaşılan tipik bir durumdur. O zaman yerin altı donmuştur ve çökeltiyi kaynak bölgesindeki eğimlerde tutacak bitki örtüsü hemen hemen hiç yoktur. Yazın çökelti girişi azami noktaya çıkar ve ırmak kolay kolay bunun üstesinden gelemez, çünkü buzul çağında taşınan toplam su miktarı yine daha azdır.

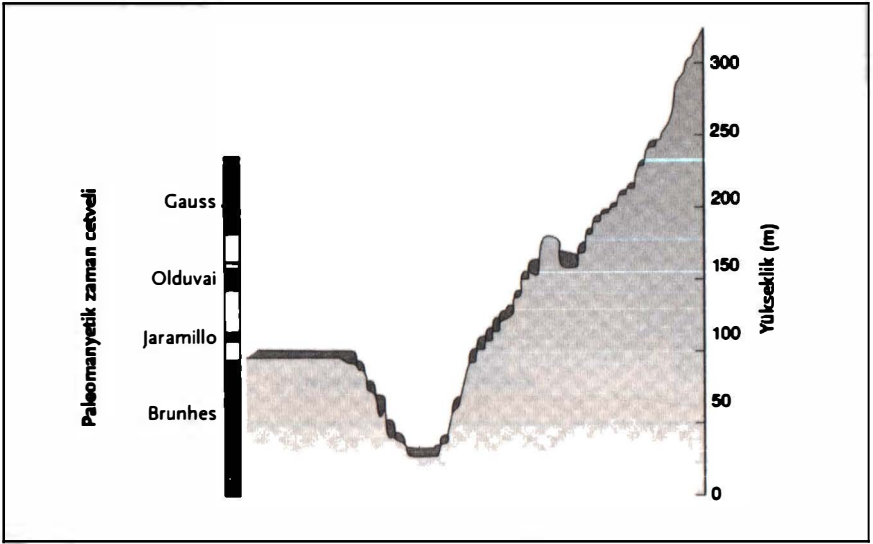
Wageningen Üniversitesi'nden Leo Tebbens doktora tezini Maas'ın kuzey Limburg'taki başkalaşımına adadı. Peki, bu sırada ne keşfetti? Maas, son buzul çağının sonundaki iklim değişikliklerini milenyum ölçeğinde bire bir takip etmişti! Yirmi bin yıl kadar önce fazla çökelti, ama az su almış, dolayısıyla iç içe geçmiş bir güzergâh izlemiş ve sayısız oluğa kum bırakmıştı. Bølling-Allerød zamanındaki ilk sıcak uyarısında ansızın daha çok su, ama daha az çökelti almış, bunun sonucu derinleşmiş ve menderes çizmeye başlamıştı. On bir bin yıl önce, –daha önce gördüğümüz gibi Kuzey Atlantik'te buzul sularının erimesinin başlattığı erken triyas dönemindeki buzul çağının son debelenmesi sırasında tekrar çatallanmaya başladı, bunu takiben nihai ısınma döneminde yeniden bükümlerini keser ve menderes çizer oldu.



Şekil 91. Maas'ın son buzul çağından holosene geçişte sırayla çatallanması ve menderes çizmesi.

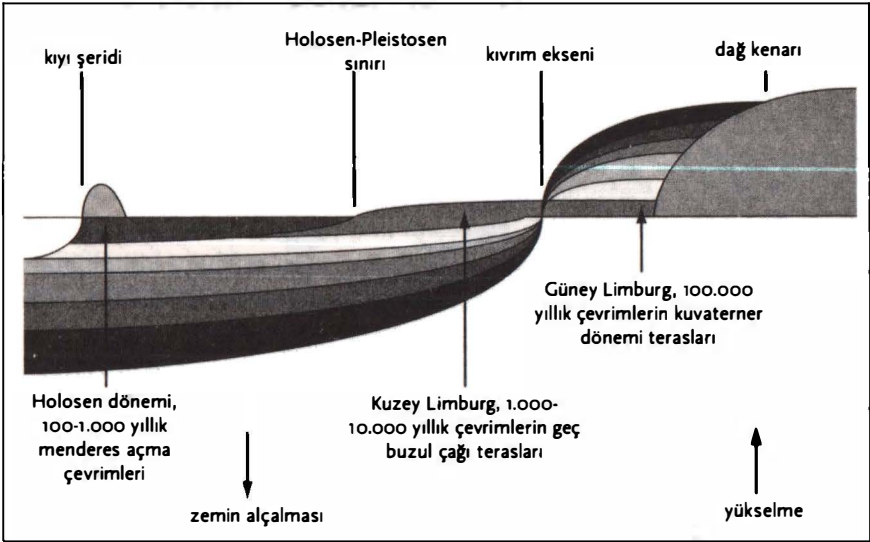
Bu büyük bir sürpriz! Şimdiye kadar sadece ırmaklarda uyarılar saptadık, bunlar aşırı yağışlar yahut yukarı havzada kar erimesinin yol açtığı, olsa olsa ortaçağ sıcak dönemi ve küçük buzul çağındaki varyasyonlarını gördüğümüz azami debiler şeklinde tezahür ediyordu. Oysa ırmaklarda da besbelli çevrimsel bir hattıhareket söz konusudur! İklim çevrimlerinin dalgaları, her defasında menderes çizen ya da çatallanan istikrarlı iki akış modelinin yer değiştirmesi yoluyla aktarılır. Debi ile çökelti yükü arasındaki ilişki kritik eşik değerini aştığında terazinin ibresi hemen öteki tarafa yatar. Ama bu derhal vuku bulmaz: Leo'nun tarihlendirmelerinden ırmağın yaklaşık beş yüzyıllık bir karşılık verme süresi olduğu ortaya çıkıyor; hatta Amsterdam Üniversitesi'ndeki Jef Vandenberghe grubu gibi başkaları bunun daha da uzun zaman aldığını farz ediyorlar.

Maas'ın son kez böyle bir değişim geçirmesi on bin yıl geride kaldı. Barajların on bin yılda bir zuhur edebilecek azami debilere göre inşa edilmesi gerekir. Moldau'nunki gibi (krş. Şekil 86) on bin yıllık ekstrapolasyon eğrilerinde diğer tüm şartların aynı kaldığından hareket edilir. Ama Maas on bin yıl sonra ne durumda olacaktır? Eğer yine bir sonraki buzul çağına giden yoldaysak? O zaman Maas'ın kolları tekrar iç içe mi geçmiş olacak?



Şekil 92. Maas vadisinin Güney Limburg'ta 32 teras seviyesi içeren şematik doğu-batı kesiti; solda bir paleomanyetik zaman cetveli: Siyah normal manyetik kutuplu, beyaz kutupların değişmiş olduğu anlamına gelir.

Maas'ın biraz daha yukarı tarafına çıkalım. Sittard'ta peyzaj dikkat çekici tarzda değişir. Tepeler çoğalır ve Maas çok daha derin bir yatak açmış görünür; deniz seviyesinin yaklaşık 40 metre üstünde bulunan vadiden başlayıp 200 metreyi aşan bir yüksekliğe kadar çıkan bir manzarayla karşılaşırız. Ama dikkatle bakan bir kimse Maas'ın bu yükseklikte de bizi henüz terk etmediğini saptar. Çünkü küçük ölçekte Kuzey Limburg'ta gördüğümüz kademeli peyzaj, görünüşe bakılırsa burada daha büyük ölçekte tekrarlanır. Adeta tüm Güney Limburg eyaleti büyük düz teraslardan ibaret devasa bir dış merdiven gibidir; söz konusu teraslar, NITG-TNO'dan (Hollanda Uygulamalı Yerbilimleri Enstitüsü) jeolog Meindert van den Berg tarafından doktora tezinde çok titizce haritalandırılmıştır (Şekil 90). Münferit teras seviyeleri arasındaki dik basamaklar artık bir değil, daha ziyade on metre yüksekliğindedir. Ancak bunları fark etmek bazen zor olabilir, çünkü söz konusu basamaklar çok büyük ölçüde keskin kenarları yuvarlayan ve manzaraya dal-



Şekil 93. Ağzından kaynağına kadar Maas'ın üç rejimi. Holosen-pleistosen sınırı 68. şekildeki seddeli/seddesiz ayırımına denk düşer.

galı karakterini veren bir lös tabakasıyla örtülüdür. Meindert çok ayrıntılı olarak bütün terasları saydı ve Maas'ın seviyesinden 250 m yukarısına kadar üst üste binmiş toplam 32 teras buldu. Bazı taş ocaklarında eğimli yüzeyler açılmıştır ve terasların, bir ırmağın çökeltmiş olması gereken kaba çakıldan meydana geldiği görülebilir. Kayaçların türünden bu ırmağın bizzat Maas olduğu anlaşılır. Ama bu çökelti bugünkü Maas'ınkine –başlıca ince kum ve balçık, kimi zaman da döşekler ve yüzen karavanlar– hiç mi hiç benzemez. Çakıl çok kabadır ve yer yer çapı bir metreyi geçen bloklar içerir. Maas bunları nasıl taşıyabilir? Maas nasıl olur da bugünkü yatağının 250 m yukarısında akabilir ve çakıl çökeltmekle kendine yatak açmak arasındaki çevrimsel dönüşüm büyük ölçekli olarak (Şekil 91) nasıl vuku buldu?

Meindert bu soruları cevaplayabilmek için teras çökeltilerini tarihlendirmeyi denedi. Bunu C-14 yöntemiyle başaramazsınız, zira çökeltiler bunun için fazla yaşlıdır. Meindert en çok paleomanyetizmden yararlan-

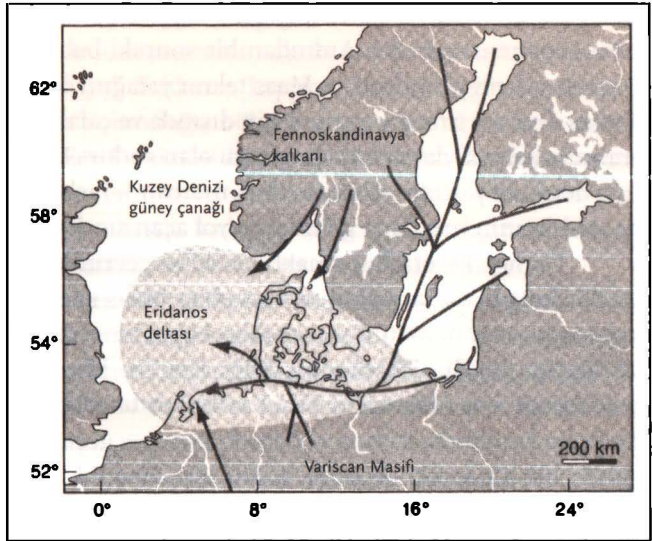
rak başarılı oldu. Dünya'nın manyetik alanı tarih boyunca birkaç defa tersine dönmüştü. Bugün bir pusulanın iğnesi kuzeyi gösterir, oysa bu ancak 700 bin yıldır böyledir. İğne daha önce güneyi gösterirdi. Çökeltinin manyetik zerrelere, çökeltmeleri sırasında o an hüküm süren manyetik alana göre düzen tutar ve böylelikle çökeltinin normal zamanda mı, yoksa ters manyetik kutupluluk zamanında mı çöktüğü tespit edilebilir. Bu her teras seviyesinde dikkatle araştırıldığında çeşitli kutup değişiklikleri olduğu saptanabilir. Bu kutup değişikliklerinin ne zaman vuku bulduğu bilindiğinden teraslar da tarihlendirilebilir. Bu şekilde toplam sürecin iki milyon yıldan uzun bir süreyi kapsadığı belirgin hale gelir.

Teras seviyelerinin paleomanyetik tarihlendirmesinden, çökeltme ve dikey erozyondan ibaret her çevrimin aşağı yukarı 100 bin yıl sürdüğü ortaya çıkıyor. Her 100 bin yılda bir yeni, öncekinden on metre daha derin bir teras oluşur. Demek ki Güney Limburg'un teras peyzajında çıktığınız her on metrelik basamakta zaman içinde yüz binyıl geri gidersiniz. Yüz binyıl! Bu çevrimselliği biz zaten biliyoruz. Daha önce tanıştığımız Milankoviç çevrimselliğidir bu. Nasıl ki Kuzey Limburg'ta milenyum çevrimlerini bulduysak, burada da buzul çağı çevrimleri elle tutulacak kadar yakındır. Öyleyse ırmak bu büyük zaman cetvellerine de tepki veriyor (Şekil 92).

Çakılın toplanması buzul çağlarında, dikey erozyon ise tıpkı daha küçük ölçekte alçak teraslarda gördüğümüz gibi sıcak buzularası çağlarda vuku bulur. Bunun başka türlü olmadığı, sözelimi arktik bitkilerin polenlerinin çakılda bulunmasından ve mamut dişlerinden anlaşılır. Buz külesine hapsolan metrelik kaya blokları ırmak tarafından uzaklara nakledilir.

Yalnız, bir dakika durun! Yüz bin yıllık çevrimlerle meydana gelmişse bile teraslar neden üst üste bulunuyor? Neden iki milyon yıl önceki en eski buzul çağlarının izleri Maas'ın bugünkü yatağının 200 m üstünde bulunuyor? Bunu anlamak için, nehirden yukarı yaptığımız yolculuğun Sittard kesiminde bir şey olduğunu dikkate almalıyız. O sırada nispeten düz bir araziden tepelik bir araziye geçtik. Bu geçiş tayin edici noktayı temsil ediyor, çünkü Hollanda'nın eklem yeri burada bulunuyor. Arazi bu hattın kuzeyinde alçalıyor, güneyindeyse yükseliyor. Bir çöküntü bölgesinde her sonraki tabaka bir öncekinin üstüne çökler: Steno'nun zaten bildiğimiz üst

Şekil 94. Eridanos ırmak bölgesi ve Kuzey Denizi'ndeki Eridanos deltası.



üste gelme yasasıdır bu. Ancak bir yükselme bölgesinde karşımıza bir komplikasyon çıkar.

Dağ yükseldiği zaman, ki bu hâlâ bir yüzyılda 4 ila 14 mm hızla vuku bulur, ırmak da bu yükselmeyi dengelemek ister ve vadisini daha derinlemesine oymaya çalışır (Şekil 93). Bugünkü şartlarda bunda başarılı da olur, ama buzul çağlarında mümkün değildir. O zaman Ardenler'in taşlık yamaçlarında Maas'ın ortasından geçtiği bir orman bulunmaz, çünkü iklim bunun için fazla soğuktur. Bundan dolayı yamaçlardaki döküntüler ırmağa çok daha kolay ulaşabilir. Ayrıca toprağın altı donmuştur ve bu sebeple de döküntüler Maas'a daha kolay kayar. Irmak buzul çağında o denli çok döküntüyle başa çıkmak zorunda kalır ki, bunları taşımak için adeta tüm enerjisine ihtiyaç duyar ve yatağını oyacak güçten yoksun kalır. Bunun ötesinde iklim o zaman daha kuraktır ve ırmak daha az su taşır. Bunlar ırmakların çatallandığı ve kaba malzemeyi çökelttiği tipik şartlardır. Ancak iklim yeniden daha ısındığında orman geri gelir, yamaçlar istikrarla kavuşur, daimi don (permafrost) ortadan kalkar ve daha çok yağış düşer. O zaman Maas kritik noktayı aşar ve yeniden dikey erozyona başlar. Bu başlangıçta çabuk

yürür, çünkü Maas'ın buzul çağında yatağını oyamadığı için kaybettiği zamanı kapatması gerekir. Ardından bir sonraki buzul çağı geldiğinde arazi yeniden o denli yükselmiş ve Maas tekrar yatağını o denli oymuş olur ki, eski teras seviyesi ırmağın menziline dışında ve çatallanan yeni yatağının üst tarafında kalır. Öyleyse burada geçerli olan şudur: Teras ne denli yüksekse, o denli de yaşlıdır. Curaçao'daki mercan terasları gibi, sadece orada teras satırlarının meydana gelmesine yol açan sıcak dönemlerdir.

Demek ki teraslar ırmakların iklim çevrimlerine karşılık vermelerinin harikulade bir örneğidir ve bu sadece Maas için geçerli değildir. Dünya çapında hemen hemen tüm ırmaklar böyle bir teras sürecinden geçer. Paris Sen'in; Londra Thames'in, Köln Ren'in, Moskova Moskva'nın, Prag Moldau'nın –ve Masstricht Maas'ın ırmak terasları üstünde bulunur. Ve bütün bu kentlerde, kabaca söylersek, aynı şey geçerlidir: On metre yüksekliğinde bir basamak, geçmişe doğru yüz binyıllık bir zaman yolculuğuna denk düşer. Eyfel Kulesi'nden Montparnasse'a? Yüz binyıl. Kremlin'de, Tverskaya'dan yukarı Puşkin Meydanı'na? Yüz bin yıl.

Kentlerin oralarda bulunması tesadüf değil, çünkü ırmak terasları insanlar için her türlü hoş niteliği barındırır. Söz konusu teraslar, kural olarak çok gözenekli olan ve dolayısıyla taban suyundan yararlanmaya uygun buzul çağı çakıllarından meydana gelir. Çakıl bunun da ötesinde sevilen bir yapı malzemesidir; Hollanda'da çıkarılan çakılların çoğu, Maas ve Ren'in terasları ile üstü kapanmış yataklarından elde edilen buzul çağı çakıllarıdır. Ve ayrıca ırmak yatağının biraz üst kısmında oturmak avantajlıdır, çünkü o zaman ayaklarınız kolay kolay ıslanmaz. Yukarıda gördüğümüz gibi, bu kentlerin sular altında kaldığı nadir zamanlarda aslında ırmak eski bir yatağa geri döner. Tıpkı benim Ren üstündeki evimin başına geldiği gibi, ama biraz daha eski bir dönemde.

Ve zaman cetvelinde biraz daha geride? Milyonlarca yıl önce? Irmakları yeniden teşhis edemezdik, çünkü o denli uzun zamandır mevcut değiller. Ren Alpler'den değil, çok daha yakından doğar. Eifel'de* bir boğaz teşkil etmez, aksine oradaki alçak arazide geniş menderesler çizerek ilerler. Lorelei'in* henüz peyda olması gerekecek. Irmaklar levha tektoniğinin ortaya çıkardığı yüzey şekillerini takip eder ve bu milyonlarca yıl içinde adama-

kallı değişebilir. Ve Ren'in ağzına gelindiğinde onun Eridanos'un, neredeyse Amazon büyüklüğünde muazzam bir nehrin sadece önemsiz bir yan kolu olduğu anlaşılır (Şekil 94). Eridanos Lappland'ta doğar, güney yönünde bugün Baltık Denizi'nin bulunduğu bölgeden geçer ve ağzında, İngiltere kıyısına kadar bütün Kuzey Denizi'ni dolduran akıl almaz bir delta yaratır. Bu nehir, ta ki İskandinav buz takkeleri ırmak bölgesini ondan geriye bir şey kalmayacak şekilde aşındırana kadar 14 milyon yıl varlığını sürdürdü. Artık onu sadece Baltık Denizi'nin çatala benzer şekli hatırlatıyor.

Ya Amazon'un kendisi? Henüz bugünkü gibi doğuya, Atlas Okyanusuna doğru değil, tam karşı yöne, batıya, Büyük Okyanus'a doğru akıyordu. Brezilyalı jeolog Luis Fernando Galvão de Almeida onu tutarlı bir şekilde Sanozama⁶ diye adlandırıyor, bu Amazon'un tersinden hecelenmiş halidir. Akış yukarı zaman.

ÇEVİRMENİN NOTLARI

- 1 Bir fırtına kabarması sırasında yarılan seddenin arkasında meydana gelen gölcük ya da havuz; Al-mancada Brack, Brake, Wehl ya da Klok olarak da anılır.
- 2 Bir akarsu yatağının genellikle düzlüklerde çizdiği ve S harfine benzeyen kıvrım.
- 3 Güney Hollanda eyaletinde, Rotterdam'ın doğusunda bir bölge.
- 4 Almanya, Lüksemburg ve Belçika'ya yayılan dağlık bölge.
- 5 Sankt Goarshausen (Almanya) kasabasının yakınında ve Ren'in doğu yakasında su seviyesinden 120 m yükseklikte kaya.
- 6 Nehrin özgün adı Amazonas'tır.

ORMANLAR

SONSUZA KADAR ŞARKI SÖYLER Mİ?

“Orman ölür ve aynı anda yeniden doğar.”

ALBERT HELMAN, *Die Stille Plantage*, 1951

Hamağında yatıyorum. Sabahın erken saatleri, ama ortalık henüz hiç aydınlanmamış. Cangıl uyanıyor. Sayısız kuş inanılmaz bir konser veriyor. De Roever kalkmış olmalı diye düşünüyorum. Muhtemelen kucağında François Haverschmidt’in kitabı *Birds of Surinam* ve elde dürbünle kamp iskemlesinde oturuyor. Profesör Willem Paul de Roever benim doktora tezimi yönetiyor. Güney Amerika’nın kuzeyinin büyük bölümünü işgal eden, Guyana Kalkanı diye anılan iki milyar yaşındaki kristalimsi temel kayanın en erken dönem tarihini konu alan doktora araştırma refakat ediyor. O bir kayabilimci, yeryüzünün derinliklerinden çıkan kristalimsi kayalar konusunda bir uzman. Serpantin kayalarının yer mantosunda bulunduğu hipotezini ilk o ortaya koydu. Ama o aynı zamanda coşkulu bir kuşbilimcidir. Kitabında bir sürü yerin altı çizilmiş ve veriler eklenmiş. Surinam’da 600 kadar kuş cinsi var. Altı yüz! Hepsini görmek isterse-
niz erken kalkmalısınız. Ondan erken kalkmayı asla beceremedim.

Roever’i otururken göremiyorum. Hamağımın etrafındaki cibinlik kaba, görüşü perdeleyen otlardan yapılmış. Şık tasi palmyesi yapraklarından bir damı olan, yeni kesilmiş uzun ince ağaç gövdelerinden yapılmış küçük barınağım dışarıdan bakıldığında bir kirişe asılı tombul, gri beyaz bir tırtıl kozası gibi duruyor. Kuşları göremediğime üzülüyorum. Onları duyuyorum. Ve hepsinin aynı anda başlamasına, bu denli çok türleri olmasına ve bu kakofoni içinde her türün kendi şarkısını tanımasına hayret ediyorum. Corantijn kıyısındaki sayısız kuşun gırtlığından bir anda, “Vakago, vakago, vakago,” diye bir şakıma yükseliyor. Bu kuşları artık tanıyorum: Roever’in kitabında adları *Ortalis motmot* olarak geçiyor. Her sabah, “vakago,” diye sesleniyorlar, Surinamca bu: Koş (waka), yürü (go) demek, yani kalkma işareti.

Ama bir süre daha kalkmıyorum, çünkü başka bir çalar saat daha olduğunu biliyorum. Ve nitekim, sanki yüzyıllardır kapalı kalmış bir kapı açılıyormuş gibi tarif edilmez bir gürültü kopuyor. Menteşelerin gıcirtısı muazzam hoparlörler tarafından bin kat güçlendirilerek bütün ormanda yankılanıyor. Gıcirtı, dur durak bilmeyen bir daire bıçkısı gibi uzun, keskin bir hıçkırıklı ulumaya dönüşüyor. Bir hayvan sesiyle hiçbir benzerlik taşımıyor. Sonra ikinci bir kapı, bir üçüncüsü başlıyor ve çok geçmeden ormanı, her türlü kuş şarkısını bastıran sağır edici bir fabrika gürültüsü dolduruyor, ardından da ses tıpkı başladığı gibi ansızın kesiliyor. Bunları da tanıyorum, bu asılı duran hoparlörleri. Bunların muhteşem, kızıl kahverengi bir kürkleri var ve ağaçtan ağaca asılarak ilerliyorlar. Bunlar babunlar, kırmızı renkli “uluyanmaymunlar” ya da ekibimdeki Yerlilerin adlandırdığı şekliyle aluattalar. Seslerine, çapı en az 25 cm olan kemikli bir gırtlak torbasıyla güç katıyorlar. Konserleri hep aynı örneği izliyor: Lider başlıyor, sonra diğerleri katılıyor ve birdenbire hepsi susuyor. Sesleri bazen günün başka saatlerinde de kilometrelerce duyuluyor. Ama burada, Corantijn’in yukarı kesiminde, sanki sözleşmiş gibi sabah altı buçukta başlıyorlar. Hamaktan kalkıyorum.

Ormanda, IV. Frederik Willem çağlayanlarının çevresindeki *lontu* (gezinti yolu) üstünde yürüyoruz, çünkü su araştırdığım taşların üstüne *tele*neyle gidilemeyecek denli şiddetle dökülüyor. Her ağaç farklı. Kaba kabuklu, ince kabuklu, kimi zaman kırmızımtırak, kimi zaman sütlü, lifli, bazen onları katedrallere benzeten türden büyük payanda köklü. Sahra ekibimdeki Buşman ve Yerliler için her ağaç türünün kendi özel yararı var: Tekneler için *kopi*, *walaba* ve *loksi*; pala' için *pariudu*; ağaç oyma işleri için sedir; yaylar için *wacapou* ve horozibiği; sıtmaya karşı *kwasibita*'nın acı odunu; doğal kauçuk, *balata* için *bolletrie*, bu aynı zamanda golf topları için kullanılıyor ve yüklerimizi taşıdığımız *kamina* sarmaşığından küfelerin askı kayışları için *sabanaudu*'nun kabukları. Yerde başka ağaçların meyveleri ile tohumları yatıyor: *manbarklak*, *kwattapatu*, *ingipipa* (Yerli kavalı). Hangi meyvelerin hangi ağaçlara ait olduğu kestirilemiyor, çünkü en alçak dallar bile 20 metre yükseklikte, tepe tacının başladığı yerde asılı duruyor. Yapraklar bu yüksekliğin altında ışık almazdı tabii. Amazon yağmur ormanının

da 80.000 dolayında bitki türü var; bazen bir tek hektarda 300'den fazla ağaç türü oluyor. Niçin?

Uzun boylu beyaz ağaç gövdelerinin arasında alçak boylu palmiye örtüsü yer alıyor: Dikenli *bugrumaka*; kurak yerlerde düzensiz yapraklarıyla *maripa*; narin *pina* ve püsküllü yapraklarıyla, sudaki ayaklı kökleriyle *ingipina* – bunların hepsi yüksek ağaçların döktüğü yaprakları zemine düşmeden önce tutacak şekilde tasarlanmış. Yağmur ormanındaki her şey gibi icatçı: Hem, basitçe havada yakalayabileceğin bir besinin yerde çürümesine ve sularla sürüklenmesine ne diye göz yumasın ki? Ağaçlar kurnaz strateji uzmanlarıdır.

Lodewijk Agran bir kaplumbağa buluyor. Bacaklarında sarı benekleri olan da var, kırmızı olan da. Bununkiler kırmızı. Agran bir fideden çabucak iki dal kesiyor ve bunları hayvanın kabuğunun altına sokuyor, uzunca birini baş ve ön bacakların oyuğuna, kısaca olanı da arka tarafına. Bir parça sarmaşıkla kabuğun iki yanındaki dalları sıkıca bağlıyor ve hayvan çaresizce hapsoluyor. Başı ile bacaklarını artık kabuğundan çıkaramıyor. Agran uzunca daldan tutuyor ve kaplumbağayı bir kaynana zırlıtısı gibi kampa taşıyor. Hayvan, bir sonraki posta uçağı onu dert ortaklarıyla birlikte bir kenar çuvalında Paramaribo'ya götürene kadar 14 gün hareketsiz dayanmak zorunda kalacak. Bunun ardından Agran'ın dört karısından biri onu yan tarafından keserek açacak ve çorba yapacak.

Ön tarafta, kaplumbağanın zırhının üstünde yarım santim çapında birkaç yassı düğme yerleşmiş. Agran'a, "Bunlar da ne?" diye soruyorum. "Kupari," diye cevap veriyor, yani keneler, kaplumbağa keneleri. Kaplumbağa başını dışarı uzattığında kene üstüne sıçrar ve kanla şişene kadar hayvanı emmek için bir deri çatlağı arar. Önümüzdeki haftalar keneler için verimsiz geçecek görünüyor. Kaplumbağalarda kene olduğunu bilmezdim. Surinam'da 400'ü aşkın sürüngen ve amfibi bulunuyor. Hepsinin kendi kene türü mü var? Varsa da niçin?

Bir papaya ağacının üstünde üç parmaklı bir tembelhayvan asılı; tuhaf, yassı bir başı var ve gözlerinin üstündeki iki beyaz benekle dört gözlü gibi duruyor: Buşmanlar onu *fo-ai loiri* diye anıyor. Tembelhayvanlar hayatlarının büyük bölümünü ağaçların tepe tacında geçirir. Postları, uzunlama-

sına kırışıkları olan özel bir yapıya sahiptir. Bu kırışıklarda üç çeşit yeşil yosun yetişir, bundan dolayı post yeşil yeşil ışıldar. Ayrıca orada altı uyuzböceği, üç böcek (bir tembelhayvanda toplam 978 tane) ve içlerinden birinin bütün ömrünü tembelhayvanın postunda geçirdiği üç güve türü yaşar. Bu güvenin larvaları yeşil yosunlarla beslenir. Tembelhayvan düzenli olarak, sabit bir yerde dışkısını yapmak amacıyla ağacın dibine iner. O anda başka bir güve türünün yetişkin dişileri dışkılamak üzere posttan ayrılır ve orada yumurtalarını bırakır. Larvalar pislikte yaşar ve dönüşüm geçirdikten sonra yakına gelen ilk tembelhayvanın postu üstüne uçar.

Yerleşilecek nişlerin sayısı beklenmeyecek denli çoktur. Ve tembelhayvan ormandaki 200'den fazla memeliden sadece biridir. Bunların hepsinin kendi özel uyuzböcekleri mi var? Ormanda bu denli çok uzmanlaşma var mı? Tembelhayvan, biyolog Rinus Hoogmoed'ün *Tropisch Regenwoud, Schatkammer van Biodiversiteit* [Tropikal Yağmur Ormanı, Biyolojik Çeşitliliğin Hazine Dairesi] başlıklı kitabında değindiği orman canlılarının tür zenginliği ve inanılmaz girişikliğinin sadece bir tek örneğidir. [Hoogmoed], Surinam'ın kurbağa haritası için kurbağa aradığım jeolojik keşif gezilerinde bana sık sık refakat etti. Bu çeşitlilik nereden geliyor? Böyle incelikli bir düzen yaratmak doğanın ne kadar zamanını aldı?

De Roever ile ben öncelikle ırmağın hızlı akan yerlerinde bol miktarda taş, gnays ve amfibolit topladık, çünkü kayalar oralarda iyi görülebiliyordu. Bu arada Agran ile adamları, suda ok ve yayla kırmızı gözlü *paku* balıklarından avladılar ve uzun değnekleri sokuşturmak suretiyle bir kum seddinde içinde 150 yumurtası olan bir iguana yuvası buldular. Böylelikle bu akşamın yemeği sağlandı. İskeleye geri dönüyoruz. Saat altı buçuk, tukanın zamanı geldi. Ve nitekim, işte orada, karşı kıyıdaki bir ağacın en tepesinde oturuyor. Tivi tu-tu, tivi tu-tu. Tukan da günlük ritmini takip ediyor. Bir hayli üstümüzden, yemlenme yerlerinden yuvalarına dönen üç makav geçiyor. Onları da tanıyoruz, her gün geliyorlar. Keza onlar da günlük işlerini bitirmiş.

Kuşlar, uluyanmaymunlar, ağaçlar, kaplumbağalar ve onların keneleleri, uyuzböcekleri ve güveleriyle tembelhayvan, iguana, paku, tukan, makavlar, de Roever, Agran ve ben: Hepimiz astronomik gece gündüz saatine

itaat ediyoruz. Sanki orman bir bütün olarak nefes alıp veriyor, ormanın gece gündüz ritmi ekosistemin kılcal damarlarına kadar takip edilebiliyor, uluyanmaymundan bakteriye kadar, tıpkı nefesin akciğer sisteminin en ince dalcıklarına kadar ulaşması gibi, Leonardo da Vinci'nin nefes alıp veren *laco de sangue*'si' gibi.

Bütün bunlara dışarıdan mı yön veriliyor? Kuşlar güneş ışınlarının ilk sıcaklığını hissedene kadar pasif bekliyorlar mı? Kuşlar ile uluyanmaymunlar beni uyandırmamış olsaydı uyumaya devam eder miydim? Hayır, çünkü kuşları karanlıkta tutsanız da bu saat çalışmayı sürdürüyor. Nathaniel Kleitmann ve Bruce Richardson 1938'de Kentucky'deki Mammoth Cave'de [Mamut Mağarası], bir aydan uzun bir zamanı aydınlık ve karanlık farkı olmaksızın yerin 400 metre altında geçirdiler, buna rağmen vücut sıcaklıklarından, 24 saatten biraz daha uzun olsa da onlar için bir gündüz ve gece ritminin var olmaya devam ettiği görüldü. Sayısız deney şunu gösteriyor ki her canlının devreden çıkarılması çok zor olan bir iç saati var. Bu zaten böyle olmalı, yoksa vücudun organizasyonu karmakarışık hale gelirdi. Biyolojik iç saat, uyurken yatağa yapmamamızı, gündüz yemek yemek istememizi ve gece uyumamızı, doğumların ve kalp krizlerinin çoğunun sabah erkenden vuku bulmasını ve sevişmek için en iyi zamanın akşam saat on olmasını sağlıyor. Ve göçmen kuşlar, gidecekleri hedefte yavrularına besin bulmak için hangi günde yola koyulmaları gerektiğini tam olarak biliyor. Bu alıllıca değil mi? Russell Foster ve Leon Kratzmann bu konuda çok büyüleyici bir kitap yazdı: *Rhythms of Life* [Hayat Ritimleri]. Kitapta, bu biyolojik saatin içimize genetik olarak yerleştirildiğini gösteriyorlar: Vücuttaki zaman düzenlemesinden sorumlu olan belirli genler tespit edilebiliyor –üstelik bunlar her organizmada aynı genler değil.

Bunun için birçok alışılmadık deney gerçekleştirildi. Bir grup öğrencinin birkaç gün boyunca saatte bir rektal olarak vücut ısısının ölçtürülmesi fazla sorunlu olmayan deneylerdendi. Hamamböceklerinin, çevrimlerini incelemek üzere zifiri karanlıkta bir dönme dolap içinde koşturulması da henüz fazla acayip değildi. Buna karşılık hamster ceninlerine 24 saat yerine 22 saatlik çevrimleri olan beyin hücreleri nakledilmesi biraz daha olağandışıydı; sonuçlar saatin beyinde olduğunu açıkça gösterdi. Ve bu saatin

genetik olarak belirlendiği, meyve sineklerinin beyin hücrelerindeki spesifik bir [enformasyon] taşıyıcı ribonükleik asidin içeriğiyle çevrimsel olarak oynanmak suretiyle kanıtlanabilir. Ne var ki bunun için önce meyve sineklerinin sıvı ozon içinde dondurulması ve sonra süzülmesi gerekir: Minik başlar süzgeçten geçer, gövdeler geride kalır.

İnsanlarda buna izin yok; kaldı ki 24 saat arka arkaya bir dönme dolapta tepinmeyi ya da serçeye yapıldığı gibi, her şeye rağmen ışık sinyallerini alıp almadığımızı görmek için gözlerimizin çıkarılmasını istemezdik. Yani bunun bizde aynı şekilde işlev görüp görmeyeceğini kesin olarak bilmiyoruz. Ama her durumda şunu biliyorum ki, bu taşıyıcı ribonükleik asit Roever gibi erken kalkanlarda benden daha iyi sonuç veriyor.

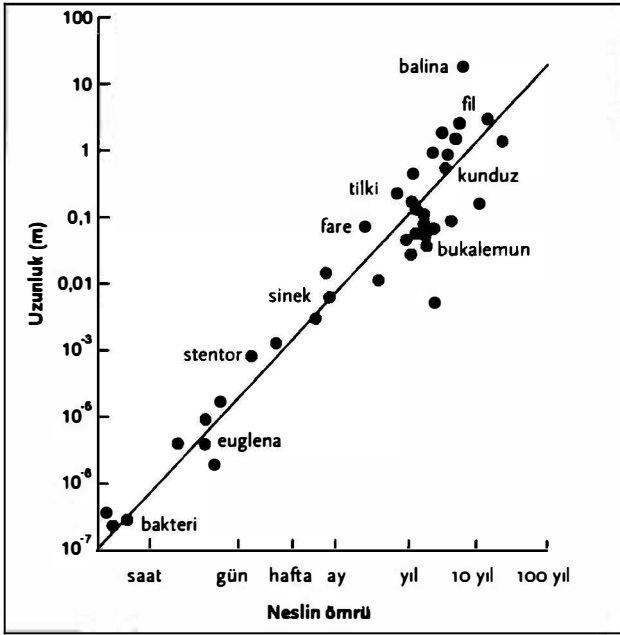
Peki, bu iç saat nereden geliyor? Onun nasıl işlediği bilinse de, saati nasıl elde ettiğimiz henüz bilinmiyor. Sadece iç saatin en ilkel bakterilerden en karmaşık canlı şekillerine kadar mevcut olması olgusu bile, onun evrimle birlikte aldığımız en eski şeylerden olduğunu düşündürüyor. 3,5 milyar yıl önce hayatı başlatan en ilk bakterilerin, prokaryotların henüz bir hücre çekirdeği yoktu, ama çoktan bir iç saatleri vardı. Bunu biliyoruz, çünkü böyle siyanobakteriler göl sularının üstünde film tabakası olarak ve sığ kıyı sularında stromatolitler, yani büyük, yumru köklü, kalkerli bir örtü olarak hâlâ yaşıyorlar. Bakterilerin 24 saat ritimli bir iç saate sahip olduğunu tasavvur etmek insana yadırgatıcı geliyor, çünkü bir günün içinde iki ya da üç kez parçalanıyorlar. Ancak bir anne hücre kız çocuk hücreleri ürettiği zaman ölmez, kız çocuk hücreleri de o'dur, diye iddia ediyor Foster ile Kreitzman. Genlerin kendileri var olmaya devam ediyor. Mesela Tayvanlı araştırmacılar çeltik tarlalarında gündüz fotosentez yapan ve geceleri azotu bağlayan siyanobakteriler buldular.

Bir iç saatin mevcudiyeti bizi daha iyi beslenmeye ve ardıllar üretmeye, ayrıca ekolojik rakiplerimizden üstün olduğumuz kendi zaman nişlerimizi bulmaya muktedir kılar. Yağmur ormanında kuşların yüzde 96'sı gündüz, memeli hayvanların yüzde 70'i gece faaldir. Kelebekler gündüz, pervaneler gece faaldir. Gündüzleri mavi renkli, sarı damarlı zehirli ok kurbacasını (*Dendrobates tinctorius*) görünürde dikkatsizce ormanda zıplarken görürsünüz, geceleriye dev ağaç kurbacası (*Hyla hoans*) larvalarını bıraktı-

ğı çay yatağındaki kum çukurundan koyu bas sesiyle gürlür. Manbarklak ağacı geceleri büyük, beyaz, güçlü kokulu çiçekler açarak, çiçektozlarını kilometre uzaktaki türdeşlerine nakletmeleri için yarasaları cezbeder. Böylece ekolojik nişler⁴ sadece mekânda değil, zamanda da paylaşılır. Yağmur ormanında her gün 24 saat “çiftleşme zamanı!” diye duyarsınız: Tekrar tekrar, daimi şekilde başka türlerin böğürme, viyaklama, burnundan soluma, ahlama ve makara çekmesi duyulur.

Değişik mevsimlerde de her seferinde başka türleri görüp duyarsınız. Yağmur ormanında gün uzunluğu ve sıcaklık bakımından yaz kış farkı olmasa da, çoğu organizmanın pekâlâ mevsimsel bir ritmi vardır. İguanalar yumurtalarını sadece ırmaklarda su seviyesinin alçak olduğu ve kum setlerinin peyda olduğu kurak dönemde bırakırlar. Dev ağaç kurbağası da çay yataklarında fazla su istemez, yoksa kumda çukur açamaz. İpé’ ağacı, kolibriler ile arıların bol sayıdaki sarı, trompet şekilli çiçeklerine kolay ulaşmaları için kurak dönemde yapraklarını döker. Uçaktan bakıldığında ağaçların parlak sarı tepeleri ormanın yeşilliğinde öne çıkar. İguanalar, kurbağalar ve ipeler vaktin geldiğini nereden biliyorlar? Kurak döneme kadar pasifçe bekleyip sonra yumurta, larva ve çiçek mi üretiyorlar? Bu elbette mümkün değil, zira embriyo gelişme dönemleri sabittir ve hepsinin vaktinde döllenmesi gerekir. Öyleyse mevsimlerin ritmi de bir iç saat tarafından düzenlenmektedir.

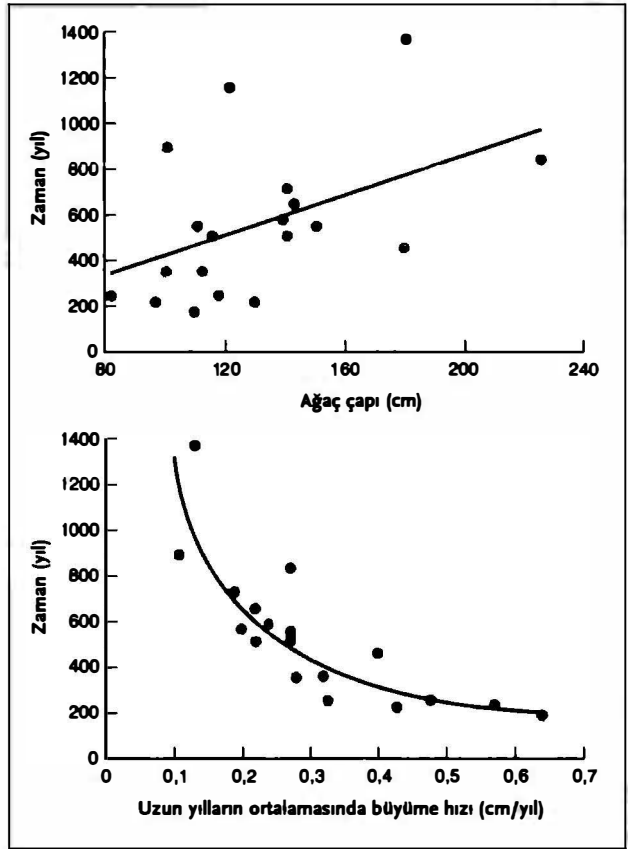
Ilıman kuşaklarda belirleyici etken günün uzunluğudur. Koyunlar kuzulamak için günlerin uzamaya başlamasını bekler. Yıllık üreme çevrimleri buna ayarlıdır ve buna ilişkin işaretleri iç saatleri verir. Bir keresinde bir İngiliz kalkınma projesi çerçevesinde Parámo’ya, Kolombiya Andları’nın yüksek rakımlı tundralarında koyun yetiştirilmeye çalışıldı. Ama deney başarısızlıkla sonuçlandı, çünkü ekvatorun o denli dibinde günler hep aynı uzunlukta olduğundan koyunlar kuzulamadı. Göçmen kuşlar bu konuda daha esnektir. Mevsimlerin olmadığı tropikal kuşaklarda yahut gece gündüz farkının olmadığı arktik bölgelerde bulunmalarına göre saatlerini hızlandırıp yavaşlatabilirler. Öncelikle tropikal organizmalar iç saatlerine tabi görünüyor. Bu şaşırtıcı değil. Kimi ağaçlar dört veya beş yılda bir çiçeklenir ve bazı ağustosböcekleri 13, hatta 17 yılda bir döl verirler.



Şekil 95. Uzunlukla ilişki içinde bir neslin ömrü. *Stentor* ve *euglena* tekhücreli organizmalardır.

Bu inanılmaz ekosistem ne kadar zamandır mevcut? Ormanlar sonsuza kadar şarkı söyler mi? Ormana bir bütün olarak yönelmeden önce dikkatimizi ilk ağızda bireyler üzerinde yoğunlaştırmak istiyoruz, çünkü türlerin hepsinin ömrü aynı uzunlukta değil. Bir insan sivrisinekten uzun yaşar. Max Kleiber daha 1930'lu yıllarda bir türün uzunluğu ile hayat süresi arasında bir ilinti olduğunu buldu –bugün biyokütlesi⁶ ile hayat süresi arasında derdik. Bu, daha büyük bir yaratığın vücut ağırlığının beher kilosu için, daha küçük bir yaratıktan daha az enerji harcamasından kaynaklanır (Şekil 95).

Özellikle memeli hayvanlarda çarpıcı bir ilinti daha var: Tür ne denli büyükse, nabız o denli düşüktür. Bir farenin kalbi dakikada 600 kere atar ve o sadece iki yıl yaşar. Bir kedinin kalbi dakikada 125 defa atar ve o ortalama on yıl yaşar. Bir inek normal olarak yirmi yıllık bir hayat beklentisi içinde dakikada 70 kez atan bir nabza sahiptir, bir filin kalbi dakikada 30



Şekil 96. Üstte: Farklı kalınlık ve cinsteki ağaçların mutlak yaşı. Altta: Büyüme hızı ilerleyen yaşla birlikte azalır.

kere atar ve hayvan elli yıl yaşar ve bir balinanınki dakika 15 kez atar. Toplandığında, her memeli hayvana hayatında ortalama aynı sayıda kalp atışı düşer, bu da –memeli ister küçük ister büyük olsun– bir buçuk milyardır.

Toplam enerji harcamaları evrim tarafından çok erken bir aşamada belirlenmiş olan memeli hayvanlar konusunda tüm çeşitlemeleriyle birlikte açık bilgi sahibiyiz. Buna memeli hayvan ölçüsü diyebiliriz. Stephen Jay Gould'ın elle tutulabilir bir şekilde tespit ettiği gibi, yiyeceğimize doğru ilerlemeyi sevdiğimiz için ağzımızın önde ve dışkıımızdan uzaklaşmak iste-

diğimiz için anüsümüzün arkada olması olgusu kadar asal bir unsurdur bu. Bizim genetik malzememizin öteki memeli hayvanlardan bu kadar az farklı olmasına şaşmamak gerekir.

Orman bitkilerinde durum nasıl? Saygı uyandıran bu ağaç devler kaç yaşında? Kısa süre öncesine kadar, Surinam'ın da dahil olduğu Amazon yağmur ormanındaki ağaçların yaşı hakkında pek az bilgi sahibiydik. Sorun, mevsimlerin yokluğundan ağaçlarda sık sık hiç yıl halkası bulunmamasında veya bunların zar zor algılanabilir olmasında yatar. Ve eğer ağaçta halka varsa, o zaman bunlar ille de yıl halkaları değildir, çünkü bazı ağaçlar daha uzun veya daha kısa çevrimlere sahiptir ve bütün yıl boyunca üstleri tomurcuk, çiçek yahut meyve doludur.

Santa Barbara'daki Kaliforniya Üniversitesi'nden tropikal kuşak uzmanı çevrebilimci Jeffrey Chambers, Brezilya'nın Amazon ormanındaki büyük ağaçları ancak çok yakın geçmişte doğrudan C-14 yöntemiyle tarihlendirmeye başladı (Şekil 96). Sonuçlar şaşkınlık uyandırıcıdır. Birçok yüksek ağacın yaşı yüzlerce yılı buluyor, hatta en yaşlısı 1400 yaşındadır ve ağaç –bu rakam tartışmasız olmasa da– ölçülen büyüme hızlarına dayanılarak yapılmış tahminlerden çok daha yaşlıdır. Tarihlendirilen güzel sarı çiçekli ipélerin yaşı 300 ila 700 yıl arasındadır. 40 hektarlık bir orman alanında yaşı bini geçen ortalama bir ağaç bulunuyor. Ağaçların ölçüsü memelilerinkinden, insani ölçüden en az bir basamak daha büyüktür. Ağacı diken, ağaç büyüene kadar ölür. Her ipé, dallarında asılı düzinelerce uluyan maymun, köklerini kemiren yüzlerce fare nesli görmüştür. Bu arada münferit türlerdeki ağaçların yaşı ile çapı arasında katı bir doğrusal ilinti yoktur; bazı örneklerin biraz ışık görünceye kadar çok uzun süre yerde fide olarak beklemeleri gerekir, ancak ondan sonra hızla tepe tacına kadar büyüeyebilirler. Böyle seyrek ağaçlı yerler öncelikle ağaçların yaş veya fırtına sebebiyle devrilmesi sonucu ortaya çıkar.

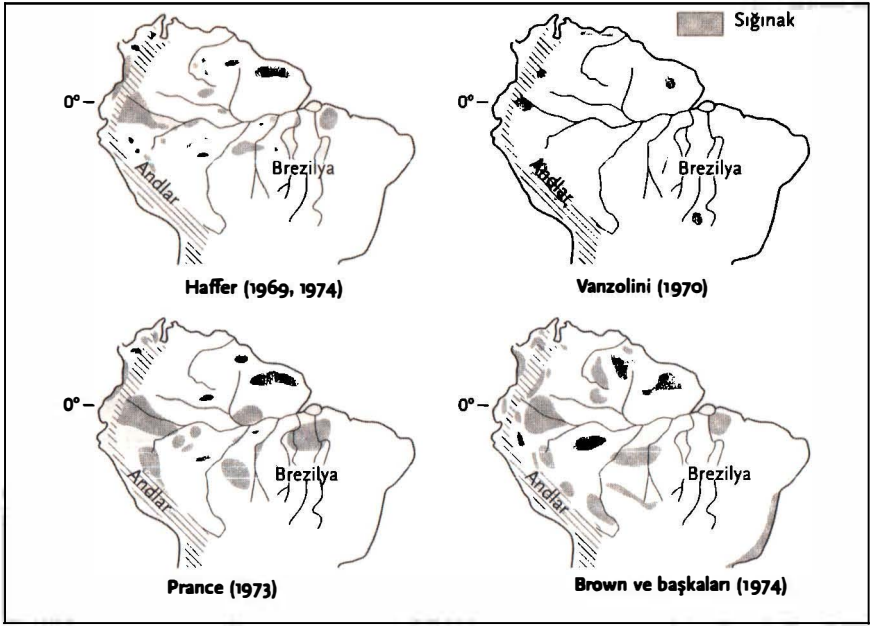
Orman küresel karbon dolaşımında önemli bir rol oynar. Beher hektara ortalama 330 ton olan yer üstü biyokütlesinden ve beher hektarda yıllık dört tonluk artıştan, ormanın ağacındaki karbonun ortalama dolaşım süresinin seksen yıl kadar olduğu hesaplanabiliyor. Hatta bu süre bir ihtimal artıyor. Bu ormanın karbondioksiti depoladığı anlamına gelirdi. Bir-

çok ülke buna seviniyor, zira bu durumda kasalara Kyoto parası akıyor. Ama seksen yıl sadece soğuk bir kimyasal değerdir. En yaşlı, bin dört yüz yıllık ağaçların işlevini de ormanın karmaşık ağına dahil ederseniz, o zaman herhalde şu sonucu çıkarmak zorunda kalırsınız: Ormanın tüm biyokütlesinin dolaşımı tamamlaması en az bin dört yüzyıl sürer. Demek ki yetişkin bir tropikal yağmur ormanının meydana gelmesi de bin dört yüzyıl sürecektir.

Bunu belirlemenin başka yöntemleri de vardır. Daha sonra Kolombiya'nın yağmur ormanı projesi yönetmenliğine getirilen Kolombiyalı çevrebilimci Juan Saldarriaga, Rio Negro'da (Venezuela) rotasyonlu tarımın sonuçlarını araştırdı. *Chagras*'ın, küçük çiftçilerin işledikleri arazilerin yeniden el değmemiş ormanla kıyaslanabilir bir biyokütleye hayat vermesinin ne kadar sürdüğünü bulmak istiyordu. Ekilen arazilerin en eskisi seksen yıl önce açılmıştı ve hâlâ tam olarak eski haline dönmemişti. Saldarriaga'ya göre bunun için en az iki yüzyıl gerekliydi. Ama Brezilya ağaçlarının yaşı dikkate alınırsa, buna herhalde birkaç yüzyıl daha eklemek zorundayız.

Bireylerin yaşı ve biyokütlenin devir hızı, bir bütün olarak ekosistemin yaşına dair henüz bir şey söylemez. En eski ağaç bin dört yüz yaşındadır. Bin dört yüz? Bu zaman içinde neler olmaz ki! Küçük buzul çağları, ortaçağ sıcak dönemleri? Smithsonian Institution'dan Amerikalı arkeolog Betty Meggers'e -1950'lerde kocası Clifford Evans'la birlikte Amazon'un arkeolojik haritasını çıkaran ilk kişiydi- kulak verecek olursak, Amazon bölgesinde 450, 700, 1000 ve 1500 yıl önce uzun süreli kuraklık dönemleri ile muazzam orman yangınları yaşanmıştı ve bunlar, onun deyişiyle, "mega El-Ninö' olayları"yla bağlantılıydı. Ama bugüne kadar bunun için getirilen kanıtlar çok yetersizdir. Gerçi El-Ninö'nün işaretleri Amazon ormanında yıl halkalarında bulundu, gelgelelim bunlardan hiçbirisi iki yüzyıldan daha yaşlı değildi. Şimdilik görünen o ki Amazon yağmur ormanı yüzlerce, hatta binlerce yıl boyunca bir hayli istikrarlı kalmıştır.

Ve zaman cetvelinde bir adım daha öteye gidelim mi? Buzul çağlarına? Louis Agassiz'in, Amazon bölgesinin buzulla kaplı olduğuna dair kaygısız çıkarsaması çoktan hükmünü yitirdi. Ama buzul çağlarının fiili etkisine ilişkin soru hâlâ son derece günceldir.



Şekil 97. Kuş, kertenkele, ağaç cinsleri ve kelebek sığınakları.

Tartışma 1969'da, Alman jeoloğu Jürgen Haffer *Science* dergisinde "Speciation in Amazonian Forest Birds" başlıklı yazısını yayımladığında başladı. Haffer yazısında Amazon yağmur ormanının kimi bölgelerinde başka yerlerinden çok daha fazla kuş türü olduğunu ortaya koydu (Şekil 97). Bunu şu şekilde açıkladı: Buzul çağında iklim çok daha kuraktı ve yağmur ormanı büyük ölçüde yok olup yerini savanalara bırakmıştı. Orman sadece en çok yağış alan, sığınak denilen yerlerde ayakta kalabiliyordu. Bu sığınaklardaki bitkiler ile hayvanlar o denli uzun süre tecrit edilmişti ki oralarda yeni, spesifik şartlara uyum sağlayan türler gelişmeye başlamıştı. Böylece türlerin sayısı artmıştı. Buzul çağının ardından iklim yeniden daha nemlenmiş ve Amazon ormanı tekrar ortaya çıkana kadar sığınaklar birleşmeye devam etmişti. Bununla birlikte bir zamanların sığınakları ayırt edilebiliyordu, çünkü buralarda çevrelerinde sonradan gelişen bölgelerdekenden daha zengin tür-

ler barınıyordu. Tohumları ağır olan Brezilya cevizi (*Bertholletia excelsa*) gibi ağaçlar ormanda hâlâ düzensiz bir dağılım şemasına sahiptir. Haffer'in dümen suyunda giden botanikçi, kelebek uzmanı ve herpetologlar (sürüngen ve amfibi uzmanları) benzer sonuçlara ulaşıyorlardı.

Büyüleyici bir kuram, ama pekiştirilmesi kolay değil. Bitkilerde yine bir dereceye kadar mümkün; Turku Üniversitesi'nden Hanna Tuomisto ve Jukka Salo'nun başında olduğu angaje bir grup, düzensiz dağılım imgesini kısa süre önce doğruladı ve bu sonuç sadece topraktaki farklı belirtilerden değil, aynı zamanda çeşitlilik konusundaki mutlak farklılıklardan çıkıyordu. Ama hayvanlarda muazzam bir sayım sorunu var. Sekiz milyon kilometre karelik bir ormandaki tür zenginliğini tespit etmeyi bir kere deneyin!

Naturalis'ten Rinus Hoogmoed ile birlikte bir defasında Surinam'da: Corantijn, Coeroeni, Kabalebo'da, jeolojinin beni tesadüfen sürüklediği yerlerde kurbağaları saydım. İyi de, kurbağaları nasıl sayarsınız? Bir yere oturup kurbağaların önünüzden geçmesini bekleyemezsiniz. Ve ormanda bir araştırma karesi belirlemek de anlamsızdır. Elde pala, boyunda pusula ve kurbağalar için kemerinize bağladığınız bir plastik torbayla yola koyulmanız gerekir. Kurbağalarda en azından vıraklamaları gibi bir avantajı sahipsiniz: Tanıdık olmayan bir vıraklama hemen heyecana ve planlanmış güzergâhtan sapmaya yol açar. Bilinen 80 türden iki veya üçünü bir günde bulursunuz, bunlar çoğunlukla sıradan olanlardır, içlerinde bazen bir tek nadir tür vardır, ama gerçekten yeni olan hiçbir türe rastlamazsınız, en fazla tam olarak tanımlanmamış güvenilmez sınıflara ait türlerle karşılaşsınız. Bu şekilde günde belki on, on iki kilometre gidersiniz. Geceleri yine bambaşka sesler duyarsınız. O zaman kafa lambasıyla oraya gitmek zorundasınız. Ve tam kurbağayı sık bir çalılığın altında keşfedip ona doğru dikkatli bir adım attığınızda o korkarak suspus olur. Ondan sonra çömelir ve uzun uzun beklersiniz. Vırrak! Bir adım daha atarsınız. Ortalık derhal yeniden sessizliğe bürünür. Nihai olarak. Kurbağa işin kokusunu aldı ve yok oldu. Türünün ne olduğunu hiçbir zaman öğrenemeyeceğim. Toprağın hemen altındaki bir inde üç renkli ağaç kurbağası⁸ oturuyor. Doğrudan yollarında dursanız bile onları görmezsiniz. Ansızın bir kurbağanın bir vapur düdüğü gibi vırakladığını duyuyorum. Bu büyük bir kurbağa olmalı. Bu-

nunla birlikte o 30 metre yukarıda ağacın tepe tacında, ormanın en büyük çeşitliliğe sahip olduğu alanda oturuyor: En çok yaprak, çiçek, parazit sarmaşığı,⁹ bromeliad, orkide ve başka üstbitkenler¹⁰ orada bulunur, ama orada oturan kurbağaları yakalayamazsınız. Hayal kırıklığı içinde yukarıya, yaprakların oluşturduğu karanlık çatıya bakıyorum. Kafa lambamın ışık demeti sadece uyuyan küçük bir kuş isabet ediyor. Böyle bir durumda temsil edici bir resim elde etmeyi nasıl becerirsiniz? Böyle bir veri koleksiyonunu bir istatistikçinin önüne koyun, gülmekten katılır. Burada, sekiz milyon kilometre karede, oradan daha çok kurbağa veya kuş türü yaşadığını nasıl göstereceksiniz? Yaya mı? İstatistikçi artık kendini hiç tutamaz.

Ama sığınak kuramını sınamanın daha başka yöntemleri var. Bitkilerin çiçektozu zerrelere, yani polenler çok dirençlidir; havayla temas etmedikleri sürece kil, turba veya deniz çökeltileri içinde milyonlarca yıl varlığını koruyabilir. Turbanın ilaveten C-14'le tarihlendirilme gibi bir avantajı da var. On binlerce yıl boyunca polenlerin biriktiği bir göl tabanından alınan sondaj numunesinden, derin denizde deliklilerdekine [foraminiferler] benzer şekilde, bitki örtüsünün bütün bu yıllar boyunca değişip değişmediği anlaşılabilir. Eğer buzul çağında iklim daha kuru idiyse, o dönemin katmanlarında daha çok savana poleni bulunması gerekirdi. Amazon'un ilk Hollandalı öncülerinden olan Thomas van der Hammen, bu işe daha 1950'lerde Kolombiya'nın Amazon bölgesinde başladı. Ne yazık ki böyle göller son derece serektr. Çoğu sadece birkaç bin yıllık veri sunuyor ve bu veriler bilindiği gibi on bin yıl önce son bulan buzul çağına kadar inmeye yetmiyordu. Ama van der Hammen ve Brezilyalı kadın meslektaşısı Maria Lucia Absy yıllarca aradıktan sonra bir tane buluyorlardı, hem de dünyanın en büyük demir madeni ocağına ait olan sayısız kaya kümesinin bulunduğu olağanüstü bir yerde, Brezilya'daki Serra dos Carajás'ta. Bu göl gerçekten son buzul çağı için daha fazla savana ve yağmur ormanı polenleri arz ediyordu. Bir göl, sekiz milyon kilometre kare için bir veri noktası –onlar için Amazon havzasında *ice age aridity*'nin [buzul çağı kuraklığı] bir işaretiydi.

Gelgelelim bir rakip vardı: ABD'den Paul Colinvaux. O da, van der Hammen'inkinden tam Paris-Moskova arası bir uzaklıkta bir göl buldu. Bu, karbonatit üstünde, yani magmadan meydana gelmiş çok nadir bir kireçtaşı

üstünde bulunan bir karst gölüydü. Brezilya hükümeti orada nadir bir maddenin niyobyum çıkarmak istiyor. Burası da yine pek temsil edici bir yer sayılmaz. Colinvaux gölünün buzul çağı tabakalarında savana polenlerine rastlanmıyor. Demek ki yağmur ormanı mevcudiyetini sürdürüyor, olsa olsa biraz serinliyor. Colinvaux *ice age aridity* veya *refuge theory* [sığınak kuramı] kavramlarını ağzına almaya cesaret eden herkese çirkin bir şekilde karşı çıkıyor. Zaten –*sapientia* [bilgelik] konusunda iyi bir örnek olmayan– yazısını okuyan hiç kimse bunu göze alamıyor. Ancak Hammen & Ort. şöyle diyor: Bir şey bulmamasına şaşmamak gerek, sonuçta bir sığınakta oturuyor.

Bununla birlikte Colinvaux'yu haklı çıkaran belirtiler var. Zira Amazon'un ağzının önünde *Amazon cone* [Amazon konisi] denilen yer bulunuyor. Amazon'un deltası yok. Ağız kısmında çok hızlı akar ve karayı terk ettiğini anlamadan açık denize doğru bir hayli ilerler. Ancak ondan sonra taşıdığı çökelti yükünü bırakır, söz konusu yük kıyıda epey uzakta koni şeklinde çökler. Bu koniden alınan sondaj numuneleri, Amazon'un buzul çağında günümüzdekinden pek de fazla polen taşımadığını ispatlıyor.

Sığınak kuramı başka bir taraftan da, en azından türlerin oluşma mekanizması olarak baskı altındadır. Genetikçiler, genlerde mutasyonun vuku bulma hızının aşağı yukarı sabit olduğundan hareket eder. Kısa süre önce kollara ayrılmış türler hâlâ birçok ortak gene sahiptir. Bölünme ne denli eskiye gidiyorsa, genetik farklar o denli büyüktür. Bu olgu bir tür moleküler saat olarak kullanılabilir. Bu yöntem çok eleştirilse de çoğu zaman istikrarlı sonuçlar doğurur. Vakago ile türdeşlerinin moleküler saati, türlerin oluşumunun orada 1,6 ila 9,5 milyon yıl önce meydana geldiğini kanıtlıyor. Yukarıdaki haritada (Şekil 97) görülen kertenkele türleri daha 15 milyon yıl önce birbirinden ayrıldı. Ya bizim tembelhayvan? O hatta 50 milyon yıl önce ortaya çıktı. Haffer haklı olsaydı, o zaman türlerin oluşumu bir veya en fazla birkaç buzul çağı, yani birkaç yüz binyıl önce vuku bulmuş olurdu.

Tropikal yağmur ormanı, bu muazzam tür zenginliği, bu kılcal damarlı beslenme zinciri besbelli çok eski, en azından birkaç milyon yaşındadır. Milyonlarca yıldır her sabah Corantijn kıyısında “vakago, vakago” sesleri duyulur. Yakın geçmişte bir tür oluşumundan hiç söz edilemez. Thomas van der Hammen ile meslektaşısı Henry Hooghiemstra'nın son iki milyon

yılda Kolombiya Andları ve Amazon bölgesindeki tüm bitki örtüsünün gelişimini, “evrim” kelimesine bir kez bile değinmek zorunda kalmaksızın polen fosillerine dayanarak yeniden tasarlayabilmeleri olgusu da bunu doğruluyor. Bütün eski polen türleri bugün hâlâ yaşayan bitki cinslerinden türetilir.

Ve bu sadece tropikal yağmur ormanı için geçerli değil. Curaçao'nun 125 bin yaşındaki mercan terasları bugünkü resiflerle tıpatıp aynı tür bileşimine sahiptir. Tropikal denizlerin yumuşakçaları ile balıkları da son bir milyon yılda hiçbir yeni tür meydana getirmedi. Bunu, her zaman biriminde sözcelimi kuşlardan on veya yüz kere daha fazla nesil ortaya çıkaran böcekler bile yapmadı. Bu, anlaşılan buzul çağındaki sıcaklık düşmesinin tropik bölgede ılıman kuşaklardakinden daha az belirgin olmasından mı kaynaklanıyor?

Ama bu da doğru değil. Bir zamanlar, büyük buzullaşmaların meydana olmasından önce, bugünkü ılıman kuşaklar çok daha zengin bir tür yelpazesine sahipti. Sera Dünyası döneminde daha Sibiry'a da timsahlar ve Grönland'ta baobap ağaçları vardı. Ama buz takkeleri her buzul çağında bitkilerle hayvanları tekrar tekrar, bıkkınlık getirinceye kadar Alpler'in ötesine kovaladı. Akaramber ve zerkova ağaçları gibi birkaç tür bundan o denli yorgun düştü ki, ortalık ısınınca da bir daha geri dönmedi, nitekim polen fosilleri bunu ispatlıyor. Söz konusu türlere bugün sadece Çin ve Amerika'da rastlanıyor. Böyle bakıldığında, bir buzul çağı biyoçeşitlilik [biyolojik çeşitlilik] için iklimin ısınmasından daha büyük bir tehlikedir.

Eğer Avrupa'da evrimin doğal ayıklanmayla gerçekleşmesini bekleyeceğimiz bir dönem olduysa, o da herhalde son iki milyon yıllık dönemdir. Dramatik iklim değişiklikleri, buz takkeleri, deniz seviyesinde oynamalar, canlıların yaşama ortamındaki sıkıntılar, coğrafi tecrit: Bütün bunlar tür oluşumu için yeterli bir gerekçedir. Bu olgu gerçekten böyle bir işleve sahipse, o zaman ılıman kuşakların tropiklerden daha büyük bir biyoçeşitlilik göstermesi gerekirdi. Oysa böyle olmaz, sadece bitkiler ile hayvanlar iklim soğuyunca dört bir yana kaçır ve onlar için mümkün olduğu anda çabucak geri döner. Bu kitap bu konuyla başlamıştı, ama ortaya yeni türler çıkmaz. Aksine, bizde tek bir istisna dışında son iki milyon yılda biyoçeşitlilik

azaldı. Avrupa faunası ile florası Kuzey Amerika'nınkinden daha fakirdir: Orada dağlar en azından kuzey-güney yönündedir ve bitki örtüsü üşümeye başladığında bir eşik oluşturmaz. Ama orada da bu zaman dilimi içinde yeni türler meydana gelmedi. Bizim biyoçeşitliliğimiz tropikal yağmur ormanının-dakinin ancak küçük bir parçası kadardır. Başımızdan çok şey geçti.

ÇEVİRMENİN NOTLARI

- 1 Kürek gibi kimi araçların enli ve yassı bölümü.
- 2 Acapu olarak da bilinen *Vouacapoua americana*.
- 3 Portekizce "kan bağı".
- 4 Bir canlı türünün ya da topluluğunun ekosistem içindeki ilişkisel konumu. Terim, bir organizmanın ya da topluluğun kaynakların dağılımına ve rakiplere nasıl tepki verdiğini ve sırası gelince aynı etkenleri nasıl değiştirdiğini tanımlar.
- 5 *Tabebuia spp.*: Güney Amerika'da birçok yerel adı olan bir ağaç türü.
- 6 Belirli zamanda sınırları belirli bir biyolojik ortamda bulunan canlı organizmaların toplam kütlesi.
- 7 Terimin tam adı "El-Ninõ Güney Dalgalanmaları"dır: Büyük Okyanus'un ekvator kesiminde yüzey sularının sıcaklığındaki büyük dalgalanmaları ve bunların yol açtığı atmosfer olaylarını ifade eder.
- 8 *Epipedobates tricolor*.
- 9 Liyan olarak da bilinir.
- 10 Epifit olarak da bilinir.

STEPHEN JAY GOULD'UN ESRARI

"The history of any one part of the earth, like the life of a soldier, consists of long periods of boredom and short periods of terror."

"Yeryüzünün herhangi bir parçasının tarihi, bir askerin hayatı gibi uzun bir can sıkıntısı ve kısa terör dönemlerinden ibarettir."

DEREK AGER, *The Nature of the Stratigraphic Record*

Darwin nerede? Yerkürenin tanıdığı en bereketli ekosistem olan tropikal yağmur ormanı ile mercan resiflerinde son iki milyon yılda neden hiçbir yeni türün peyda olduğunu görmüyoruz? Kanadalı genetikçiler Freeland ile Boag'a inanacak olursak, Galapagos Adaları'nın kendisi dört milyon yıldan daha yaşlı olmadığı halde adalardaki ispinozlar beş yüz bin ila bir milyon yıl önce yollarını ayırdı. Yoksa evrim ekosistemin en ince kılcal damarlarında, tembelhayvan postunun uzunlamasına kırıksıklarında mı vuku buluyor? Genetikçilerin henüz aramadığı, göl çökeltiilerinde, turbada, derin denizde veya buzda tarihlendirilebilir hiçbir iz bırakmayan organizmaların yaşadığı yerlerde mi?

Lyell yeni türlerin doğal ayıklanmayla ortaya çıkabileceğine inanmak istemediğinden, Darwin ile onun arasında çatışma çıktığını gördük. Ama buna rağmen, Darwin'in evrim için Cuvier'nin iddia ettiği gibi afetlere değil de, sadece uzun zamana ihtiyaç olduğuna inanmasından dolayı gerçek bir Lyell taraftarı olarak kaldığını da gördük: Katastrofizm değil, tekbiçimcilik. Artık bu tartışmanın bilançosunu çıkarma zamanıdır. Çünkü her iki taraf da, yeni üniformalar içinde olmakla birlikte hâlâ kavgalıdır. Niles Eldredge, hoş bir içeriden bakış hikâyesi olan *Reinventing Darwin*'de [Darwin'i Yeniden İcat Etmek] artık genetikçilerle fosilbilimcilerin didiştğini belirtiyor. Tartışma konusu hâlâ ırmak olarak zaman, dalga olarak zaman ve uyarı olarak zamandır. Ancak artık söz konusu zaman cetvelleri hakkında çok daha iyi bilgi sahibiyiz. Ve bağlamı dışındaki bir dalganın bir uyarı gibi yahut büyük bir dalganın çok küçük bir parçasının bir ırmak gibi görünebileceğini daha iyi

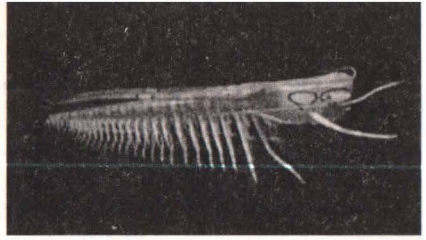
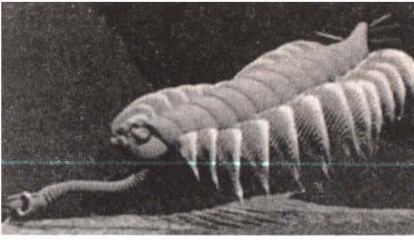
anlıyoruz. Ve hayatın var olduğu üç buçuk milyar yılla bağlantı halindeki iki milyon yılın ne önemi var ki? Darwin'in vakti çok.

Üç buçuk milyar yıl önce bahar geldi, hem de denizde. İlk olarak prokaryotlar, hücre çekirdeksiz tekhücreli organizmalar meydana çıktı. Bakteriler, *archaea*. Bunların bir DNA'ya, hayatın temeline sahip olmuş olması gerekir. Ve günümüzdeki türdeşleri gibi onlar da bir iç saate sahip olmuş olmalıdır. Bunlar besin kaynağı olarak her türlü şeyi denediler: Karbon, azot, kükürt, oksijen –artık ne bulurlarsa. İçlerinden sadece küçük bir kısmı bir sonraki sınıfa geçebildi. Onlar iki milyon yıl sonra hücre çekirdeğini keşfetti ve böylelikle ökaryot oldu. Ve bu ökaryotların içinden eksantrik biri, bu kez yarım milyar yıl sonra, birey başına çok hücre düşüyorsa her hücreye farklı görevler verilebileceğini keşfetti; bu, metazoaların, çokhücreli organizma, bitki ve hayvanların başlangıcıydı. Bunlarda ağız ile gözler önde, anüs arkadaydı. [Söz konusu organların] aralarında oksijen temini ve hazım için bir şey ve topunu birden ayakta tutmak için bir pompa vardı. Ve mümkünse ileri gitmek için bir şey –yüzgeç, pençe, kanat, herhangi bir organ. [Metazoalarda] dur durak bilmeksizin deneylere girişildi. [Doğa onlara] bir şeyler yapsınlar diye bir buçuk milyar kalp atışı tahsis etti. Ve yine bu çokhücreli organizmaların küçük bir bölümü, aşırı doygun okyanuslarda derileri üstünde daimi bir bela haline gelen kalker yağmuruna karşı yarım milyar yıl sonra bir çözüm geliştirdiler. Kendilerine bunlardan bir kabuk, bir iskelet inşa ettiler. Böylece daha iyi korunur hale geldiler. Artık 542 milyon yıl öncesinde, kambriyenin başlangıcındaydık.

Kambriyen de yine bir tür ilkbahardır. Hayat, yeni keşiflerinin coşkusu içindedir (Şekil 98). Yeni yapı malzemesiyle en tuhaf [canlı] formları ortaya çıkar. [Canlılar arasında] her şey denenir, sık sık kısa süreli başarılar elde edilir. Beş göz mü istersiniz? Sorun değil. *Cambrian explosion* [kambriyen patlaması].¹ Stephen Jay Gould'ın Burgess Shale'deki (Kanada) bulunularla ilgili *Wonderful Life* adlı parlak kitabını okuyun.

Bunu az sonra başka bir keşif izler: Karada hayat. Bitkilerle hayvanlar sudan sürünerek çıkar ve yeni bir hayat tarzı inşa eder. Eninde sonunda bizimkini.

Bu hikâyede beş gelişme birbirine koşut yürür. Zamanın beş oku. Birincisi: Hayat formları giderek hep karmaşıklaşır. İkincisi: Tür çeşitleri her

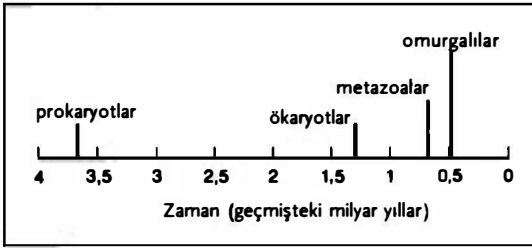


Şekil 98. *Opabinia* ve *marrella*, kambriyen dönemi Burgess Shale [fossil alanı] iki kısa ömürlü hayat formu.

adımda çoğalır. Üçüncüsü: Biyokütlenin toplam miktarı her adımda artar. Dördüncüsü: Daha önce bunun için lüzumlu fizyoloji henüz keşfedilmemiş olduğundan girilmesi mümkün olmamış ekolojik nişler gittikçe fazlalaşır. Beşincisi: Bir sonraki adıma kadar geçen zaman aralığı her seferinde kısalır (Şekil 99). Herhangi bir zamanda ortaya çıkan hayat formlarının yüzde 95'inin nesli bu arada tükenmiş olmasına rağmen, türlerin sayısı hiçbir zaman bugünkü kadar çok değildi. Yeryüzünde hiçbir zaman bugünkü kadar çok biyokütle yoktu. Yerkürenin bir kilometre altındaki kaya yangından tutun üç kilometre kalınlığındaki antarktik buzun altındaki göllere kadar, dünyanın hiçbir köşesi, hiçbir çatlağı asla bugünkü kadar hayat dolu olmadı.

Bu bir ilerleme mi? Stephen Jay Gould (*Full House*'da) bunu reddediyor. O bunu değişkenliğin artması diye adlandırıyor. Her ileri adımda bir sürü [bireyin] çakıp eski sınıfında kaldığına ve yola birlikte devam etmelerine izin verilmediğine dikkati çekiyor. Bireylerin sadece çok küçük bir kesimi evrimsel bir adım atabiliyordu. Başarılı olanların topu tam o sırada rüzgân arkasına almış talihlilerdi. Bunlar pekâlâ başkaları da olabilirdi. Bu söylenenler doğrudur, ama yukarıda değindiğim beş oku çürütmez.

Gould'ın görüşü, insanın yaratılışın tacı olmayıp aksine onun da bir talihli, Wim Kayzer'in o unutulmaz TV dokümantasyonunda ifade ettiği gibi "harikulade bir kaza" olduğuna inanmasından kaynaklanıyor. Buna tümüyle katılıyorum, ama biyosferin artan karmaşıklığını tartışma konusu yapmak için bir sebep değil bu. Belki beş okta "ilerleme" kelimesinden kaçınmalıyız: Bu bir değer yargısı olarak yorumlanabilir ve böyle bir niyet güdülmüyor. Amerikalı biyologlar Andrew Knoll ile Richard Bambach üstat Whewell'in



Şekil 99. Dünya'daki çeşitli hayat formlarının ortaya çıkışının hızlanması.

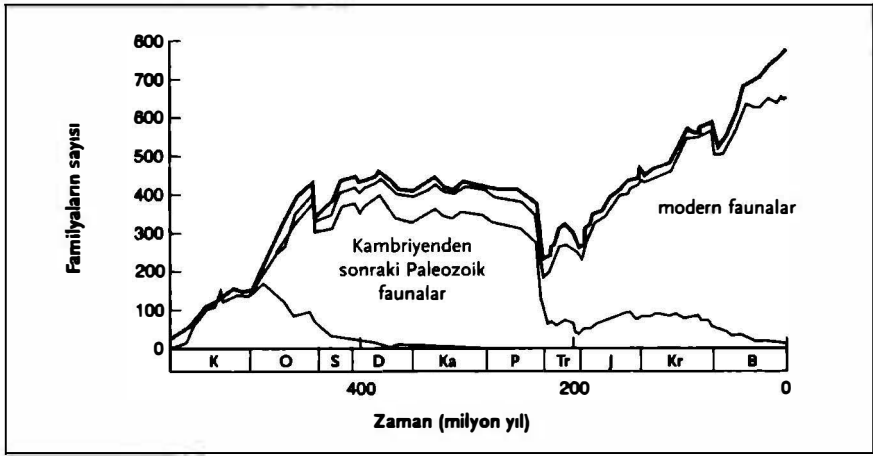
izinden gidiyor ve tercihen “doğrultusalcılık” kavramını kullanıyor. Korkunç bir kelime, ama ikisi şunu söylediğinde hedefi tam ortasından vuruyor:

“The principal issue that confronts paleontologists who wish to evaluate such sweeping evolutionary worldviews is that history of life is unique. How do we estimate the likelihood of events that have occurred only once?”²

Zaten beş ok, beş önemli dönüm noktasını gösteriyor, bunların en zorlusu permien ve triyas sınırında, en tanınmış da kretase ve tersiyer sınırındadır. Sonuncusu, bu arada genel olarak kabul edildiği üzere, Yuca-tán'daki (Meksika) Chicxulub yakınına düşen bir göktaşının sonucuydu ve dinozorlarla büyük sayıda başka organizmanın neslinin tükenmesine yol açtı. Bu suretle birçok niş serbest kaldı ve o zamana kadar başarı şansı olmamış gruplar, bunların arasında memeliler artık hızla gelişebildi (Şekil 100). Eğer katastrofistler herhangi bir şeyle puan topladıysa o da bununla oldu.

Çok daha ciddi olan permien krizinin sebepleri henüz belli değil, ama onlar da bir gün açıklığa kavuşacaktır. Ancak büyük soru şu (nitekim genetikçilerle fosilbilimciler arasındaki tartışma bununla ilgili): Evrim, genetikçilerin düşündüğü gibi (ırmak, ok olarak zaman), gen malzemesi içinde vuku bulan daimi mutasyonların yol açtığı zorunlu bir süreç midir; yoksa, fosilbilimcilerin iddia ettiği gibi sıçramalı (uyartı olarak zaman) mıdır ve sebeplerinin organizmaların dışında mı aranması gerekir?

Bir kere daha kısaca Georges Cuvier, Lyell ve Darwin'e geri dönelim. Her üçü de bir şeyler söyleyebilir, ondan sonra sıra bana gelecek. Cu-



Şekil 100. Kambriyeden bu yana deniz faunalarının çeşitlenmesi. [K: kambriyen; O: ordovisyon; S: silüryen; D: devoniyen; Ka: karbonifer; P: permien; Tr: triyas; J: jura; Kr: kretase; B: bugün]

vier, Paris Çanağı'nda bulduğu tüm kabuklu deniz hayvanlarını, memeli kemiklerini ve başka fauna unsurlarını çok ayrıntılı tasvir eder ve ilk defa, sanki birden çok yaratılış vuku bulmuş gibi, birçok türün neslinin tükendiği ve birçok yeni türün ortaya çıktığı sonucuna varır. Gelgelelim bir türle öbürü arasında rabita kuramaz. Türlerin değişmezliğine inanmaktadır ve meslektaş Saint-Hilaire, Mısır'dan modern ardıllarından hiçbir fark olmayan beş bin yıllık hayvan mumyaları getirdiğinde bu görüşü daha da pekişir. Cuvier artık şöyle der:

“Türler tedricen değişmiş olsaydı, o zaman bu yavaş değişikliklerin izlerini bulmamız gerekirdi. Palaeotherium' ile bugünkü türler arasında ara formlar bulmamız gerekirdi, ama bugüne kadar bu gerçekleşmedi. Yerin içinde bu garip soyağacının neden hiçbir yadigârı korunmadı? Onları yok eden afetin, değişimleri için onlara hiç zaman bırakmaması ihtimal dahilinde değil mi?”

Lyell buna karşılık olarak, Dünya'nın jeolojik tarih kitabında büyük boşluklar olduğunu ve eğer geçiş formları bulunamıyorsa, henüz bunun

onların var olmadığı anlamına gelmeyeceğini söyler. Sanki Armero'yu önceden tahmin etmiş gibi, Herculaneum'la şık bir kıyaslama yapar:

“Suppose we had discovered two buried cities at the foot of Vesuvius, immediately superimposed upon each other, with a great mass of tuff and lava intervening, just as Portici and Resina, if now covered with ashes, would overlie Herculaneum. An antiquary might possibly entitled to infer, from the inscriptions on public edifices, that the inhabitants of the inferior and older town were Greeks, and those of the modern, Italians. But he would reason very hastily, if he also concluded from these data, that there had been a sudden change from the Greek to the Italian languages. Suppose he afterwards found three buried cities, one above the other, the intermediate one being Roman, while, as in his former example, the lowest was Greek and the uppermost Italian, he would than perceive the fallacy of his former opinion, and would begin to suspect that the catastrophes, whereby the cities were inhumed, might have no relation whatever to the fluctuations of the language of the inhabitants, and that, as the Roman tongue had evidently intervened between the Greek and the Italian, so many other dialects may have been spoken in succession, and the passage from the Greek to the Italian may have been very gradual, some terms growing obsolete, while others were introduced from time to time.”⁴

Darwin, o inatçı Lyell taraftarı, *The Origin of Species*'in onuncu bölümünde, tek bir kayaç oluşumu içindeki bağlantı halkalarının yokluğunun bile yavaş, sürekli bir evrime karşı bir argüman olmadığına dair başka bir dizi orijinal gerekçe gösterir. Bunlardan en hoşuma gideni şu:

“We shall, perhaps, best perceive the improbability of our being enabled to connect species by numerous, fine, intermediate fossil links, by asking ourselves whether, for instance, geologists at some future period will be able to prove that our different breeds of catt-

le, sheep, horses and dogs are descended from a single stock or from several aboriginal stocks. (...) This could be effected by the future geologists only by his discovering in a fossil state numerous intermediate gradations: and such success is improbable in the highest degree.”⁵

Bu arada yüz elli yıl ileriye gittik. Kilometre kalınlığında binlerce çökelti paketinde yüzlerce fosilbilimci tarafından santim santim fosil arandı. Elimizde hâlâ büyük boşlukları olan bir tarih kitabı var, ama bu arada hiç olmazsa az çok süreklilik içeren bir kayıt elde etmek için [fosilleri] nerede aramız gerektiğini biliyoruz. Sözelimi, daha önce gördüğümüz gibi derin deniz çökeltilerinde. Kıtasa karada da, herhangi bir zamanda derin denizde çökelmiş ve daha sonra levha tektoniği sonucu yukarı çıkmış olan katman paketleri bulabilirsiniz. Rüzgârla gelen volkanik kül tabakalarının veya çökeltide oluşan glokon gibi radyoaktif minerallerin tarihlendirilmesiyle, yeryüzünün manyetik alanında yapılan kutup değişikliğin yardımıyla, Milankoviç çevrimselliğiyle bağıntısını kurarak ve başka yöntemlerle, milyonlarca yıllık katmanların mutlak yaşını da çok daha kesin olarak biliyoruz. Eğer tarih kitabında hâlâ boşluklar varsa onları da bir gün halledeceğiz.

Cuvier’nin ana hatlarını belirttiği muazzam miktarda yeni veriye rağmen, Stephen Jay Gould’ın deyişiyle “fosilbilimcilerin meslek sırrı” hâlâ değişmedi. Türlerin çoğu hâlâ ansızın ortaya çıkıyor, bir müddet varlığını sürdürüyor, ardından aynı şekilde ansızın kayboluyor. Geçiş formları son derece nadir görülüyor. Peki, bu neden bir sırdı? Çünkü evrimin, Darwin’in iddia ettiği gibi tedricen yürümediğini söyleyen her fosilbilimci: Saltocu [sıçramalı evrimci], katastrofist veya, en kötüsü, yaratılışçı olarak küfür yeme tehlikesiyle karşı karşıyadır. Böyle bir olay onun kariyerinin sonu olurdu. Niles Eldredge ile Stephen Jay Gould 1972’de baklayı ağızlarından çıkardılar:

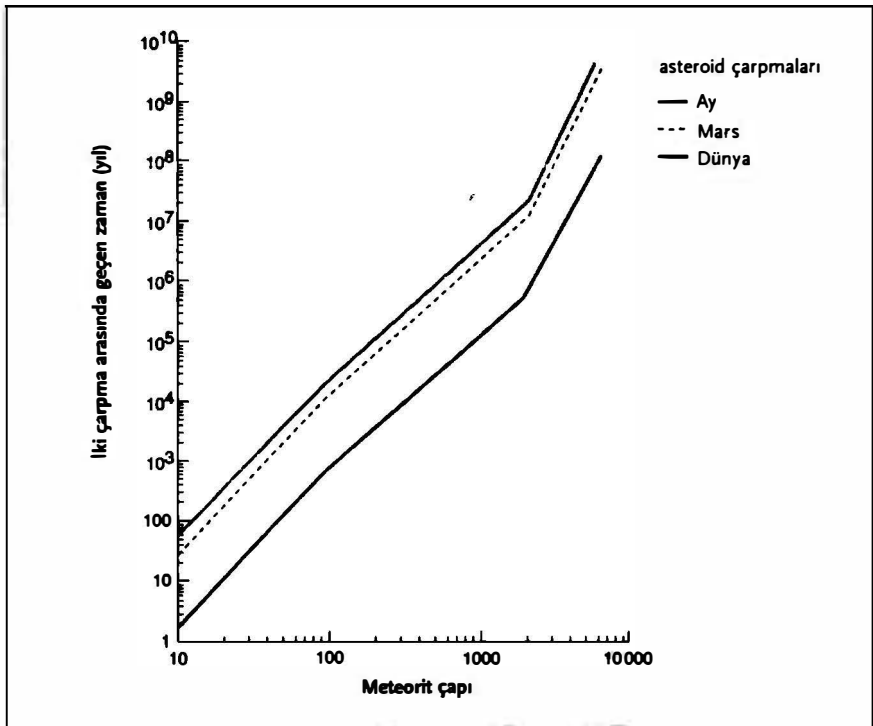
“[We] wondered why evolutionary paleontologists have continued to seek, for over a century and almost always in vain, the ‘insensibly graded series’ that Darwin told us to find. Biostratigraphers have known for years that morphological stability, particularly in charac-

ters that allow us to recognize species-taxa level, is the rule, not the exception. It is time for evolutionary theory to catch up with empirical paleontology, to confront the phenomenon of evolutionary non-change, and to incorporate it into our theory, rather than simply explain it away.”⁶ (Eldredge ve Gould, 1972)

Söz konusu iki bilim insanı, evrimin tedrici değil, aksine *punctuated equilibrium*: kesintili denge olarak geliştiğini farz ediyordu. Hızlı evrimli kısa dönemler uzun sükûnet dönemleriyle, yeni gelişen türlerin olsa olsa ortalama bir değer etrafında dalgalandığı, ama gerçekten belirli bir yöne doğru değişmediği bir *statis*’le⁷ yer değiştiriyordu. Tıpkı Cuvier’nin varsaydığı, tıpkı Surinam yağmur ormanının akla getirdiği gibi. [Eldredge ile Gould] mutlak tarihlendirmelere dayanarak denizde yaşayan bir türün ortalama ömrünü beş ila on milyon yıl, bir evrim uyartısının süresini beş ila elli bin yıl olarak tahmin ediyordu.

Bu gerçekten yeni bir bilgi değildi. Jeolojik devirlerin sınıflandırması, daha John Phillips’in 1841’de paleozoik, mezozoik, senozoik terimlerini bulduğu dönemlerden beri bunun üzerine inşa edildi. Bu jeolojik zamanlar (*era*), gördüğümüz gibi –permiyen veya kretasenin bitiminde– hep kitlesel bir şekilde nesillerin tükenmesiyle son buldu. Bu afetler ve bunların hayatın evrimi üstündeki derin etkisi konusunda hemen hemen hiç görüş ayrılığı bulunmuyor.

Zamanlar dönemlere bölünür: Paleozoik dönem kambriyen, ordovis-yen, silüryen, devoniyen, karbonifer ve permiyeni; mezozoik dönem triyas, jura ve kretaseyi; senozoik dönem paleojen, neojen ve kuvaterneri (bkz. Ek) içerir. Bu dönemlerin her biri 20 ila 80 milyon yıl arasında sürer. Jeologlar, Uluslararası Stratigrafi Komisyonu’nda bu dönemlerin sınırlarının tam nerede olduğunu kararlaştırıyor. Bu amaçla, tercihen el değmemiş deniz çökeltilerinde, belirleyici bir türün ansızın ortaya çıkma yahut yok olmasının iyi kavrandığı bir kesimi arıyorlar. Bu türün bir kılavuz fosil olması gerekir: Dünyanın her yanında rastlanan, hızlı bir evrimden geçen ve iyi fosilleşmiş bir tür olmalıdır. Birinci talep, yerkürenin başka bir yerinde de aynı sınırın tanınması için; ikincisi, yavaş gelişen türler lüzumlu zamansal kesinliği gös-



Şekil 101. Ay, Mars ve Dünya'ya meteorit çarpmaları frekans-büyüklik diyagramı: Meteoritin çapı ne denli büyükse, çarpma o denli seyrek olur.

teremeyeceği için; üçüncüsü de fosilleri yeniden bulmak için boşu boşuna çaba harcamayacağımız için gereklidir. Ünlü coelacanth, “canlı fosil” diye anılan derin deniz balığı kötü bir kılavuz fosildir: Fazla nadirdir ve fazlasıyla yavaş gelişir. Bu alanda insan da pek işe yaramaz: Çok kötü fosilleşiriz.

Paleozoik için iyi kılavuz fosiller tribolit ile brachiopod'lar, mezozoik için amonitlerdir. Bunların nasıl görüldüğünü bilmeyenin yapacağı tek şey köşedeki şifalı taş dükkâncısına kadar gitmektir. Orada romatizmaya karşı kaplangözü, kansere karşı dumanlıkuvars, kalp krizine karşı neceftaşı ve mutlaka Madagaskar'dan uzunlamasına kesilmiş bir çift amonit, Bo-

livya'dan da trilobit –küçükleri kolye ve büyükleri şömine süsü olarak– bulabilir. Bunun ötesinde her iki familyanın da hâlâ yaşayan akrabaları var: *Limulus* (kral yengeç) ve *Nautilus*.⁸ Bunlar tribolite veya tasarımcı elinden çıkma bir amonite benzer.

Seçilen kesimde iki dönem arasındaki geçişi Stratigrafi Komisyonu *golden spike* [altın kabara/çivi] olarak adlandırıyor.

İyi, ama dönemler arasındaki ani geçişler ne anlama geliyor? Bunlar da dünyaya düşen –daha küçük– meteoritlerden mi kaynaklanıyor? Dönemlerin de bölümlere (*epoch*) ve bunların da yine çağlara (*age*) ayrıldığını görmemiz sorunu hafifletmeyecektir. Çağlar genellikle bir ila beş milyon yıl arasında sürer. Ve bütün bu çağlar için, deniz fosillerindeki ani değişikliklerin karakterize ettiği *golden spike*'lar belirlenir. Üstelik bunlar da yeterli olmaz. Mezozoikteki amonitler o denli hızlı bir gelişme gösterir ki onlar sayesinde jeolojik zaman daha hassas sınıflandırılabilir: Her amonit zonu⁹ sadece yarım ila bir milyon yıl sürer. Her beş yüz bin yılda bir kabukları için yeni bir hidrodinamik numara keşfeder, bu yolla suda eskisine göre biraz daha hızlı kayabilirler.

Bu ne anlama geliyor? Amonitler niçin bu denli hızlı gelişmeye devam ediyor? Ve bu gelişme tedrici değil, aksine ani hareketlerle –denge, uzun durgunluk ve kısa evrimsel uyarı dönemleri şeklinde– oluyor. Bütün bunlar yeni küçük nişler açan minicik afetler midir? Ne tür afetler? Yine meteorit çarpmaları mı?

Meteorit çarpmaları, depremler, yanardağ indifaları ve su baskınları gibidir: Olay ne denli büyükse o denli seyrek vuku bulur (Şekil 101); bu, Per Bak'ı coşturacak bir fraktal dağılımdır. Ama küresel sonuçlar doğuran sadece çok büyük çarpmalardır. Küçükçe olanlar –25 bin yıl önce Arizona'da Meteor Crater veya 1908'de Tunguska– ve her yıl görülen çok küçükler yalnızca yerel etkiler doğurur: Yerde yahut ormanda ya da sadece bir evin damında bir delik açar. Amerikalılar Dünya'ya yaklaşan meteoritleri uydularıyla gözlüyor ve bunların çoğunun yeryüzüne ulaşmadan atmosferde yanıp yok olduğu anlaşıldı. Bu bir yana, amonitlerde tür oluşumunun düzenliliğini bu şekilde açıklamak da zordur.

Başka bir seçenek Dünya'nın manyetik alanını tersine çevirmektir. Ağırküre [barisfer] demir ve nikelden meydana gelir; dış kabuğu sıvıdır ve

Milyon yıl	Dönemler		Kutupluluk Chron	Tethys	Amonit kuşakları Kuzeybatı Avrupa
				P. melchioris	Parahoplites nutfieldensis
120	Aptian	üst Cargasian	M ¹ -1r ¹ (ISEA)	E. subnodosus costatum	Epicheloniceras martinoides
		alt Bedoulian		Dufrenoyia furcata	Tropaeum bowerbanki
				Deshayesites deshayesi	Deshayesites deshayesi
				Deshayesites weissii	Desh. forbesi
125			M0r	Deshayesites oglanlensis	Prodeshayesites fissicostatus
		üst	M1	P. waagenoides	P. bidentatum
				C. sarasini	Sim. stolleryi
				I. giraudi	Ancy. innexum/pingue
	Barremian			Hemi. feraudianus	Paracrioceras denckmanni
				Hemi. sartousi	Para. elegans
		alt	M3	A. vandenheckii	
				Coron. darsi	H. fissicostatum
				K. concolorasini	Hoplocrioceras rarocinctum
				Nick. pulchella	
				Kotlich. nicklesi	
				Tavera. hugi auct.	S. variabilis
130			M5	Pseudothurman. ohmi	
		üst	M6		S. marginatus
			M7		
			M8	B. balearis	S. gottschei
			M9	Plethiospiraliscus ligatus	S. speetonensis
	Hauterivian		M10	Subsarynella sayni	S. inversum
				Lyticoceras nodosoplicatum	
		alt	M10N	Crioceratites loryi	E. regale
				Acanthodiscus radiatus	E. noricum
		üst	M11		E. amblygonium
				Criocerasinella furcillata	paucinodum
			M11A	Neocomites peregrinus	tuberculata
	Valanginian		M12	Saynoceras verrucosum	
		alt	M12A	Busnardoites campylofusus	Dicho. ivanovi through
			M13	Th. pertransiens	Para. robustum (13 zones)
140		üst	M14	Th. otopeta	
			M15	Tirn. alpillensis	Peregr. albidum
				Berr. picteti	Sur. stenophthalmus
				Malbo. paramimorum	Surites iceni
				Pal. dalmasi	Hectoro. kochi
	Berriasian		M16	S. pravaensis	
		alt	M17	S. subalpina	Runcionia runcioni
				Berriasella grandis	Subcraspedites lamplighi
145			M18	Berr. jacobii	Subcraspedites prepliocornifolius
			M19	Durangites	Sub. primitivus
				Micracanthoceras microcanthum	Para. oppressus
	Tithonian		M20	M. ponti / Burck.	T. anguliformis
				S. admirandum	Ga. karibaeus
					Ga. okusensis
					Gl. glaucolithus

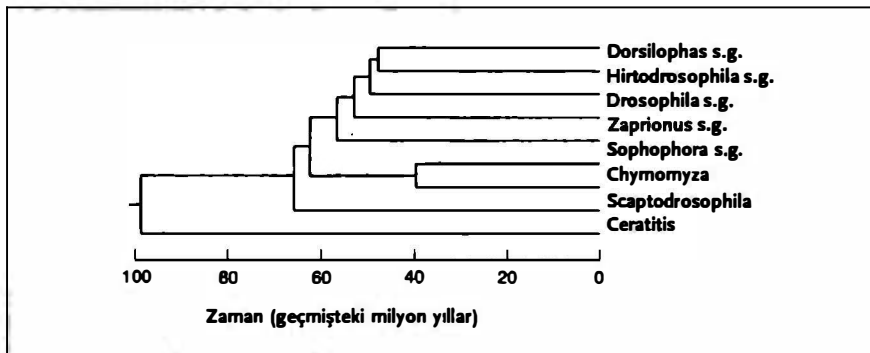
Şekil 102. Alt kretasenin Ma (mega annum, milyon yıl) cinsinden mutlak hayat süreleri, Dünya'nın manyetik alanında görülen tersine çevrilmeler (barkod) ve amonit kuşakları (sağda). Bir kutup değişikliği vuku bulmasa da amonitlerin evrimi devam eder.

Dünya'nın manyetik karakterini belirleyen bir dinamo etkisi gösterir. Bugün bir pusulanın iğnesi kuzeyi gösterir, ama gördüğümüz gibi dünya tarihinin belirli kesimlerinde kutup değişiklikleri oldu. Sonuncusu 700 bin yıl önce vuku buldu, yani ondan önce bir pusulanın iğnesi güneyi gösterecekti. Yer'in manyetikliği [jeomanyetizm] Dünya'yı güneş rüzgârından, Güneş tarafından sürekli olarak yayılan elektrik yüklü parçacıklardan korur. Bu korumaya bir kutup değişikliği sırasında geçici olarak ortadan kalkar, bu da bir ihtimal dünyadaki hayatı etkiler.

Denizkaplumbağaları, yılanbalıkları, göçmen kuşlar, posta güvercinleri ve de insanlar yönlerini kısmen Yer'in manyetik alanının yardımıyla tayin eder. Beynimizde bizi bu konuda hassas kılan manyetit adında bir manyetik demir oksidin mini minnacık parçaları var. Eğer manyetik alan tersine dönerse tüm göçmen kuşlar güzergâhlarını şaşırır, denizkaplumbağaları yumurtlama kumsallarını bir daha bulamaz ve biz de sonunda İngilizler gibi yolun sol tarafında araba sürmeye başlarız. Amonitler kafadanbacaklılardandı ve büyük, spiral şekilli, hava keseleri olan kalker kabuklarıyla dünyanın bütün okyanuslarında yaşadı. Kim bilir, belki kutup değişikliklerinden onların da başı dönmüştür.

200 milyon yılda Yer'in manyetik alanında vuku bulan tersine çevirmeler bu arada artık iyi biliniyor. Başkalarının yanı sıra Utrechtli paleomanyetikçi Frits Hilgen'in çevresindeki grup, dünyevi barkodu okuma konusunda çok tecrübe sahibi oldu, ama bu mekanizma da bize yardımcı olmuyor. Kretasenin büyük bölümünde kutup değişikliği olmuyor, ama amonitler pekâlâ hızlı bir evrim geçiriyor.

Peki, ya iklim değişiklikleri? Deniz seviyesinde oynamalar? Ne var ki mezozoik tam da büyük bir iklimsel istikrar dönemi idi. Gerçi Milankoviç çevrimselliklerinin etkileri olmuştu, ama bunlar belirgin şekilde bugünkünden çok daha hafifti. Kutuplarda büyüyecek yahut eriyebilecek buz takkeleri yoktu. Deniz seviyesindeki üçüncü dereceden oynamalar –ExxonMobil jeologları Haq, Hardenbol ve Vail bunun birkaç milyon yılda bir vuku bulunduğunu farz ediyorlar– eskisi gibi adamakıllı tartışmalı ve her durumda, hemen hemen hiç tür oluşumu görülmeyen kuvaterner dönemin buzul çağlarından çok daha küçük çaptadır. Öyle görünüyor ki, çevre mezozoikteki gibi



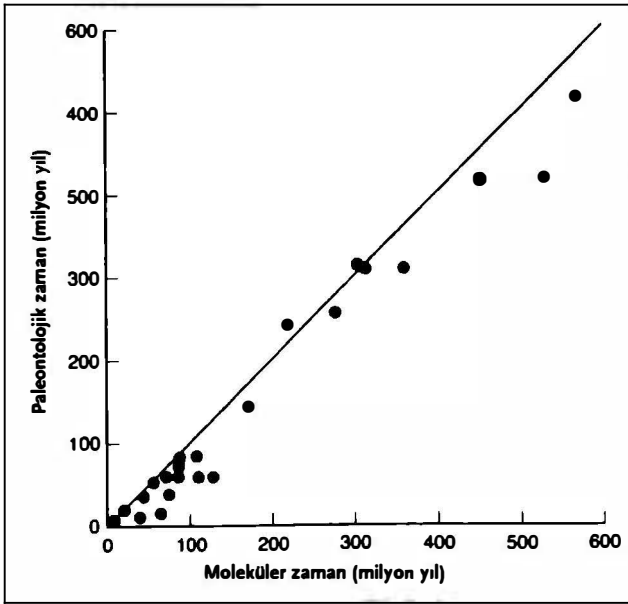
Şekil 103. zaman (geçmişteki milyon yıllar)

az değiştiğinde hızlı bir tür oluşumu meydana geliyor, ama bu kuvaterner gibi velveleli dönemlerde sadece düşük miktarda görülüyordu (Şekil 102).

Kaldı ki kılavuz fosile getirilen taleplerde tuhaf bir paradoks var. Eğer evrim öncelikle coğrafi tecrit sonucu vuku bulan bir topluluk bölünmesinden sonra meydana geliyorsa –o zaman tam da gelişmesine hızla devam eden amonit gibi organizmaların (ki onlar tek örnek olmaktan uzaktır) bu denli dünya çapında yayılması nasıl mümkün oluyor? Yoksa mutasyonlar tıpkı depremler gibi fraktal bir dağılım mı gösteriyor? Fazla etki sağlamayan birçok küçük ve zaman zaman, birkaç milyon yılda bir, köklü değişikliklere yol açan büyük bir dağılım mı söz konusu?

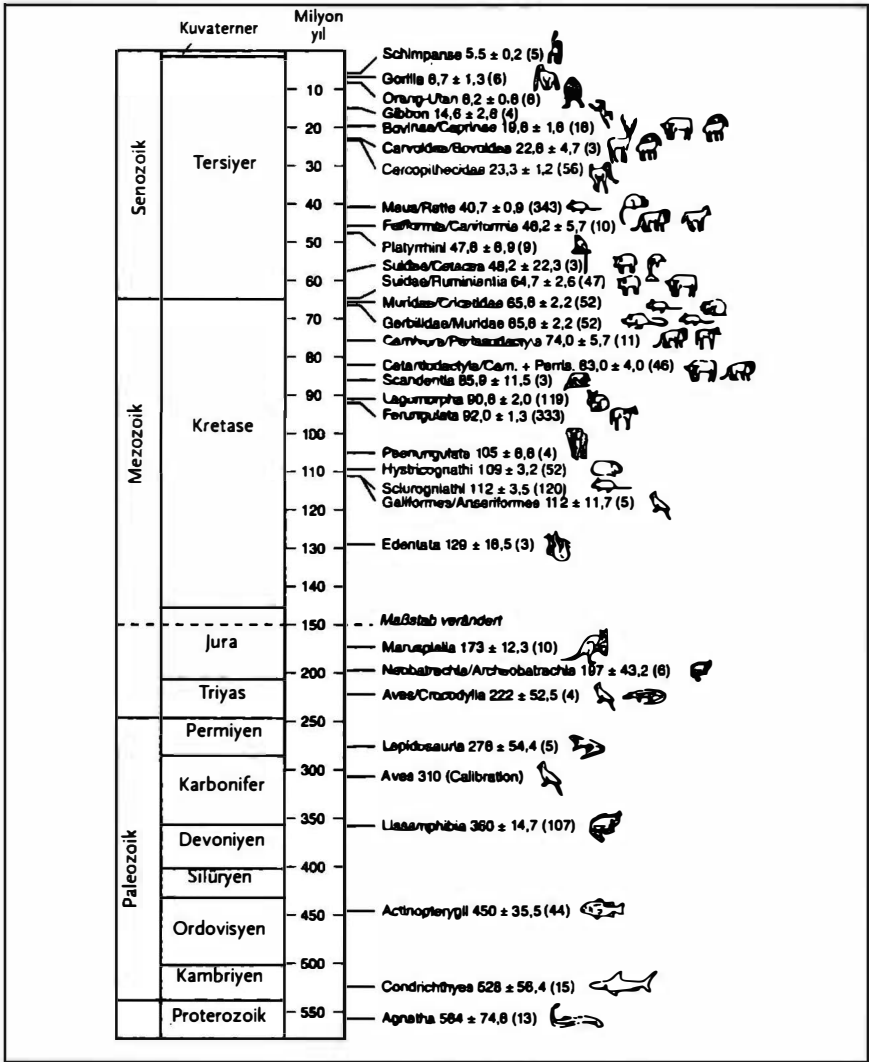
Kısacası, Eldridge ile Gould, bir zamanlar buzul çağıyla Agassiz'in ve sürüklenen kıtalarla Wegener'in durumunda bulunuyor: Mantıklı bir kuram geliştirdiler, ama onun nasıl işlerlik kazanacağını açıklayacak bir mekanizma düşünemiyorlar. *Punctuated equilibrium* sağlam temelli bir kavram gibi görünüyor, ama ani evrim uyarılarının neden ortaya çıktığı karanlıkta kalıyor. İkisi yayınlarında da bu konuya girmiyor. Oysa türlerin görünürdeki *generatio spontanea*'sı,¹⁰ yeryüzünde biyolojik çeşitliliğin ve biyolojik kütlelerin durmaksızın artışının da açıklamasıdır.

Fosilbilimcilerin Eldridge ile Gould açığa vurana kadar sırlarını o denli iyi koruma sebeplerinden biri, Darwin'in yavaş, tedrici evrim modeli-



Şekil 104. Fosillere ve mutlak tarihlendirmelere dayanarak önemli dallanmaların moleküler yaşının geleneksel jeolojik yaşla korelasyonu.

nin bu arada yeni silah arkadaşları, yani genetikçileri bulmuş olmasından kaynaklanıyordu. Genetikçiler 1960'larda şunu keşfediyordu: Türlerin ayrışması ne denli geride yatıyorsa, proteinlerin içindeki aminoasitleri de birbirinden o denli güçlü bir şekilde farklı oluyordu. Bunu, proteini kodlayan genlerde mutasyonların sabit bir hızla vuku bulduğu varsayımıyla açıklıyorlardı. Bu mutasyonların birçoğunun organizmaların özellikleri üstünde saptanabilir bir etkileri yoktu ve genetik bir inceleme olmaksızın farklarına varılmazdı. Bir mutasyon bir tür için zararlıysa, o zaman söz konusu mutasyonun taşıyıcıları doğal ayıklanma süreciyle otomatik olarak tasfiye edilir. Buna karşılık mutasyon yararlıysa, o zaman taşıyıcıları doğal ayıklanmayla teşvik görecektir ve coğrafi bir tecritten sonra yeni bir tür meydana gelebilir. Demek ki genetikçilerin arkası sıra gidersek, hiçbir afet veya dışarıdan herhangi bir *punctuated event* [kesintili olay] lüzumlu değil. Mutasyonların hızları biliniyorsa, aynı proteinleri taşıyan iki türün ayrılık anının ne kadar geride kaldığı hesaplanabilir. Bu biraz organik malzemenin yaşının tayin edildiği radyo-



Şekil 105. Genetik bilimcilerin zaman cetveli. Maymun/insan dallanmasından beri önemli hayvan türlerinin jeolojik zaman içinde dallanması. Yaşın dayandığı genlerin sayısı ayrıca içinde verilmiştir. Burada salt bugün hâlâ yaşayan organizmaların, buna karşılık bir sonraki şekildeyse salt fosillerin belirtildiğini dikkate alınız.

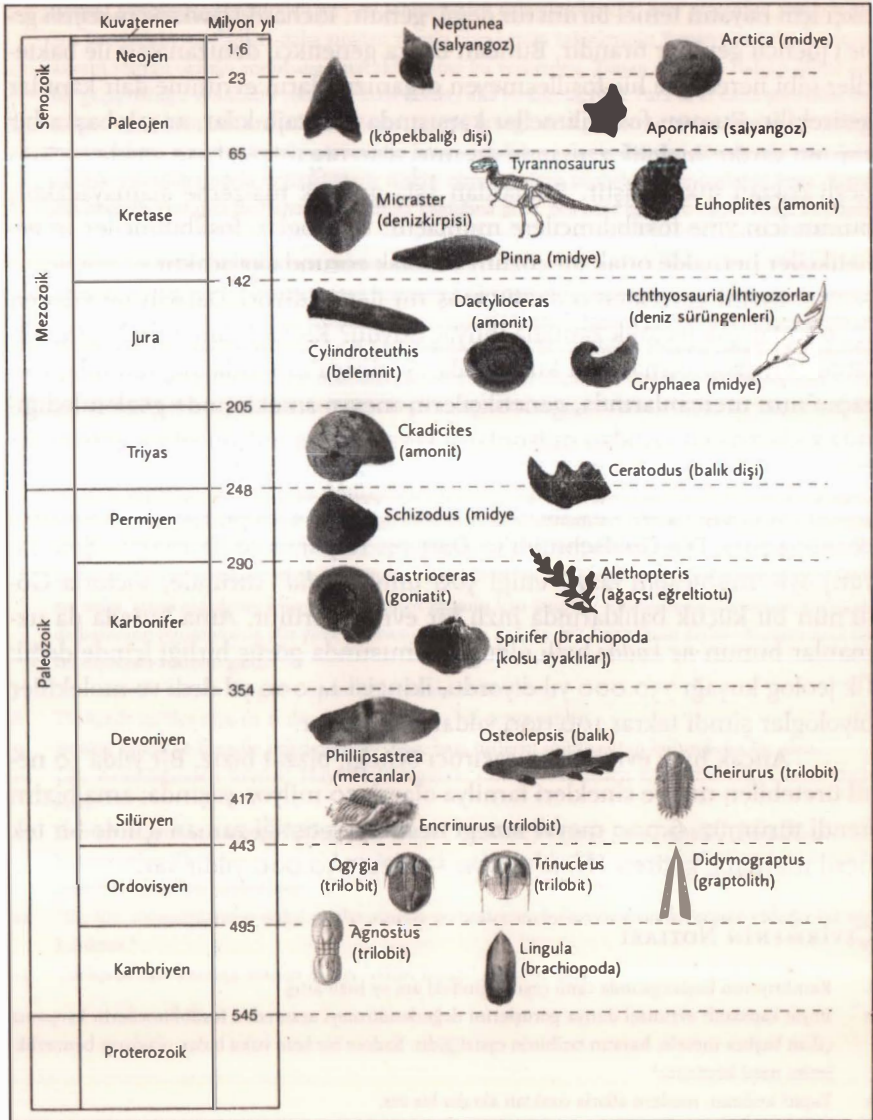
metrik karbon 14 saatine benzer. Yalnız moleküler yöntemin avantajı, her organizmanın, hepsinin de –her zaman aynı ritimle çalışıyor görünmese bile– saat görevi yapabileceği on binlerce protein içermesidir. Bu suretle münferit türler arasındaki akrabalık ilişkisinin bir soyağacı çıkarılabilir.

Genetikçilerin gözdesi *Drosophila melanogaster*, meyve sineğidir. Söz konusu canlı her 10-12 günde bir yeni bir nesil meydana getirir, bu laboratuvar da hızla gerçekleşir. Groucho Marx bir zamanlar, "Time flies like an arrow, fruit flies like a banana,"¹¹ demişti. Meyve sineğinin soyağacı, bu familyanın 55 milyon yıl önce en yakın akrabasından ayrıldığını açığa vurur (Şekil 103).

Aynı surette, memelilerin değişik sınıflarının birbirinden 70 milyon yıl önce ayrıldığını, tek çeneklilerin çift çenekli bitkilerden 125, kapalıtohumluların (çiçeklenen bitkiler) açıktohumlulardan (iğneli ağaçlar) 220, memelilerin amfibilerden 350, dörtayakların balıklardan 400 ve omurgalıların omurgasızlardan 600 milyon yıl önce, *Cambrian explosion* [kambriyen patlaması] sırasında ayrıldığını ortaya koyabiliriz. Patlama mı? Yoksa şans eseri olan bir mutasyon mu? (Şekil 104)

Bunlar fosilbilimciler için harika rakamlar; yalnız küçük bir sorun var: Bu sayılar *bugün* yaşayan organizmalar üstündeki genetik araştırmalara dayanıyor (Şekil 105). Elllerinde onların fosillerine dayanarak bu sayıların doğruluğunu belgeleme imkânları hiçbir şekilde yok. Bir organizma ölüp ölmez DNA ile protein çok hızlı ayrışıyor ve birkaç binyıldan daha eski bir ayrışmamış DNA bulmayı henüz başaramadılar. Birçok fosilbilimci genetikçilerin rakamlarını fazlasıyla yüksek buluyor. Ve şu ana kadar fosillerden, bu yeni türlerin oluşumunun organizmaların genlerindeki tesadüfi mutasyonlara mı borçlu olduğunu yoksa harici uyartılara bir cevap mı olduğunu çıkartacak bir yöntem de bulamadılar (Şekil 106). İrmak ya da uyarı. Cevap hâlâ sürüncemede duruyor.

Bunun dışında tür kelimesinin anlamına ilişkin görüş ayrılıkları var. Tanınmış Amerikalı biyolog Edward O. Wilson türü şöyle tanımlıyor: "A species is a population whose members are able to interbreed freely under natural conditions."¹² Ama fosilleri araştıran bir fosilbilimci elindeki varyantın üreyip üreyemediğini test edemez. Araştırdığı türleri karakterize edebilmek için elinde sadece dış form ve bazen kimyasal belirtiler vardır. Ve gene-



şekil 106. Paleontologların jeolojik zaman cetveli.

tikçi için hayatın temel birimi tür değil, gendir. Richard Dawkins'in *selfish gene*'i [bencil gen] bir tirandır. Bundan başka genetikçi, denizanasları ile bakteriler gibi neredeyse hiç fosilleşmeyen organizmaların evrimine dair kanıtlar getirebilir. Bu onu fosilbilimciler karşısında avantajlı kılar, ancak başka bir sorunu vardır: Jeolojik zamanda yaşamış olan organizmaların yüzde 95'inin nesli çoktan tükenmiştir. Bunlardan asla genetik malzeme alamayacaktır; bunun için yine fosilbilimcilere muhtaçtır. Biyologlar, fosilbilimciler ve genetikçiler herhalde ortak bir çözüm bulmak zorunda kalacaktır.

Evrim gerçekten o denli yavaş mı ileri gidiyor? Darwin bu yüzden mi o kadar çok jeolojik zamana ihtiyaç duydu? Kretase döneminde amonitlerde, Amazon ormanının kuşlarında, Surinam'ın tembelhayvanında, Cuaçao'nun mercanlarında, genetikçilerin meyve sineklerinde gözlemlediğimiz kadarıyla en azından milyonlarca veya onlarca milyon yıl mı gerekiyor? Her zaman değil. Virüsler, onlarla mücadele için üretilen aşılara karşı çok çabuk direnç geliştirir. Bu da bir evrimdir. Ve keza birkaç münferit durumda, sözgelimi Tijs Goldschmidt'in *Darwins Hofvijver*'de [Darwin'in Şato Livan] öyle muhteşem tasvir ettiği 500 ünlü *cichlid*³ türünde, Victoria Gölü'nün bu küçük balıklarında hızlı bir evrim görülür. Ama burada da uzmanlar bunun *ne kadar* hızlı olduğu konusunda görüş birliği içinde değil: İlk jeolog kuşağı 750.000 yıl diyordu, ikincisi 14.000 yıl dedi ve moleküler biyologlar şimdi tekrar 100.000 yıldan söz ediyor.

Ancak hızlı evrimin en şaşırtıcı örneği, bizzat biziz. Bir yılda 30 nesil üretebilen meyve sinekleri ailesi olarak 50 milyon yaşında; ama bizim kendi türümüz, 6.000 meyve sineği neslinin yettiği zaman içinde bir tek nesil meydana getiren *Homo sapiens* –sadece 150.000 yıldır var.

ÇEVİRMENİN NOTLARI

- 1 Kambriyenin başlangıcında canlı çeşitliliğindeki ani ve hızlı artış.
- 2 Böyle kapsamlı evrimsel dünya görüşlerini değerlendirmeyi arzu eden fosilbilimcilerin karşısına çıkan başlıca mesele, hayatın tarihinin eşsizliğidir. Sadece bir kere vuku bulan olayların benzerliklerini nasıl kestiririz?
- 3 Tapiri andıran, modern atlarla uzaktan akraba bir tür.
- 4 "Eğer şimdi külle örtülü olsa tıpkı Portici ile Resina'nın Herculeum'un üstünde uzanacağı gibi, Vezüv'ün eteğinde doğrudan üst üste binmiş, aralarında büyük miktarda tuf ve lav olan iki gömü-

l  kent ke fetmi  olduğumuzu farz et. Muhtemelen danı ılan bir eski eser meraklısı, kamu binaları üzerindeki yazıtlardan, daha sıradan ve eski olan kentin sakinlerinin Yunan ve modern olanın-kilerin İtalyan olduğu sonucuna varacaktır. Ama bu verilerden, Yunan dilinden İtalyan diline ani bir geçiş olduğu sonucunu çıkarırsa fazla aceleci akl  y r tm   olur. Farz et ki daha sonra üst üstte binmi     kent bulsun, ortadaki Roma,  nceki örneğindeki gibi en alttaki Yunan ve en üstteki İtalyan olsun, o zaman evvelki görüşünün hatalı olduğunu anlar ve kentleri g men aftelerin, kent sakinlerinin dillerindeki de i ikliklerle ilişkisi olmadığından s phelenmeye ba lardı; keza, Roma dili besbelli Yunanca ile İtalyanca arasında kaldığına göre, pe  pe e bir sürü başka lehçe konu ulmu  ve Yunancadan İtalyancaya geçiş çok tedrici olmuş, zaman zaman yenileri ortaya çıkarken kimi terimler de kullanılmaz hale gelmiş olabiliirdi.”

- 5 “Türleri sayısız, iyi durumda ara fosil halkalarıyla ili kilendirmemizin ihtimal dahilinde olmadığı-nı anlamanın belki en iyi yolu kendimize  u soruyu sormaktır: Mesela gelecekteki bir dönemde jeologların farklı sığır, koyun, at ve köpek ırklarımızın tek bir damızlık cinsten veya birkaç asıl damızlık hayvandan geldiğini kanıtlamaları acaba mümkün olacak mı? (...) Bu ancak geleceğin jeologunun fosil halde sayısız ara merhaleyi ke fetmesiyle mümkün olabilir ve böyle bir başarı son derece ihtimal dı ıdır.”
- 6 “Evrimsel fosilbilimcilerin neden bir y zyl boyunca ve neredeyse hep bo u boşuna, Darwin’in bulmamızı söylediği ‘belli belirsiz sınıflandırılmış [fosil] dizilerini aramayı sürdürdüklerine  a ıyorduk. Biyostratigrafi [biyolojik stratigrafi/katman bilgisi] uzmanları yıllardır morfolojik istikrarın, özellikle türlerin taksonometrik [fenotipik benzerliklerine ve farklılıklarına göre organizmaların kantitatif olarak sınıflandırılmasına ilişkin] seviyelerini tanımamıza izin veren karakterlerin istisna değil, kural olduğunu biliyorlardı. Evrim kuramı için ampirik fosilbilime yeti menin, evrimsel de i meme fenomeniyle yüz yüze gelmenin ve onu basitçe yok saymaktan ziyade kuramımıza dahil etmenin zamanı geldi.”
- 7 Yun. Durak; burada durgun dönem anlamında kullanılmış.
- 8 Türkçede notilos diye de anılan burgu kabuklu bir deniz canlısı.
- 9 Benzer fauna ve flora ile belirlenen bir alan; bazı türlerin münhasıran bulunduğu bir alan.
- 10 Lat. Kendiliğinden  reme: Hayatın inorganik, cansız maddeden t reyebilece i fikrini ifade eder.
- 11 Zaman ok gibi uçar, meyve sine i muzı sever: İngilizce cümlede hem “uçmak”, hem “sinek” anlamına gelen “fly” ve hem “gibi,” hem “sevmek” anlamındaki “like” ile yapılan kelime oyunu Türkçede ister istemez kayboluyor.
- 12 “Bir tür, mensuplarının doğal şartlar altında serbestçe melezlenmesinin mümkün olduğu bir topluluktur.”
- 13 Türkçede ses benze iminden dolayı “ iklet balığı” diyenler var.

ON BİN YILINDA

"Man is but an insignificant incident in an indifferent nature."

"İnsan kayıtsız bir doğada önemsiz bir olaydan ibarettir."

SIMON BYDELEY

Nobel ödülü sahibi Paul Crutzen, antroposen'de* yaşadığımızı ileri sürüyor; bu, insanın yeryüzü tarihi üzerindeki etkisinin görülebilir hale geldiği 18. yüzyılın sonundan bu yana olan devirdir. Arna biz aynı zamanda holosende, on bin yıl önce son buzul çağının bitiminde başlayan jeolojik zaman diliminde, bu kitabın başındaki ilkbaharın başlangıcında yaşıyoruz. Ve iki milyon yıl önce başlayan, geçmiş zaman dilimlerinden daha soğuk iklimlerle ve buzul çağlarının görülmesiyle ayrılan kuvaternerde yaşıyoruz. Ve senozoikte, dinazorların 65 milyon yıl önce neslinin tükenmesinden sonra memelilerin muhteşem bir gelişme gösterdiği zamanda yaşıyoruz. Ve fanarezoikte, organizmalar dünya denizlerinde kalker iskeleti keşfettiğinde başlayan son 540 milyon yılda, jeoloji tarihinin son yüzde 20'lik kısmında yaşıyoruz. Büyük Patlama'dan on milyar yıl sonra, dört buçuk milyar yıl önce meydana gelen Dünya'da yaşıyoruz. Bunların hepsi bizim zamanımıza giriyor. On üç milyar yıl sonra [her şey] tekrar bitmiş olacak.

"We can handle a span of about 250 years, from the birth of our grandparents to the future death of our grandchildren. Ten million years is 40.000 times as long, way beyond our comprehension. As for billions of years, it is a conceptual impossibility."

FOSTER VE KREITZMANN, *Rhythms of Life*, 2004.

Peki, daha uzun vadeli bir zaman söz konusu olduğunda, nasıl oluyor da iki uzman –hiçbir surette sadece onlar değil– iç biyolojik saat konusunda böyle çaresiz kalıyor?

* Rus jeologları 1919'dan beri kuvaternerin [son jeolojik zamanın] tümü için *Anthropogen* terimini kullanıyor –Yazarın notu.

Sebeplerden biri kendi durumumuzu kavrayacak bir bakıştan yoksun olmamızdır. Bu hep karşılaşılan bir durumdu. Cuvier, Hutton, Lyell, Agassiz, Leopardi, Darwin –hiçbiri tam o sırada küçük buzul çağıının en alçak noktasında olduğumuzun bilincinde değildi. Onlar için dağ buzullarının vadiye doğru genişlemesi, kışların giderek soğuk olması normaldi. Bunlara özel olarak dikkat etmediler. Eğer Zerdüşt MÖ 6. yüzyılda, tam da sondan bir önceki küçük buzul çağında yaşamamış olsaydı, Bakü’de kurduğu ateşe tapanlar tarikatıyla herhalde o denli başarılı olamazdı. Onun çağdaşı Herodot da durumun farkında olmadı.

Pekâlâ, bugün kendi durumumuzu kavlıyor muyuz? Pek de öyle görünmüyor. Kretase döneminde atmosfer bugünkünün yirmi katı CO₂ içeriyordu. On bin yıl önce son buzul çağındaki iklim ısınmasının sonucunda deniz seviyesi yirmi kat daha hızlı yükseliyor ve bitki örtüsünün sınırları günümüzdekinden üç kat daha hızla kuzeye kayıyordu. Bizler iklimin nispeten dengeli olduğu bir zamanda yaşıyoruz, yine de güncel iklim ısınması tüm çağların sonu anlamına geliyormuş gibi her yerde panik hüküm sürüyor.

Bunun sorumlusu, daha uzun zaman dilimleri içinde düşünme konusundaki yetenek eksikliğimizin ikinci sebebi olan, kolektif belleği kavramaktan yoksun oluşumuz olgusudur. Eskiden bu affedilebilir bir şeydi; sonuçta hiç kimse Birader Pedro Simón’un kroniklerine, Klamath Kızılderiilerinin eski kabile reisinin veya Giacomo Leopardi’nin ihtiyaçlarının hikâyelerine ne kadar inanılabileceğini bilemezdi. Ama bu arada bu özür artık geçerli değil, çünkü aradan geçen zaman içinde iklim, indifalar, depremle, deniz kabarmaları ve ırmak taşkınları konusunda –henüz tek bir web sitesi üstünden olmasa da (ama www.usgs.gov bu hedeften pek uzak değil) İnternet yoluyla dünya çapında– kendi kolektif belleğimizi edindik. Veriler henüz epey boşluk içeriyor ve ciddi bir dezavantaja sahip: Meteoroloji istasyonları, su seviyesi ve debi ölçerler vasıtasıyla yapılan gerçek ölçümlerin çoğu daha henüz –evet, tam da küçük buzul çağıının en alçak noktasında, yaklaşık olarak 1830’da– başladı. Tüm trendlerin yukarıyı gösteriyor görünmesine şaşmamalı; kısa ve öz söyleyecek olursak, sadece bir tek iklim çevriminin bile henüz mutlak ölçümlerine sahip değiliz. Şu andan önceki tüm veriler *proxy*-verilerdir.² Buz takkeleri, derin deniz sondajları, yıl halkaları, kül

tabakaları, fay hattı kaymaları, tahıl fiyatları, tarihi bilgiler ve kâşiflerin eski haritalarından, bütün bunlara ilişkin yorum sorunlarıyla birlikte elde edilen dolaylı ölçümlerdir. Ama bu hepimizin kolektif belleğidir ve herkes istediği zaman bilgi edinebilir. Foster ve Kreitzmann da.

Bunun dışında, Dünya'yı bir bütün olarak uzaydan araştırabildiğimizden beri ölçümlerin sayısı muazzam arttı. Ancak şimdi lazerli yükseklikölçerle [altimetre] kıtaların kaymasını ölçebiliriz: Bu, el tırnaklarının uzama hızında, yılda 1 ila 10 santimetre arasındadır. Ancak şimdi Topex-Poseidon ve Jason uydularının yardımıyla okyanusların her yanındaki deniz seviyesi değişikliklerini santimine kadar takip edebiliriz. Ancak şimdi radarlı girişimölçerle [interferometre] indifa etmeden önce yanardağların şişmesini görebilir ve izgeölçüm³ [spektrometri] teknikleriyle, çıkan gazlarda yakındaki bir püskürmeyi haber veren değişimleri belirleyebiliriz. Ancak şimdi Büyük Okyanus'da anlamlı bir şamandıra düzenlemesinin yardımıyla, yeni bir El Niño'nun yaklaştığını o gelmeden önce görebiliriz. Ancak şimdi büyük ölçekli küresel atmosferik dolaşım modellerimizi, uzaydan aldığımız günlük bulut oluşumu imgeleriyle düzeltebiliriz. Ancak şimdi besbelli bir depremde önce ortaya çıkan manyetik anormallikleri fark edebiliriz.

Bütün bu yeni teknikler henüz emekleme aşamasında bulunuyor, zaman dizileri şu ana kadar sadece az sayıda yılı kapsıyor ve biz onlara bakarak kesin eğilimleri okumak ve bir sonraki keleşğin Beycing'de *nerede* uçağını ve onun Nebraska'da bir sonraki hortuma *ne zaman* sebep olacağını önceden kestirmek için tutuşuyoruz. Burada da geçerli olan şudur: Sadece on yıllık verilere sahip olan bir kolektif bellekten uzun vadeli eğilimleri çıkaramayız, ama söz konusu bellek genişliyor ve herkes ona ulaşabiliyor. Bu elektronik bellek sayesinde artık daha iyi tahminde de bulunabiliyoruz.

On binyıl sonra ne göreçemiz, araştırdığımız fenomenin türüne bağlıdır: ırmak, uyarı veya dalga. Sabit bir hızla ilerleyen süreçleri –ırmak olarak zaman– önceden kestirmek en kolaydır. Dünya'daki radyoaktif elementler değişmeyen bir tempoyla radyoaktif olmayan elementler olarak ayrışır ve böylece yeryüzü çok tedrici bir şekilde dahili sıcaklık kaynağını kaybeder. Levha tektoniği, volkanizm, atmosfere gaz emisyonu: Bütün bunlar

zamanla daha yavaş yürüyecek ve sonunda duracak. Ama yer kabuğunda hâlâ mevcut olan uranyum 238'in yarısı ancak beş milyar yılda ayrılmış olacak, yani on bin yıllık bir zaman cetvelinde bunu hiç fark etmeyeceğiz. Burada zaten bir değişiklik yapamayız.

İkinci bir zaman ırmağı Dünya'nın dolaşımındaki yavaş duraklamadır. Gelgit olayları, hem sudakiler hem kıtasal karadakiler sürtünmeye yol açıyor ve bu suretle günler gittikçe hep uzuyor. Devoniyen döneminde bir gün henüz 22 saat sürüyordu ve bir yılda 400 gün vardı. Ama bizim on bin yıllık zaman çerçevemiz içinde bunu da hissetmeyeceğiz ve aynı şekilde burada da hiçbir şeyi değiştiremeyiz.

Keza moleküler saat de –organizmaların genlerinde beher zaman birimine düşen mutasyon sayısı– düzenli işliyor görünüyor. Bu ilginç, çünkü türlerin sayısının jeolojik zaman boyunca tüm nesil tükenmesi afetlerine rağmen sürekli artması olgusu karşısında, keza bütün türlerdeki mutasyonların sayısı da toplu olarak artmalıydı. Bu, jeoloji tarihinin zaman cetvelinde de böyleymiş gibi görünüyor. Bu, yeni bir türün oluşum şansının istatistiksel bakımdan durmadan arttığı anlamına gelirdi. Chicago kentinin fareleri o denli hızla değişiyor ki yüzyıl önceki seleflerine genetik olarak artık pek fazla benzemiyor. Yine de, yeryüzündeki tür sayısını –kimisi on milyon, kimisi yüz milyondan söz ediyor– hangi büyüklüğe oturtacağımızı yaklaşık olarak dahi bilmediğimiz sürece, yeni evrim modelleri yeni keşfedilen, ama uzun zamandır var olan bütün o türler içinde pek dikkati çekmeyecektir. Ve türlerin toplam sayısını bilmediğimiz sürece, yeni oluşan türlerin sayısının eskiden –jeoloji tarihinin en büyük zaman kesimi sırasında– olduğu gibi nesilleri tükenenlerinkini aşip aşmadığını da veya bu bilançonun bu arada negatife dönüşüp dönüşmediğini de söyleyemeyiz. On bin yıl içinde *the origin of species*'in [türlerin kökeni] ne olacağı mı? Bunu bilmiyoruz.

Görünüşe bakılırsa ani uyarılar, frekans-büyüklik grafiğinde istisnasız olarak fraktal bir dağılıma uyuyor, ne denli şiddetliyse o denli seyrek oluyor. Bu, depremler, yanardağ indifaları, deniz kabarmaları, su baskınları, toprak kaymaları, meteorit çarpmaları, kum çığları ve başka birçok doğa olayları için geçerlidir. Bu süreçlerin hepsi doğrusal olmayan bir şekilde geçer. Bir gerilim teşkil eder, belirli bir eşik değerini aşar ve ardından birden-

bire boşalır. Bu boşalmanın nerede ve ne zaman vuku bulacağı, büyük ölçüde başlangıç şartlarındaki asgari değişikliklere bağlıdır. Bu kaotik sistemlerin karakteristik özelliğidir. Temel süreçler –levha tektoniği ve Dünya'ya düşen güneş ışığındaki günlük ve mevsimlik dalgalanmalar gibi– pekâlâ doğrusal olarak gelişse de nihai etki önceden kestirilemez. Bu tür afetler bize kolektif belleğimizin, hatta elektronik olanın yetersizliklerini özellikle acı verici bir şekilde hissettiriyor. İnsanoğlu, tarihini yazdığı beş binyıl boyunca, mümkün olabilecek en büyük felaketi henüz yaşamadı.

Fraktal frekans-büyüklik bağıntısını gelecek için uygulayabilir miyiz? Bazı süreçler için bunu yapabiliriz. *Biliyoruz ki*, on binyıl içinde tarih çağındaki herhangi birinden daha muazzam olacak bir yanardağ püskürmesi meydana gelebilir. *Biliyoruz ki*, yerkabuğu beş binyıllık insanlık tarihinde deprem büyüklüğü konusunda sunabileceği her şeyi göstermeyeli çok oldu. *Biliyoruz ki*, bizce malum olan meteorit çarpmalarının hepsi geçmişte olanlara kıyasla önemsizdir. Bütün bu uyarılar için geçerli olan fraktal frekans-büyüklik bağıntısı, başka bir sonuç çıkarmamıza izin vermiyor. Geçmiş bize geleceğe bakmayı öğretti. *The past is key to the future.*⁴

Bununla birlikte levha tektoniği her zaman aynı hızla sürmedi: Okyanus tabanının ayrılması kuvaternerde bugünkünden beş kat hızlı sürdü. Dolayısıyla volkanizm çok daha yoğun ve aynısını deprem etkinliği için de varsayabiliriz. Bu sebeple frekans-büyüklik grafiklerindeki doğruların eğim açısı kuvaterner döneminde başka türlü olmuş olmalıdır. Ancak on bin yıllık bir zaman çerçevesi içinde böyle farklar saptanamıyor.

Deniz kabarmaları ile ırmak taşkınlarında farklı bir durum görülür. Bu uyarılar iklimin dalga hareketine bağlıdır ve bunların frekans-büyüklik çizgisi kolaylıkla geleceğe doğru uzatılamaz. Buzul çağında Hollanda'da deniz kabarmaları yoktur, çünkü o sırada Kuzey Denizi kurudur. Çatallanan buzul çağı ırmakları, zamanımızın menderesli ırmaklarından bambaşka bir taşkın rejimine sahiptir. Bundan dolayı, seddelerin boyutlarında tezahür ettiği üzere on bin yıllık ekstrapolasyonlarda bulunmak, büyük çaplı iklim değişikliklerinin bağlamı dışında fazla anlamlı değildir.

Doğanın ani uyarıları karşısında nasıl hareket etmeliyiz? Uyanık davranmalı ve arazlarla mücadele etmeliyiz. Uydu gözlemleri ile bilgisayar mo-

delleri, yerkabuğunun neresinde gerilimlerin arttığını ve alçak basınç bölgelerinin Kuzey Denizi'nde ne kadar güçlü olacağını bize bildirir. Yanardağ vadilerindeki sıcaklık sensörleri, sıcak çamur çığlarının ortaya çıkmasından önce bizi uyarır. Tsunami erken uyarı sistemleri insan hayatı kurtarabilir.

Halkın bilgi sahibi olması ve uyanıklığı da en azından aynı ölçüde önemlidir; kendi durumuna ve kolektif belleğe vakıf olmaktır bu. Kosta Rika gazetesi *La Nación* 22 Nisan 1991 Limón depreminden sonra şöyle yazıyordu:

“Ülkede bir korku ve güvensizlik salgını hüküm sürüyor. İnsanlar heyecan içinde, ıvrır zıvrır şeylere öfkeleniyor ve durup dururken göz yaşlarına boğuluyor. Bu salgına karşı bir aşı var: Depremin sebeplerini anlamak ve merkez üssü, fay veya tektonik levha gibi kavramlara alışmak.”

İtalyan Manlio Galimi *La Repubblica* gazetesinde, kendisiyle birlikte 700 kişinin daha 26 Aralık 2004 tsunamisinden sağ çıktığını, çünkü kaldıkları Tayland otelinin müdürünün bir zamanlar meteoroloji okuduğunu, bundan dolayı yaklaşan tsunaminin belirtilerini fark edip konuklarını vakitinde tahliye ettiğini bildiriyordu. On yaşındaki Tilly Smith 100 kadar insanı aynı tsunamiden kurtarıyordu, zira Surrey'deki okulunun öğretmenini bir keresinde 1960 Hawaii tsunamisinin tahribatına dair bir film göstermişti. Tilly Smith sinyalleri tanıyor ve insanların plajı terk etmelerini sağlıyordu. Nevado del Ruiz'in 1985 indifanı konu alan bir filmin gösterimi, 1991'de Pinatubo'nun püskürmesinden önce halkın tahliyesini kolaylaştırıyordu. Willemstad ile Ooltgensplaat belediye başkanları II. Dünya Savaşı'nın direniş hareketinde afet durumlarıyla tanışmışlardı ve dolayısıyla 1 Şubat 1953'teki deniz kabarmasında nasıl davranacaklarını biliyorlardı. Yeryüzünün tarihini ve işleyiş tarzını bilmek, uykucular ile hayalperestleri bekçilere dönüştürür. Birazcık eğitim mucizeler yaratabilir. Yine de belirtilere karşı koymadan edemeyiz. Afetlerin sebeplerini etkileyemeyiz. “Stop continental drift” [sloganı] bir şakadan ibarettir.

Gördüğümüz gibi, yeryüzünde astronomik olarak yönlendirilen çevrimsel süreçler –dalga olarak zaman– istikrarlıdır. Med ve cezir, gün ve ge-

ce, mevsimler: Bunlar tüm canlı yaratıklarda genlerinin en dipteki derinliklerine yazılmıştır. Ama daha büyük ölçekli varyasyonların sinyalleri de istikrarlıdır: Güneş lekesi çevrimleri, küçük buzul çağı, ortaçağ sıcak dönemi ve Milankoviç çevrimlerince yönlendirilen büyük buzul çağları ile buzularası çağların izlerini –Dünya’nın arşivlerinde her yerde, derin denizde, buz takelerinde, deniz çökeltlerinde, yıl halkalarında ve mercanlarda buluruz. Yol açabilecekleri doğrusal-olmayan etkilere, meydana getirdikleri deniz kabarmaları ve ırmak taşkınları gibi münferit uyarılara rağmen [buluruz]. Bunu *punctuated cyclicality*, –Eldredge ve Gould’a bir göz kırparak– uyarılı dalgalar⁶ diye adlandırabiliriz. İstikrar sakinleştirir. Geleceğe dönük olarak sayısız zaman dalgasının ekstrapolasyonunu yapabileceğimiz anlamına gelir.

Ne var ki bunu zamanın uyarılarında olduğundan çok farklı bir tarzda yapabiliriz: On binyılda bir büyük bir deprem, büyük bir indifa ile değil, aksine on binyılda bir, bir *trend değişikliği*yle. Tekrar tekrar aynı fenomenin sillesini yemeyiz, aksine o tam da kendi zıddına dönüşür: Isınma soğumaya dönüşür, yükselen deniz seviyesi birdenbire alçalmaya başlar, eriyen buzul kütlesi ansızın yeniden genişler, menderes çizen ırmak durup dururken çatallanmaya başlar, Dünya’nın manyetik alanı apansız kutup değiştirir. Hiçbir *fraktal* ilinti yoktur, çünkü her zaman dalgasının kendi sebebi ve kendi çevrimi vardır. Bu münferit çevrimlerin hepsinin bütünleşmesinden meydana gelen birleşik bir eğri, bütün bu münferit bileşenler bilindiği takdirde, ancak o zaman doğru bir şekilde ekstrapolasyona tabi tutulabilir. Bu söz konusu olmadığı sürece bir sonraki trend değişikliğinin ne zaman ortaya çıkacağı kesin olarak tespit edilemez. Bununla başa çıkmak çok daha zordur. Bir trend değişikliği, düşünme tarzında, az çok Yer’in manyetik kutbunun değişmesine benzer bir değişiklik ister. Bunun ne denli güç olduğunu bize şu anki iklim ısınması tartışması gösteriyor.

Uyartı veya dalga? Yıldırım hızıyla apokaliptik bir kaynama noktasına fırlatılmak üzere Mann’ın hokey sopasının ucunda mı oturuyoruz yoksa sadece McIntyre ile McKitrick’in çevrimlerindeki ortaçağ sıcak döneminin bir ardılı içinde mi bulunuyoruz ve [eğri] yakında yine aşağıya doğru mu inecek? Bu sadece iklimbilimcileri değil, aynı zamanda halkın geniş kesimlerini ilgilendiriyor. Bu konuda iki not düşmek istiyorum.

Bir kere hiç kimsenin şu soruyu sormaması şaşırtıcı: Uyarı, dalga azami ne kadar devam edebilir? [Eğri] ne zaman tekrar aşağıya doğru iner? Trend değişikliği ne zaman meydana gelir? Öyle görünüyor ki sanki hiç kimse adeta köşeden ileriye bir göz atmak istemiyor, sanki herkes “global warming” [küresel ısınma] tabiriyle kendi reva gördüğü derdin içinde sefa-hat hayatı sürüyor –tabii bu dert birçokları için bir dert değil. Klaus Hasselmann’ın incelemesi, iklimin üç binyıl sonra, tüm fosil yakıtlar tükendiğin-de ne durumda olacağını sorduğu ilk çalışmadır, ancak burada doğal çev-rimler dikkate alınmıyor. Hazar Denizi’nin durumunda olduğu gibi, herke-sin yeniden bir sonraki trend değişikliğinden şaşkınlığa uğrama şansı bir hayli yüksek. Tekrar tekrar, babamın sık sık söylediği bir şarkıyı düşünme-den edemiyorum:

The bear went over the mountain	Ayı dağı aştı
The bear went over the mountain	Ayı dağı aştı
The bear went over the mountain	Ayı dağı aştı
To see what he could see	Görebileceğini görmek için
And all that he could see	Ve görebildiği her şey
And all that he could see	Ve görebildiği her şey
Was the other side of the mountain	Dağın öteki yanıydı
Was the other side of the mountain	Dağın öteki yanıydı
Was all that he could see.	Görebildiği her şey.

İkincisi: Burada ister uyarı, ister dalga söz konusu olsun, bu bizim iklim ısınmasına gösterdiğimiz tepkide herhangi bir değişiklik yaratır mı? Birçok kimse, “evet, yaratır,” diyor; bir uyarı söz konusu olduğunda bunun kusurlusu biziz, ama söz konusu olan bir dalgaysa belki doğal bir sebep var-dır. Ancak kusur bizdeyse, o zaman durumu yeniden düzeltmek zorundayız.

Bu ikincisi bana pek tabii gelmiyor. Kabul, masayı kirleten, lekeyi te-mizlemelidir ve yemekten sonra tabaklar yıkanacaktır. Kirleten öder. Rachel Carson’ın *Silent Spring* adlı eserine kadar üstünde fazla kafa yormaksızın hava, su ve toprağı kirlettik. İnsan hayatını kurtarmak için daha ehven yön-temler olmakla birlikte –bunun için Björn Lomborg’un *The Sceptical Envi-*

ronmental'ini [Şüpheci Çevreci] okuyun– bugün temizlik yapıyoruz. Turba, taşkömürü, petrol ve gazı da fazla düşünüp taşınmaksızın topraktan çıkardık ve kullandık. Bunun atmosferdeki CO₂ yoğunluğunun artış sebebi olduğu başka şeylerin yanı sıra izotop tahlilleriyle kanıtlandı. Ben de sonlu kaynakların idareli kullanılması ve artık mümkün ölçüde az üretilmesi gerektiği görüşündeyim. Ama Dünya'nın karbon dengesi, bir benzinliğin altındaki azıcık yağlı kumu temizlemekten farklı bir şeydir. Sihirbazın çömezi karbonik asitli şişenin mantarını çıkardı, ama şimdi bir de gazı tekrar şişeye sokma işi ona bırakılmamalıdır. Onun sihirli ilacı muhtemelen kötülükten daha kötü ve her durumda daha pahalı olacaktır. Biz bunu en iyisi doğaya bırakalım. Doğa bunu daha önce bir kere yaptı. Biz kendimizi, gerekli olduğu yerde, zararlı sonuçların giderilmesiyle, tıpkı uyarılarda olduğu gibi arazlarla mücadeleyle sınırlı tutabiliriz.

Burada başkalarının önüne koymaktan hoşlandığım bir test sorusunu sorayım: Şöyle sadece beyin jimnastiği olarak, Intergovernmental Panel on Climate Change⁷ (IPCC) kurumunun şu anda atmosferdeki CO₂ artışının doğal bir sebebi olduğu sonucuna vardığını farz edelim. Yanardağlar son elli yılda o denli daha faalmiş ki bundan dolayı sera etkisi güçlü bir şekilde büyümüş. Bu durumda ne yapardınız? Müdahale eder miydiniz? Burada iki muhtemel cevap görüyorum: Doğa dostunun cevabı ve bahçıvanın cevabı.

Doğa dostu der ki: Hayır, müdahale etmezdim, bu doğal bir fenomen ve işler doğanın bildiği gibi yürümeli. Irmaklarımıza yeniden alan tanınmalı, her yerde yabancı bitki örtüsü, doğal habitatlar, ekolojik bir ana yapı ve Veluwe'den Achterhoek'e gidip gelmeleri için sincap otobanları olmalı [Almanca'ya çevirenin notu: Hollanda hükümeti 1989'da bir "ekolojik ana yapı"nın, flora ile faunanın hayatta kalabileceği ıslak ve kuru alanların yaratılmasını öngören bir doğa koruma planını karar altına aldı]. Mümkün olan yerlerde, tuzlu su ekosistemlerini yeniden elde etmek için seddeleri deliyoruz. Ve neden iklim de engel görmeksizin değişiklikler geçirmesin? Doğa dostu insanı doğaya tabi olarak görür ve doğa ne yaparsa yapsın ona uymaya hazırdır.

Bahçıvan der ki: Evet, müdahale ederdim. İklim değişikliği, ister doğal sebeple ister bizim kabahatimiz olsun insan için bir tehlikedir. Bizler doğanın efendisi ve sahibiyiz, doğa bize hizmet etmelidir. İklimin olduğu

gibi kalmasını isteriz. Deniz olduğu yerde, flora ile fauna ve tarım arazisi olduğu yerde kalmalıdır. Bu benim bahçem ve taşlı bahçelerimin nereye yapılacağını, kurbağalı ve bitkili süs havuzlarımin nerede olacağını ve el arabamı nereye park edeceğimi ben belirlemek istiyorum. Benim bahçem yer-yüzü ve dünyasal ölçekte bahçecilik yapıyorum. İklim değişikliği mi? Söz konusu olamaz. Sadece masraf demek.

Ama IPCC doğa değil insan suçlu dedi ve birdenbire her şey değişti. Sizin gerçek motivasyonunuz artık hiç rol oynamaz: Artık bahçıvan kendi eliyle ürettiği çöplüğünü temizleme zorunluluğunun arkasına gizlenebilir. Bahçıvan suçlu, öyleyse bedelini ödemeli. Bu onun Kalvinist tutumuna da uyar, gizliiden gizliye bahçesini istediği gibi tutabileceğine sevinir. Buna karşı çıkabilecek olanın alnını karışlarım. Doğa dostu, bedelini ödemek istemeyen bir pisletici olduğu için azar iştir ve iklimin doğal bir sebeple değişmesine pekâlâ izin verildiğini, ama değişmenin sorumlusu insan olduğunda izin verilmediğini anlamaz.

Bu kitabın okurları bahçıvanın hiçbir şansının olmadığını biliyor. Bahçıvan sadece insani ölçü çerçevesinde düşünüyor. Okurlar, herkesi telaşlandıran bugünkü küçük iklim maksimumcuğunun, büyük Milankoviç çevrimleri ve güneş lekeleri içinde sadece hafif bir dalgalanma olduğunu biliyor. *Punctuated cyclicity* [kesintili çevrimsellik] veya *punctuated* [kesintili] bile değil. Bahçıvan uyum sağlamak zorunda, çünkü deniz seviyesi alçalıyor sa ve bahçesindeki ormangülleri donuyorsa başka çaresi yok.

Bununla birlikte gelecek buzul çağlarının dikkate alınabileceği bir insani etkinlik pekâlâ var: Radyoaktif atığın yeraltında depolanması. Bu gerekli de, çünkü söz konusu atığın sıcaklığının çevresininin seviyesine düşmesi elli binyıl kadar sürebilir. Nitekim Wageningen’li Jan Jaap van Dijke ile Tom Veldkamp, gelecekte bir buzul çağının veya buzul çağı ırmaklarının bir tuz yatağındaki nükleer atık deposuna zarar verip veremeyeceğini araştırdılar (Cevap: Duruma göre değişir). Radyoaktif atığın ABD’nin Nevada eyaletindeki Yucca Dağı’nda depolanması için de bir buzul çağının yaratacağı sonuçlar araştırıldı. Yucca Dağı, Toba Gölü veya Yellowstone kalderasının⁸ boyutunda, sayısız daha küçük ve daha genç bazaltik yanardağlarla kuşatılmış riyolitik⁹ bir yanardağdır. Nükleer atığın on binyıl boyunca orada dokunul-

madan ve tecritli halde depolanmış olarak kalabilmesi gerekir. Bu on binyıl içinde bir yanardağın indifa şansı bizde yedi binde 1'dir. Bir buzul çağının şansıysa elbette yüzde 100'dür, ama onun bu çöl bölgesindeki taban sularını etkileme ihtimalinin yüksek olmadığı saptandı. Kâr amacı gütmeyen Desert Space Foundation'dan Joshua Abbey 2002'de Eureka County Court House'da [Eureka İlçesi mahkeme binası] bir yarışma düzenledi. Konu, Yucca Dağı'nda on binyıl sonra hâlâ anlaşılabilir en iyi evrensel uyarı işaretiydi. Bir seçenek belirtiyim: *Don't dig here!* [Burayı kazmayın].

Demek ki, gelecek seçimden veya gelecek kuşaktan ötesini planlayacak siyasi irade mevcut olduğu sürece pekâlâ uzak geleceği düşünebiliriz. Sürdürülebilirlik böyle, doğal süreçlerin hüküm sürdüğü zaman cetvelleri dahil edilerek ele alındığı takdirde ben de varım. O zaman sürdürülebilirlik, insan ile doğa arasında kalıcı olarak zarar görmüş bir evlilikten daha fazla bir şeydir.

Daha uzak bir mesafeden bakıldığında, bu kitapta da ırmak, dalga veya uyarı olarak zamanı insani ölçüyle ölçüyorum. Her on iki günde yeni bir nesil meydana getiren meyve sineği için ilkbahar bir ırmaktır. Ömrü boyunca sıcaklığın sadece yükseldiğini görür ve ancak uzak ardılları bir sonbahar da olduğunu keşfedecekler. Bu, bizim buzul çağı karşısındaki perspektifimizle aynıdır. Ve dört milyar yıllık jeoloji tarihi içinde insanlık sadece önemsiz bir uyarıyı temsil eder.

İyi, ama insan Dünya'ya tamir edilemez zararlar veriyor! Yoksa vermiyor mu? İnsanoglunun, sanki bir nötron bombasıyla bir anda öldüğünü farz edelim. Artık kimse bulaşık yıkamaz, kimse bahçeyi bellemez, kimse yürüyüş yolları taşlarının arasındaki ayırkotlarını yolmaz, kimse tarlayı sürmez, kimse ormandaki ağaçları seyreltmez, kimse deniz dibinden pisiballıklarını kazımaz. İnsan varlığının tüm izlerinin silinmesi ne kadar sürerdi? Demirperde boyundaki insansız bölgeden zengin bir doğa alanı elde etmeye kırk yıl yetti; yağmur ormanında karbon dolaşımı seksen yıl sürer: Bana birkaç yüzyıl yeter gibi geliyor. Ve afetimsi her nesil tükenmesinin ardından Dünya, o zamana kadar görüldüğünden daha verimli ve türler bakımından daha zengin hale geldi. Henüz yeryüzünün gerçek esnekliğini kavrayacak denli uzun yaşamıyoruz. *Chassez la nature, elle revient au gallop.*¹⁰

Bizler uçaktaki sinekler gibiyiz. Lambaların etrafında turlar atıyor, yolcuların ısıtılmış yemeklerini kokluyor ve kel bir başa, kıllı bir kola veya bir bebeğin burnuna konuyoruz. Bütün dünyamız bundan ibaret. Arma uçağın kendisinin, Dünya'mızın, aramızdaki en zeki sineklerin bile hayal gücünü aşan hedeflere doğru nefes kesici bir hızla yol aldığını görmüyoruz. Uçak iniyor, kapı açılıyor. Uçak merdiveni yanaşılıyor. Sinek dışarı uçuyor...

ABD'nin güneybatısındaki çöl platosunda bir dağın, belki Yucca Dağı'nın eteğinde bir yerdesin. Yukarıya bakıyorsun. Kayaya yassı bir merdiven oyulmuş. Her basamak on binyıllık bir jeolojik zaman dilimini temsil ediyor. Yüz basamak, yani geleceğe doğru bir milyon yıl çıktığında jeolojik zamanın yüceliği karşısında saygıyla eğiliyorsun.

Doruğun bulunduğu düzlüğe ulaşıyor ve önünde bir mağara görüyorsun. Girişten baktığında, mağaranın içinde büyük bir şeyin ağır ağır hareket ettiğine tanık oluyorsun. Biraz daha yaklaşıyor ve sonunda mağaranın derinliklerinde devasa bir sarkacın sağa sola sallandığını fark ediyorsun.

Bu, Stewart Brand, Brian Eno, Daniel Hillis'in ve başka öngörü sahiplerinin vizyonu olan *Clock of the Long Now*, Uzun Şimdi Saati. Bu saat 10.000 yılına kadar yılda bir kez tik tak ediyor, yüzyılda bir çalıyor ve guguk kuşu binyılda bir görünüyor. Doğru zaman bu.

Bologna, 11 Şubat 2005

ÇEVİRMENİN NOTLARI

- 1 "Dedelerimizle ninelerimizin doğumundan torunlarımızın ölümüne kadar 250 yıl dolayında bir süreyle başa çıkabiliriz. On milyon yıl bundan 40.000 kere daha uzun olup idrakimizin çok ötesindedir. Milyarlarca yıla gelince, o kavramsal bir imkânsızlık demektir."
- 2 Bkz. Sekizinci Bölüm not 8.
- 3 Işınım (radyasyon) enerjisinin, ışığın dalga boyunun ya da sıklığının işlevi olarak nispi ölçümü.
- 4 Geçmiş geleceğin anahtarıdır.
- 5 Kıtasal sürüklenmeyi durdurun: Kıtasal sürüklenme (veya kıtasal kayma) kuramı 1912'de Alfred Wegener tarafından ortaya atılmıştır.
- 6 Yazar İngilizce terimin çevirisi olan "kesintili çevrimsellik" yerine böyle bir ifade kullanmış.
- 7 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli.
- 8 Yer yüzeyinin şiddetli bir volkanik patlamayla çökmesi sonucu oluşan büyük çukur.
- 9 Riyolit: Granitle aynı kimyasal yapıda, içinde mikrolitler olan kayaç, liparit.
- 10 Fr. Doğayı kovala, dörtlüye geri gelir.

SONSÖZ

Gelecek on binyıla ilişkin bir kitap yazan bir kimse iki yıl sonra bir sonsöz eklemek zorunda kalmayı beklemesin. Bu kitapla jeolojik zamanın derinliği ve insanların hiçliği konusunda okurların gözünü açmak istedim ve bundan dolayı iklime ilişkin keskin toplumsal tartışmalara bilinçli olarak biraz mesafeli durdum. Bunun için iyi sebeplerim vardı, hâlâ da var. Politika, bilimden iklimin geleceğine ilişkin açıklamalar talep ediyor, ama kesin cevapların mümkün olmadığını duymak istemiyor. Politikacılar siyasi ve iktisadi istikrarsızlıklarla baş etmeyi biliyor, ama bilimsel istikrarsızlıkların üstesinden gelemiyor. Bilim insanlarına gelince, politika-nın onları henüz karşılığını bulmadıkları soruları cevaplandırmaya zorlamasına izin vermemelidirler.

Yine de bu yönde büyük bir eğilim var. “Problem çözüldü. Bununla ilgili yazıyı geçen hafta *Nature*’da okumadın mı?” diye şaşırarak soruyorlar. Herkes durmadan “geçen hafta” yayımlanan yazıya işaret ediyor, ama bu problemin çözülmediği, aksine iklim araştırmasının hâlâ en civcivli zamanında olduğu anlamına geliyor. Şu anda başka birinin gelecek hafta *Nature*’da çıkacak ve geçen haftanınkini lime lime edecek bir yazı yazdığı anlamına geliyor. “CO₂ Milankoviç çevrimlerinin etkisini güçlendiriyor.” –“Hayır, bu doğru değil, zira CO₂ sıcaklık sinyalini takip ediyor, bunun aksi söz konusu değil.” Yahut: “Canlı bitkiler metan gazı üretiyor!” –“Yoo, doğru değil bu. Ölçüm hatası var.” Yahut: “CO₂’yi bağlamak için ağaç dikin!” –“Yoo, dikmeyin daha iyi. Ilıman kuşaklardaki karanlık ormanlar güneş ışınlarını çıplak bir yüzeyden daha iyi soğuruyor ve ısınmayı adeta teşvik ediyor.” Toz duman dağılıp sapı –evet, *Nature* ve *Science*’dakileri de– samandan ayırt edinceye kadar daha yıllar geçecek. Bir iklim araştırmacısının otuz yıl sonra bugünkü modeller hakkında neler söyleyeceğini bir tasavvur etmeye çalışın. Bizim bugün otuz yıl önceki Club of Rome’ hakkında söylediklerimizin aynısını söyleyecektir. “Vallahi, modelleri hâlâ o denli kabaydı ki bunlarla fazla bir şey yapılamazdı.”

Öyleyse bir sonsöz niye gerekli? Güncel olanla arama mesafe koyma çabam fiilen başarısız oldu, çünkü kitabın kendisi güncelliğe dönüştü. Bu-

nun kabahatlisi Katrina kasırgası, sabık ABD Başkan Yardımcısı Al Gore ve IPCC'dir. Katrina kasırgası 29 Ağustos 2005'te New Orleans'ı sular altında bıraktı. Elli yılda bir tekrarlanma ihtimali olan fırtına kabarmaları için inşa edilmiş seddeler yıkıldı. Bunların yetersiz kalacağı ikaz edilmişti, ama öncelikler başka yerde yatıyordu. Katrina'nın Nevado del Ruiz'in püskürmesiyle taşıdığı paralellik çarpıcıdır. Hollandalı mühendisler yüzlerinde merhametli bir gülümsemeyle, oradaki insanlara işin nasıl doğru yapılacağını anlatmak üzere New Orleans'a gittiler, çünkü seddelerimiz ne de olsa bizi on bin yılda bir tekrarlanacak büyüklükteki deniz kabarmalarına karşı koruyor. Ama Katrina'da suçlu en başta son derece sıcak deniz suyuydu; şayet iklim insan parmağıyla daha da ısınırса benzer afetler giderek daha sık görülecektir. O ana kadar endişeli olanlar artık radikalleşmişti. O dönemde Katolik Löwen Üniversitesi'ndeki bir foruma katıldığımda dinleyicilerin içinden çıkan bir delikanlı yakama yapışıp şöyle bağıırıyordu: "Yakında binlerce insanın ölümünden sorumlu olacağınızı biliyor musunuz acaba?" Tartışma bu arada bu denli duygusal hale geldi; hal böyleyken mesafe koymak kolay değil. Katrina, Al Gore'ın *An Inconvenient Truth* [Uygunsuz Bir Gerçek] adlı filminin ana temalarından birine dönüştü.

Al Gore, filminde insanlığı enerjili tutumlu kullanmaya teşvik ediyor, çünkü artan CO₂ emisyonu bizi Katrina'dan çok daha zor tasavvur edilebilir iklim afetleriyle karşı karşıya getirecektir. Al Gore parlak bir hatip, fıkraları, tonlamaları iyi zamanlanmış ve ikna gücü o denli yüksek ki insan ilk tasarruf ampulünü alırken içinde galip gelmiş bir iyi insan duygusunun yükseldiğini hissediyor. Ama onunla aynı görüşte değilseniz gülünç düşürölürsünüz, o zaman ahlaksızın tekisiniz, bir paryasınız ve tabii bu takıma dahil olmak istemezsiniz. Şaşırtıcı bir demagoji gösterisidir bu. Alarm mesajı dünyayı bir deniz kabarması gibi altına aldı –tereyağı gibi eriyip gitti.

Ama *Uygunsuz Bir Gerçek* uygun yalanlarla dolu. Bu daha Al Gore'ın o zamanki okulunun 8. sınıfında biçare coğrafya öğretmeniyile başlıyor. Öğretmen, iklim konusunda en açık seçik gerçeklere bile inanmak istemeyen aptal bir şüpheci örneğidir. Uyanık bir öğrenci (Al Gore değil) öğretmene şöyle sorar: "Afrika ile Amerika –bunlar bir zamanlar birleşik miydi? Doğrusu çok uyardı!" –"Ama bunu nereden çıkarıyorsun, çocuk!" diye

cevaplar öğretmen. Al Gore bu öğretmenin o anda Başkan Bush'un danışmanı olduğunu söylediğinde kahkahalar daha da çoğalıyor. Kaçırılmış başkanlık fırsatından duyulan kızgınlık ona yabancı değil. Mesele şu: Al Gore okula giderken levha tektoniği henüz yeni keşfedilmişti ve bu sebeple az sayıda kişi tarafından biliniyordu. O dönemin hâkim görüşüne göre kıtaların yeri sabitti ve öğretmen zamanın bilgisini aktarmaktan başka bir şey yapmıyordu.

Al Gore filmini 2006'da, Katrina'dan bir yıl sonra sunuyordu, ama neredeyse aynı derecede sıcak olan bu yılda daha az hortum meydana geliyordu; bazı kimselere göre bunlar sıcaktan ziyade soğuk dönemlere aitti ve 2007'de yayımlanan bir yazıda, 2005'te görülen sayısız hortumun sebebinin sıcak deniz suyu değil, Meksika Körfezi'ndeki özel rüzgâr profili olduğu ifade ediliyordu. IPCC 200'deki yeni raporunda ortalama küresel sıcaklık ile fırtına –en azından yoğunluk bakımından fırtına sayılanların– sıklığı arasında hiçbir ilinti gösteremiyordu.

Al Gore kuruyan Aral Gölü'ne dikkati çeker, ama kuru deniz tabanında ortaçağdan kalma bir anıtmezar bulunduğuna değinmez. Aral Gölü son on binyıl içinde –doğal sebeplerle– tam üç kere kurudu. Al Gore dünyanın her yanında eriyen buzullara işaret eder, ama gerileyen Alp buzullarının altında Roma döneminden kalma orman artıklarının çıktığını belirtmez. Buzullar besbelli daha o zamanlar –doğal sebeplerle– bu denli gerilemişti. Al Gore, iklimin son on bir binyılda neredeyse sabit kaldığını iddia eder, ama kendi yaşadığı Washington D.C.'nin on bir binyıl önce hâlâ buz takkesinin kenarında olduğuna ve bu on bir binyılda deniz seviyesinin –doğal sebeplerle– 50 metre dolayında yükseldiğine değinmez.

Al Gore bunları niye yapıyor? Çünkü CO₂'yi tüm iklim değişikliklerinin sebebi olarak göstermek istiyor. *Karbondioksit* son on bir binyılda bir dereceye kadar sabit kaldı, zira buzul çağından sonraki en büyük artış daha önce vuku bulmuştu. Ama iklim, deniz seviyesi ve ekosistemler CO₂ miktarıyla bire bir aynı ölçüde değişmiyor ve Al Gore ihtiyaten bunu söylemiyor.

Öğretmeni Roger Revelle'i övüyor ve onun en iyi öğrencilerinden birinin (Al Gore değil) 50'li yıllarda sistemli olarak atmosferdeki CO₂ miktarını ölçtüğüne gururla işaret ediyor. Ama o yıllarda CO₂ miktarı yükselir-

ken aynı zamanda ortalama küresel sıcaklığın *düştüğüne* değinmiyor. Ayrıca buzul çağlarını CO₂ miktarındaki değişikliklerin yönlendirdiğini ima ediyor, oysa elbette bunun tersi söz konusudur: Buzul çağları Milankoviç çevrimleri vasıtasıyla değişir, karbondioksit onu takip eder. Al Gore bizi gelecekte altı metrelik bir deniz seviyesi yükselmesiyle korkutuyor, ama deniz seviyesinin keza son iki buzul çağı arasındaki buzularası çağda –insan parmağı olmaksızın ve sanayi öncesi dönemden daha yüksek olmayan bir CO₂ miktarıyla– altı metre daha yüksek olduğunu belirtmiyor.

Bu tasvirde bütün öteki doğal süreçler, bütün duraksamış tepkiler, bütün geri besleme mekanizmaları, bütün doğrusal-olmayan unsurlar ihmal edilir ve karbondioksitin tek suçlu olduğuna inanmaktan başka çare kalmaz. Onun için insanların huzursuz olmalarına, iklim değişikliğinin tek suçlusunun kendileri olduğuna inanmalarına şaşmamak gerekir.

Bu kaygı verici tasvirin bir bölümünün sorumluluğu IPCC'ye, özellikle 2001'de *Third Assessment Report*'ta [Üçüncü Değerlendirme Raporu] hokey sopası eğrisine (bkz. Şekil 57) yüksek değer biçilmesine aittir. Eğri, ortalama küresel sıcaklığın son binyılda neredeyse sabit kaldığını ve ancak sanayi çağının başlangıcıyla birlikte yükseldiğini akla getiriyor. Bu eğriden bir ortaçağ sıcak dönemi, bir küçük buzul çağı çıkaramıyorsunuz, sadece sabit bir ortalama değer etrafında küçük dalgalanmalar görebiliyorsunuz. Böyle bir durumda şöyle düşünüleceği bellidir: Eğer karbondioksit emisyonunu durdurursak iklim kendiliğinden eski haline dönecektir. Hokey sopası eğrisi altı yıl boyunca raporun en tartışmalı parçasıydı ve IPCC altı yıl boyunca hokey sopası eğrisinin doğru olduğu konusunda diretti. Öyle ya, IPCC'nin binlerce iklim uzmanı yanılmış olamazdı.

Dolayısıyla IPCC'nin 2007'de yayımladığı dördüncü raporunda hokey sopası eğrisinin kaderini izlemek ilginçtir. Konu, *Summary for Policymakers* [Politika Üreticiler İçin Özet] bölümünden kayboldu. Artık sadece, üçüncü raporda iddia edildiğinden farklı olarak birkaç yeni araştırmanın, kuzey yarıkürenin sıcaklığında özellikle 12. yüzyıldan 14. yüzyıla kadar, 17. ve 19. yüzyıllarda daha büyük bir değişkenliğe işaret ettiğine dair mahcup bir gönderme bulunuyor. IPCC küçük buzul çağını keşfetti! IPCC'li olmayan binlerce bilim insanının zaten bildiği şeyler artık iklimbilimcilere ka-

dar da ulaştı. Ve yeni eğri, IPCC'nin 2007'deki ayrıntılı raporunda bir hockey sopasından kuru, eğri bir dala dönüştü. Michael Mann yazarlar listesinden yok oldu. *Hockeystick* eğrisi sadece *man-made global warming*'i² değil, *Mann-made global warming*'i³ gösteriyordu.

İklim son otuz yılda besbelli daha ısındı. IPCC, 2007'deki dördüncü raporunda bunun muhtemelen sera gazlarının artan emisyonundan kaynaklandığı noktasından hareket ediyor. IPCC'nin en azından son otuz yıl bakımından haklı olması bana imkânsız görünmüyor. Ama güvenilirmez noktalar için de bir pay ayırmak zorundayız, çünkü şu hâlâ geçerli: IPCC'nin vardığı sonuç "geçen hafta" *Nature*'da çıkan yazılara dayanıyor. Özellikle su buharı, bulutlar ve en başta güneş etkinliğinde değişkenliğin rolü hakkında az bilgi sahibiyiz. Güneş etkinliğindeki varyasyonlar dünya iklimiyle dikkat çekici paralellikler gösteriyor ve bu varyasyonlar şu anda büyük sıcaklık dalgalanmaları yaratamayacak denli küçük görünse de, henüz bilmediğimiz güçlendirme mekanizmalarının varlığını da hesaba katmalıyız. Danimarkalı meteorolog Henrik Svensmark kısa süre önce alçak bulutlanma, kozmik ısınım ve güneş etkinliği arasında doğrudan bir ilinti olduğuna dikkati çekti ve bu günün birinde şu anda kabul edildiğinden daha önemli olabilir.

Son yıllardaki iklim ısınması çok büyük ölçüde insan işi olsa bile hâlâ geçerli olan şudur: Geçmişte elde edilen sonuçlar geleceğin garantisi değildir. İklimin geleceğini şu andan itibaren sadece insan faktörünün belirleyeceğinden hareket eden kimse, yukarıda belirtilen sebepten yanıldığını görecektir: İklim ve CO₂ miktarı bire bir değişmez. Trend değişiklikleri istisna değil, kuraldır: Şiddetli yanardağ indifaları, güneş etkinliğinde varyasyonlar, şimdiye kadar bilinmeyen geri besleme mekanizmaları trend değişikliklerine yol açabilir. Bütün bunları –gelecek hafta– *Nature*'daki yazıda okuyabilirsiniz.

Öyleyse ne gibi önlemlerin alınması gerekir? İlk başta, yararı dokunduğunu kesinlikle bildiğimiz şeyleri yapmayı öğrenmeliyiz. Su yükseliyorsa seddeleri yükseltmeli veya yüzer evler inşa etmeliyiz. İnsanlığın sabit bir deniz seviyesi hakkı olduğunu kimse iddia etmedi. Bir kıyı kenti, yanardağ eteğindeki bir kentle aynı tehlikelere açıktır. Ve sedde yapımı önce en

riskli yerlerde vuku bulmalıdır. Hollanda'da değil, çünkü burası dünyanın hemen hemen en iyi korunan ülkesidir. Hollandalı mühendisler Katar sahili önünde palmiye şekilli oyuncak adalarını inşa ederlerken, Bangladeş'te köylüler seddelerini hâlâ elle yapıyorlar. Kilimanjaro'nun eteklerindeki köylüler buzullar eridiği için artık yeterli su bulamıyorlarsa, deniz suyu tuzdan arındırılıp dağa pompalanabilir. Petrol ve doğalgaz için bütün kıtaları boydan boya geçen boru hatları döşüyoruz, su için niye olmasın?

İyi, ama afetlerin önünü almak daha iyi değil mi? Uluslararası toplum, böylelikle sıcaklık artışının sonuçlarının daha az kötü olacağı umuyla CO₂ emisyonunun azaltılmasına bel bağlamış durumda. Aslında enerji tasarrufu bir gereklilik; enerjiyi tutumlu kullanmalı ve aynı zamanda onun üretilmesi için yoğun şekilde yeni imkânlar aramalıyız. Ama, çok rica ediyorum, bunu doğru sebeple; iklimden dolayı değil, fosil yakıt rezervlerinin sonu geleceği için yapalım. Kim kendini bir uzun mesafe uçuşu yüzünden suçlu hissediyorsa, enerji faturasının başka bir yerinde tasarrufa gitmelidir; ama ağaç dikmeyin, çünkü ısınmaya karşı bu, bir kamp ateşi buzul çağına karşı ne denli yardımcı olduysa o denli yardımcı olur. Enerji tasarrufu sayesinde daha az sera gazı salınır ve iklim bundan olumlu etkilenirse, bu memnuniyet verici bir yan etki olurdu. Şayet bu yardımcı olmazsa, yine de kaynaklar korunduğu için yararı dokunurdu.

Yeraltına aktif olarak CO₂ pompalamaya başladığınızda durum değişir. Burada enerji tasarrufu olmaz, aksine enerji, üstüne bir de büyük miktarda para harcanır. Ayrıca bunun yardımının olup olmayacağı başka bir sorudur: Endişe etmeyin, biz Hollanda'da yere karbondioksit pompalıyoruz, o zaman deniz seviyesi kendiliğinden tekrar alçalacak –bunu Bangladeş'te boğulmakta olan birisine söylemeyi göze alır mısınız? Sera gazlarını yeraltında bağlıyoruz ve yakında sizin orada kendi kendine kar yağmaya başlayacak –bunu Kilimanjarolu bir köylüye anlatır mısınız? Ve önlemlerin yardımını dokunmazsa köylüler kimden hesap sorabilir? Ya, son sıcak dönemde de olduğu gibi deniz seviyesi buna rağmen altı metre yükselirse? Dünya'nın termostatını canımızın çektiği gibi bir derece yukarı veya aşağı ayarlayabileceğimize inanmak hayalden ibarettir. En iyisi, değişen iklime uyum sağlamamız ve gerektiği yerde insani yardımda bulunmamızdır.

Enerji politikası ve iklim politikası bambaşka iki şeydir. Dünya ikliminin 1940'tan 1970'e kadar olduğu gibi yeniden otuz yıl boyunca serinleceğini tasavvur edin: O zaman ne yapmalıyız. İki seçenek var. Bugün olduğu gibi, şöyle diyebiliriz: İklimin değişmesine izin verilmemeli! O zaman –en azından CO₂'nin her şeye hükmeden etken olduğuna inandığımız sürece– mümkün ölçüde çok ısıtmak gerekir. Ne var ki o zaman da enerji rezervleri çok daha hızlı tüketilir ve en kötü soğuklar belki daha sonra gelecek. Ya da bugünkü gibi enerji tasarrufuna bağlı kalırız, ama o zaman da iklim değişikliğini kabul etmek zorundayız. İklim ısındığı sürece enerji politikası ile iklim politikası aynı etkiye sahip görünüyor. Ama soğursa, o takdirde her biri kendi zıddına dönüşüyor. Bir sonraki buzul çağı yaklaştığında insanlar şöyle diyecekler: 21. yüzyılın insanları yere karbondioksit pompalarken o sırada acaba ne düşünüyorlardı? Ona şimdi ihtiyacımız var! Onu nasıl eder de tekrar dışarı çıkarırız?

Yayın bombardımanına bakarak Dünya'nın son aşamaya gelmiş bir kansere yakalandığından korkan kimse, bir ihtimal ikinci bir görüş almak isteyecektir ve bu kitabın işlevi birçokları için budur. Sık sık aldığım bir tepki, “Şimdi yeniden biraz sakinleştim,” oldu. Ama bu gerçek bir sakinlik olamaz, çünkü bizi şu anda korkutan tüm afetler ve elbette daha büyükleri geçmişte –doğal sebeplerle– bir kere vuku buldu. Dünya bütün bunları bir kez görüp geçirdi; ancak biz insanlar zamana öyle dar bir aralıktan bakıyoruz ki, her şeyin ilk defa meydana geldiğini ve sadece uslu durursak bir daha meydana gelmeyeceğini sanıyoruz. Kim, Al Gore gibi, “*we might lose the earth*,”⁴ derse, o Dünya'ya sadece bir selfservis mağazası olarak bakıyordur ve en yakın dönemdeki iklim ısınması da dahil olmak üzere şu anda olan biten her şeyin, Dünya'nın bakış açısından bakıldığında *olağan olduğunu* görmüyordur. Kim, bu sırada yeryüzünün batacağını söylüyorsa, Dünya'yı değil, kendini, insanlığı kastediyordur. Bu dar kafalı bir insanmerkezci dünya görüşüdür ve insanın Dünya için –Mark Twain'in ifade ettiği gibi– Eyfel Kulesi'nin ucundaki bir boya lekesinden fazla bir anlam taşımadığı olgusuna uymaz.

Paramaribo, 5 Temmuz 2007

BİTİRİRKEN

Zaman beni hep ilgilendirmiştir. On yaşında bir oğlanken kitap ka-
nıstırmak için hep Goes'deki Van Klaveren Kitabevi'ne gider, dışa-
rıya ödünç veren kitaplıkta yardımcı olur ve broşürleri damgalar-
dım. Bir defasında sırtında *Gisteren Was Vandaag Morgen* [Dün Bu Sabah-
tı] yazılı bir kitap keşfettim. Geçmişe dönüp baktığımda kitabı raftan neden
almadığımı anlamıyorum. Her neyse, ne onu okuduğumu, ne yazarını ha-
tırlıyorum. Daha sonra kitabı tutkuyla aradım, ama İnternet de dahil olmak
üzere izine rastlamadım. Kitabın başlığını 1983 yılında Wageningen'de
Landbouwhogeschool [Ziraat Yüksek Okulu] verdiğim bir derste, sanki Bor-
ges'in tarzına uygun bir şekilde kendi kitabımı rafta dururken görmüşüm
gibi bizzat kullandım.

O tarihten sonraki yirmi yıl içinde konu –kafamda, sağda solda yaz-
dığım makale, köşe yazısı ve denemelerde, birçok tecrübe ve başkalarıyla
konuşmalarla beslenerek– genişledi. Bu kitap bütün bunların kâğıda dökül-
müş halidir. Kitabın gelişmesinde önemli bir uyarı, Louise Fresco ile
1992'de zaman cetvelleri ve sürdürülebilirlik konulu ortak bir yazıya yol
açan işbirliği ve 1996'da Wolfgang Schlager ile *Prediction in Geology* kong-
resinin düzenlenmesiydi. Dört yıl boyunca *Intermediair*'de yazdığım sütun-
lar düşüncelerimle üslubumu keskinleştirmeme yardımcı oldu ve oradaki
redaktörlerim Mans Kuipers ile Astrid Smit'e bu kitabı yazmam için verdik-
leri destek ve teşvik için teşekkür ederim. Birçok insan, bilinçli veya bilinç-
siz beni fikir ve malzemeye besledi; Burada Elmira Aliyeva, Guido Chiesu-
ra, Carlos Costa, Aleksandr Yennadiyef, Nikolay Kasimof, Jan de Leeuw,
Charles van der Leeuw ve Leo Waaijers'i özellikle anmak isterim. Başka tür-
lü belirtilmediği takdirde kitaptaki fotoğraflar bana, şekiller kaynakçada adı
geçenlere aittir. Şekillerde Bob Hoogendoorn yardımcı oldu.

Bologna'daki Consiglio Nazionale di Ricerca'ya [Ulusal Araştırma
Konseyi] bağlı Istituto di Geologia Marina'da (ISMAR)' geçirdiğim altı aylık
izin dönemi, kitabı yazmam için gerekli boş zamanı verdi. Fabio Trincardi,
Antonio Cattaneo, Anna Correggiari, Stefano Misericchi, Marco Taviani,
Barbara Gualandi ve direktör Enrico Bonatti'ye konukseverlikleri ve elekt-

ronik kitaplık ile enstitünün İnternet donanımlarını kullanma imkânı tanıdıkları için teşekkür ederim. Aynı zamanda Corina Hoorn, Gert-Jan Weltje ve Stefan Luthi'ye, Delft Teknik Üniversitesi'nde işlerin devam etmesini sağladıkları için teşekkür borçluyum. Civiele Techniek en Geowetenschappen [İnşaat Mühendisliği ve Yerbilimleri] Fakültesi'nin dekanı Louis de Quelerij altı aylık iznimi mümkün kıldı.

Kitabın tamamını ilk okuyan Frank Westerman'dı. Kitabın zayıf yanlarını eliyle koymuş gibi bulmasına, tanıtlama ve üslup konularında beni tuzaklardan korumasına hayranım. Teşekkürler, Frank! Jeolog ve profesyonel *science writer* Carina Hoorn'un teşvikleri de son derece değerliydi. İlaveten Bob Hoogendoorn, Gert-Jan Weltje ve Sal Kroonenberg de kitabı keskin bir bakışla okudular. Atlas Yayınevi'nden Jessica Nash ile Emile Brugman'a kayıtsız şartsız destekleri için şükran borçluyum. Corrie, hiç ek-silmeyen desteğin ve metne ilişkin eleştirel mütalaaların için teşekkür ederim. Bu kitabı sana ve çocuklarımıza adıyorum –sizleri çok zorladım.

Kitabımın çıkmasından sonra tepkilerini dile getiren ve kendilerine kişisel olarak cevap veremediğim yüzlerce insana da teşekkür borçluyum. A. A. Biesheuvel, Bert Boekschoten, John van Boxel, Gerar M. van Dijk, Thijs Elferink, Reitze de Graaf, Jan van den Hooven, Hans Lyklema, Roger van der Mortel, Herman Noback, W. Ch. Peters, Wim Röst, H. F. R. Schöyer, Olaf Schuiling, Max van der Star, Titus Verhagen ve Leendert van der Waal'ın düşünceleri kitabın gözden geçirilmesi sırasında yararlı oldu –bunun için de teşekkür ederim. Son olarak Monica Barendrecht ile Thomas Charpey'e⁶ titiz çevirileri için şükran borçluyum.

NOTLAR

- 1 Roma Kulübü: Güvenli bir geleceğin imkânlarını araştıran, sorunlara çözüm bulmak ve yapılan araştırmaları kolaylaştırmak amacını güden, bilim insanı, sanayici ve ekonomistleri bünyesinde barındıran özel kuruluş.
- 2 İnsan parmağı olan küresel ısınma.
- 3 Mann'ın parmağı olan küresel ısınma.
- 4 Dünya'yı kaybedebiliriz.
- 5 Deniz Jeolojisi Enstitüsü.
- 6 Orijinal Hollandaca metni Almancaya çevirenlerin notu.

KAYNAKÇA

Kaynak listesine sadece metinde anılan eserler değil, başvuru ve kolaylık olsun diye metinde belirtilmeyen kaynaklar da alınmıştır. Rusça özel adlar ve başlıklar ana metinde Almanca çeviriyazıyla verildi; bununla birlikte, kaynak aramasını mümkün kılmak için kaynakçada uluslararası çeviriyazı kullanıldı.

BİRİNCİ BÖLÜM

- Fresco, L. O., S. B. Kroonenberg, "Time and Spatial Scales in Ecological Sustainability." *Land Use Policy*, 9, 1992, 155-68.
- Gould, S. J., *Time's Arrow, Time's Cycle. Myth and Metaphor in the Discovery of Geological Time* (Alm.: *Die Entdeckung der Tiefenzeit. Zeitpfeil oder Zeitzyklus in der Geschichte unserer Erde*. Münih, 1992). Harvard University Press, 1987.
- Imbrie, J., K. P. Imbrie, *Ice Ages, Solving the Mystery* (Alm.: *Eiszeiten, Naturgewalten verändern unsere Welt*, Münih, 1983). Enslow, Short Hills, New Jersey, 1979.
- Kroonenberg, S. B., "Hoe Lang Duurt Duurzaamheid?" *Geografie*, 10, 1, 2001, 12-14.
- Meadows, D., *Rapport van de Club van Rome. De Grenzen aan de Groei*. Uitgeverij het Spectrum, Aula 500, 1972.
- Prigogine, I., I. Stengers, *Vremya, Khaos, Kvant. K Resheniyu Paradoksa Vremeni*. Moskova, 2003.
- Skinner, B. J., S. C. Porter, J. Park, *Dynamic Earth, an Introduction to Physical Geology* (5. baskı ve öncekiler). John Wiley, New York, 2004.
- Watson, T. A. ve başkaları, *Climate Change 2001 IPCC Synthesis Report. Summary for Policy Makers. An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2001.
- Wells, H. G. *The Time Machine* (Alm.: *Die Zeitmaschine*. Münih, 1996). I. bas. 1895. Bantam Classic, 1991.

İKİNCİ BÖLÜM

- Akhundov, D. A., *Arkhitektura Drevnago i Ranne-Srednevekovogo Azerbaidzjana*. (Eski Çağ ve Erken Ortaçağda Azerbaycan Mimarisi) Azerbaidzjanskoe Gosudarstvennoe Izdatel'stvo, Bakü, 1986.
- Aladin, N. V., I. S. Plotnikov, A. O. Smurov, "Influence of the Caspian Sea Level Change on the Biodiversity." *Abstract 2nd Meeting IGCP Project Dating Caspian Sea Level Change*, Bakü, 2004.
- Arpe, K., L. Bengtsson, G. S. Goutsyn, I. I. Mokhov, V. A. Semenov, P. V. Sporyshev, "Connection between Caspian Sea Level Variability and ENSO." *Geophysical Research Letters*, 27, 17, 2000, 2693-2696.
- Berg, L. S., "Uroven' Kaspiyskogo Morya za Istoricheskoe Vremya." (Tarih Çağında Hazar Denizi Seviyesi). *Problemy Fizicheskoy Geografii*. No. 1; *Izbrannye Trudy III*, 1934, 281-326. Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Moskova.
- Berg, L. S., *Ocherki po Istории Russkikh Geograficheskikh Otkrytiy*. (Alm.: *Geschichte der russischen geographischen Entdeckungen. Gesammelte Aufsätze*. Leipzig, 1954.) Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, Moskova, 1946.

- Cazenave, A., P. Bonnefond, K. Dominh, P. Schaeffer, "Caspian Sea Level from Topex-Poseidon Altimetry: Level Now Falling." *Geophysical Research Letters*, 24, 1997, 881-884.
- Eygenson, M. S., *Caspian Sea Level Change and Solar Activity. Very Long Term Forecast of Caspian Sea Level*. USSR Academy of Sciences, Moskova, 1957.
- Grossvald, M. G., "Late Weichselian Ice Sheet of Northern Eurasia." *Quaternary Research* 13, 1980, 1-32.
- Gumilyov, L. N., *Otkrytie Khazarii*. Ayris Press, Moskova, 2004.
- Hoogendoorn, R. M., J. F. Boels, S. B. Kroonenberg, M. D. Simmons, E. Aliyeva, A. D. Babazadeh, D. Huseynov, "Development of the Kura Delta, Azerbaijan; a Record of Holocene Caspian Sea Level Changes." *Marine Geology*, 2005, 222-223, 359-380.
- Kislov, A., G. V. Surkova, "Simulation of the Caspian Sea Level Changes during Last 20.000 Years." G. Benito, V. R. Baker, K. J. Gregory (ed.), *Palaeohydrology and Environmental Change* içinde. 1998, 235-246, John Wiley & Sons, Chichester.
- Klige, R. K., M. S. Myagkov, "Changes in the Water Regime of the Caspian Sea." *Geo Journal*, 27, 3, 1992, 299-307.
- Kroonenberg, S. B., G. V. Rusakov, A. A. Svitoch, "The Wandering of the Volga Delta: A Response to Rapid Caspian Sea-Level Changes." *Sedimentary Geology*, 107, 1997, 189-209.
- Kroonenberg, S. B., E. N. Badyukova, J. E. A. Storms, E. I. Ignatov, N. S. Kasimov, "A Full Sea-Level Cycle in Sixty-Five Years: Barrier Dynamics along Caspian Shores." *Sedimentary Geology*, 134, 2000, 257-274.
- Mangerud, J., V. Astakhov, M. Jakobsson, J. I. Svendsen, "Huge Ice-Age Lakes in Russia." *Journal of Quaternary Science*, 16, 2001, 773-777.
- Meshcherskaya, A., *Analiz Global'nykh Klimaticheskikh Kharaakteristik v Svyazi s Urovнем Kaspiyskogo Morya*. (Küresel İklimin Karakteristik Özelliklerinin Hazar Denizi Seviyesini Özel Olarak Nazarı Dikkate Alan Analizi) TACIS / Caspian Environmental Programme, Report WLF, Centre for Water Level Change, Almatı, 2001.
- Naydyonov, V. I., I. A. Kozhevnikova, "Can We Predict Sea Level?" *Priroda*, 1994, 4-12.
- Punio Secundo Gaio, *Storia Naturale Vol. 1 Cosmologia e Geografia*, Libri 1-5. Einaudi, Torino, 1982.
- Rodionov, S. N., *Global and Regional Climate Interaction: The Caspian Sea Experience*. Kluwer, Dordrecht, 1994.
- Roskomvod, *Osnovnye Polozheniya Tekhniko-Ekonomicheskogo Doklada* (Teknik-Ekonomik Raporun Özeti) [Hazar Denizi'nin Yükselmesi Hakkında]. Moskova, 1992.
- Rychagov, G. I., *Pleystotsenovaya Istoriya Kaspiyskogo Morya*. Bilimsel tezle ilgili raporlar, Moskova Devlet Üniversitesi, 1977, 1997.
- Rychagov, G. I., "Holocene Oscillations of the Caspian Sea, and Forecasts Based on Palaeological Reconstructions." *Quaternary International*, 41/42, 1997, 167-172.
- Struys, J. J., *Les Voyages en Moscovie, en Tartarie, en Perse, aux Indes & en Plusieurs Autres Païs Étrangers*. Veuve de Jacob van Meurs, Amsterdam, 1681.
- Svitoch, A. A., "Kolebaniya Urovnya Kaspiyskogo Morya v Pleystocene; Klassifikatsiya i Sistematischeskoe Opisaniye." (Hazar Denizi Seviyesinin Pleistosendeki Dalgalanmaları; Sınıflandırma ve Sistemli Tasvir), *Kaspiyskoe More, Paleogeografiya i Geomorfologiya*, 1991, 3-100, Nauka, Moskova.
- Varushchenko, S. I., A. N. Varushchenko, R. K. Klige, *Izmenenie Rezhima Kaspiyskogo Morya i Bess-*

tochnyykh Vodoyomov v Paleovremeni (Hazar Denizi Rejiminde Değişiklikler ve Paleozoik Zamanın Dışarı Akışsız Denizleri). Nauka, Moskova, 1987.

Westerman, F., *Ingenieurs van de Ziel* (Alm.: *Ingenieure der Seele. Schriftsteller unter Stalin – eine Erkundungsreise*. Berlin, 2005). Atlas, Amsterdam 2002.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

Baxter, S., *Revolutions in the Earth. James Hutton and the True Age of the World*. Phoenix, Londra, 2003.
Die Bibel oder Die Ganze Heilige Schrift nach der Übersetzung Martin Luthers (göz. geç. bas. 1975). Stuttgart, 1978.

Burnet, T., *The Sacred Theory of the Earth... in Four Books. I. Concerning the Deluge. II. Concerning Paradise. III. The Burning of the World. IV. The New Heavens and New Earth*. Glasgow 1681, 1753.

Chiesura, G., *Charles Darwin Geologo*. Hevelius Edizioni, Benevento, 2002.

Cuvier, G., *Discours sur les Révolutions de la Surface du Globe et sur les Changements qu'elles ont Produits dans la Règne Animal* (avec des Notes et un Appendice d'après les Travaux Récents de MM. Humboldt, Flourens, Lyell, Lindley etc., Rédigés par le Dr Hoefler) (Alm.: *Die Umwälzungen der Erdrinde in naturwissenschaftlicher und geschichtlicher Beziehung*. Leipzig, 1851). Firmin Didot Frères, Paris, 1850.

Gould, S. J., *Time's Arrow, Time's Cycle. Myth and Metaphor in the Discovery of Geological Time* (Alm.: *Die Entdeckung der Tiefenzeit. Zeitpfeil oder Zeitzyklus in der Geschichte unserer Erde*. Münih, 1992). Harvard University Press, 1987.

Gould, S. J., *Full House. The Spread of Excellence from Plato to Darwin* (Alm.: *Illusion Fortschritt. Die vielfältigen Wege der Evolution*. Frankfurt/Main, 1999) Three Rivers Press, New York, 1996.

Gould, S. J., *The Structure of Evolutionary Theory*. Belknap Press, Mass. 2002.

Hallam, A., *Great Geological Controversies* (2. bas.). Oxford, 1989.

Khain, V. E., A. G. Ryabukhin, *Istoriya i Metodologiya Geologicheskikh Nauk*. Izdatel'stvo Moskovskogo Universiteta, Moskova, 1997.

Kroonenberg, S. B., G. M. Abdurakhmanov, E. N. Badyukova, K. van den Borg, A. Kalashnikov, N. S. Kasimov, G. I. Rychagov, A. A. Svitoch, H. B. Vonhoff, F. P. Wesselingh, *Solar Forced 2600 BP and Little Ice Age Highstands of the Caspian Sea. Quaternary International*, 173/174, 2007, 137-143.

Lomonosov, M. V., *O Sloyakh Zemnykh* (Yeryüzü Katmanları Üstüne), Gosgeoizdat, Moskova 1763, 1949.

Lyell, C., *Principles of Geology* (Alm.: *Grundsätze der Geologie: Oder die neuen Veränderungen der Erde und ihrer Bewohner in Beziehung zu geologischen Erläuterungen*. Weimar, 1841-1842). Penguin Books, Londra (vb.) 1830-1833, 1997.

Playfair, J., *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth*. Dover Publications, New York 1802, 1956.

Playfair, J., B. Hall, "Account of the Structure of Table Mountain, and other Parts of the Peninsula of the Cape. Drawn up by Professor Playfair, from Observations made by Captain Basil Hall (then Lieutenant), R. N., F. R. S., Edin (read 31st May 1813)" *Transactions Royal Society Edinburgh*, 7, 1815, 269-278.

Rudwick, M. J., "A Critique of Uniformitarian Geology, a Letter from W. D. Conybeare to Charles Lyell, 1841." *Proceedings American Philosophical Society Philadelphia*, 1967, 272-287.

- Smith, R., B. Turner, *Reading the Rocks around Cape Town: A Geological Guide to Selected Roadside Stops on the Cape Peninsula*. Mid-Conference Field Excursion, 6th International Conference on Fluvial Sedimentology. University of Cape Town, Güney Afrika, 1997.
- Vaccari, E., "Giovanni Arduino e lo Sviluppo della Moderna Geologia Stratigrafica." C. Lazzari, F. Bizzarini, *Atti del Seminario Giovanni Arduino e i Geologi Veneti del Settecento*, 37-54. Museo Civico di Storia Naturale Venezia.
- Vai, G. B., "A Liberal Diluvianism." Vai, G. B., W. Cavazza, *Four Centuries of the Word Geology: Ulisse Aldrovandi 1603 in Bologna*. 2003, 221-249, Minerva Edizioni, Bologna.
- Viereck, G. S., P. Eldridge, *My First Two Thousand Years. The Autobiography of the Wandering Jew* (Alm.: *Meine ersten 2000 Jahre. Autobiographie des ewigen Juden*. Leipzig, 1928). The Citadel Press, Londra, 1929.
- York, D., R. M. Farquhar, *The Earth's Age and Geochronology*. Pergamon, Oxford, 1975.
- Dördüncü Bölüm
- Ahorner, L., "Fault-Plane Solutions and Source Parameters of the 1992 Roermond, the Netherlands, Mainshock and its Stronger Aftershocks from Regional Seismic Data." *Geologie en Mijnbouw*, 73, 1994, 199-214.
- Atakan, K., A. Ojeda, T. Caelbeeck, M. Meghraoui, "Seismic Hazard Analysis Results for the Lower Rhine Graben and the Importance of Paleoseismic Data." *Netherlands Journal of Geosciences/Geologie en Mijnbouw*, 80, 2001, 305-314.
- Bak, P. *How Nature Works. The Science of Self-Organised Criticality*. Copernicus, New York, 1996.
- Camelbeeck, T., M. Meghraoui, "Large Earthquakes in Northern Europe more like than Thought." *EOS*, 77, 44, 1996, 205-209.
- Denyer, P., S. Personius, O. Arias, "Generalidades Sobre el Efecto Geológico del Terremoto." *Revista Geológica de América Central, Volumen Especial, Terremoto de Limón*, 1994, 29-38.
- Gleick, J., *Chaos. Making a New Science* (Alm.: *Chaos –die Ordnung des Universums. Vorstoß in Grenzgebiete der modernen Physik*. Münih 1994). Abacus, Londra, 1987.
- López, A., *Análisis del Estado de Esfuerzos Tectónicos en Costa Rica y su Aplicación Práctica en los Proyectos Energéticos del ICE*. Tecnología ICE, San José, 2000.
- Mandelbrot, B. B., "How Long is the Coast of Britain? Statistical Self-Similarity and Fractional Dimension." *Science*, 155, 1967, 636-638.
- Mandelbrot, B. B., *The Fractal Geometry of Nature. Updated and Augmented* (2. bas.) (Alm.: *Die fraktale Geometrie der Natur*. Basel, Boston, Berlin, 1991). W. H. Freeman & Company, New York, 1983.
- Mandelbrot, B. B., *Fractals and Chaos. The Mandelbrot Set and Beyond*. Springer, New York 2004.
- Seyfried, H., A. Astorga, C. Calvo, "Sequence Stratigraphy of Deep and Shallow Water Deposits from an Evolving Island Arc: The Upper Cretaceous and Tertiary of Southern Central America." *Facies*, 17, 1987, 203-214, Erlangen.
- Sieh, K., D. H. Natawidjaja, M. Chlieh, J. Galetzka, J.-P. Avouac, "The Giant Subduction Earthquakes of 1797 and 1833, West Sumatra: Characteristic Couplets, Uncharacteristic Slip." *Trans. Am. Geophys. Un. Fall Meet. Suppl. Abstr. T12B-04*, 2004.
- Snieder, R., T. van Eyck, "Earthquake Prediction: A Political Problem? W. Schlager, S. B. Kroonenberg, *Prediction in Geology. Geologische Rundschau* içinde, 86, 1997, 446-462.

- Turcotte, D. L., *Fractals and Chaos in Geology and Geophysics* (2. bas.). Cambridge University Press, 1997.
- Vanneste, K., K. Verbeeck, "Paleoseismological Analysis of the Rurand Fault near Jülich, Roer Valley Graben, Germany. Coseismic or Aseismic Faulting History?" *Netherlands Journal of Geosciences/Geologie en Mijnbouw* 80, 2001, 155-169.
- Weedon, G., *Time-Series Analysis and Cyclostratigraphy*. Cambridge University Press, 2003.
- Wyllie, P., "The Earth's Mantle." *Volcanoes and the Earth's Interior. Readings from Scientific American*, 1975, 86-97.
- Beşinci ve Altıncı Bölüm
- Acosta, J., "Relation de l'Éruption Boueuse Sortie du Volcan de Ruiz et de la Catastrophe de Lagunilla dans la republique de la Nouvelle Grenade." *Comptes Rendues Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences* 22, 1846, 709-712.
- Ambrose, S. H., "Late Pleistocene Human Population Bottlenecks, Volcanic Winter, and Differentiation of Modern Humans." *Journal of Human Evolution*, 34, 1998, 623-651.
- Autran, A., J. M. Peterlongo, "Le Massif Central." Kolektif (ed.), *Geologie des Pays Europeens, France, Belgique*, Dunod, Paris, 1980.
- Bacon, C. R., "Eruptive History of Mount Mazama and Crater Lake Caldera, Cascade Range, U.S.A.." *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 18, 1983, 57-116.
- Camus, G., G. Michard, P. Olive, P. Bovin, P. Desgranges, D. Jezequel, M. Meybeck, J. C. Peyrus, J.-M. Vinson, E. Viollier, J. Kornprobst, "Risqué d'Éruption Gazeuse Carbonique en Auvergne." *Bulletin de la Société Géologique de France, 8ième Série*, 164, 1993, 767-781.
- Chesner, C. A., W. I. Rose, A. Deino, R. Drake, J. W. Westgate, "Eruptive History of the Worlds Largest Quaternary Caldera (Toba, Indonesia) Clarified." *Geology*, 19, 1993, 2000-2003.
- Crommelin, R. D., "Een Vulkanisch Sediment in de Ondergrond van de Betuwe." *Geologie en Mijnbouw*, 42, 4, 1963, 112-113.
- Hammer, C. U., H. B. Clausen, W. L. Friedrich, H. Tauber, "The Minoan Eruption of Santorini in Greece Dated to 1645 BC?" *Nature*, 328, 1987, 517-519.
- Herd, D. G., En Comité de Estudios Volcanológicos, "The Ruiz Volcano Disaster." *EOS*, 67, 19, 1986, 457-460.
- Holmes, A., *Principles of Physical Geology*. Nelson, Londra, 1965.
- Juigné, E., B. Bastin, G. Delibrias, J. Evin, M. Gewalt, E. Gilot, M. Streel, "A Comprehensive Pollen and Tephra Based Chronostratigraphic Model for the Late Glacial and Holocene Period in the French Massif Central." *Quaternary International*, 34-36, 1996, 113-120.
- Juigné, E., A. Stach-Cherniak, "Étude Sédimentologique et Palynologique des Dépôts Lacustres Tardiglaciaires et Holocènes du Gour de Tazenat (Massif Central, France)." *Quaternaire*, 9, 1998, 15-23.
- Kousbroek, R., *Terug Naar Negri Pan Erkoms*. Meulenhoff, Amsterdam, 1995.
- Labohm, H., S. Rozendaal, D. Thoenes, *Man-Made Global Warming. Unravelling of a Dogma*. MultiScience Publishing, Brentwood, Essex, 2004.
- Lowe, D. R., S. N. Williams, H. Leigh, C. B. Connor, J. B. Gemmell, R. E. Stoiber, "Lahars Initiated by the 13 November 1985 Eruption of Nevado del Ruiz, Colombia." *Nature*, 324, 1986, 51-53.
- Luhr, J., T. Simkin, *Paricutin, the Volcano Born in a Mexican Cornfield*. Smithsonian Institution 1993.

- Lund, J. W., "Historical Impacts of Geothermal Resources on the People of North America." *Geo-Heat Centre Quarterly Bulletin*, 16, 1995, 4.
- Mack, R. N., R. Okazaki, S. Valastro, "Bracketing Dates for Two Ash Falls from Mount Mazama." *Nature*, 279, 1979, 228-229.
- Meijis, E. P. M., "A Short Note on the Presence of the Eltville-Tuff Layer in the Surroundings of Maastrecht." *Geologie en Mijnbouw*, 59, 1980, 409-410.
- Michel, R., "Les Premières Recherches sur les Volcans du Massif central (18e-19e siècles) et leur Influence sur l'Essor de la Géologie." *Symposium J. Jung: Géologie, Géomorphologie et Structure Profonde du Massif Central Français*, 1971, 331-334, Plein Air Service Éd., Clermont-Ferrand.
- Naranjo, J. L., H. Sigurdsson, S. N. Carey, W. Fritz, "Eruption of the Nevado del Ruiz Volcano, Colombia." *Science*, 233, 1986, 961-963.
- Oppenheimer, C., "Limited Global Change Due to the Largest Known Quaternary Eruption, Toba 74 kyr BP?" *Quaternary Science Reviews*, 21, 2002, 1593-1609.
- Ramírez, J. E., *Historia de los Terremotos en Colombia*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, 1975.
- Rampino, M. R., S. Self, "Climate-Volcanism Feedback and the Toba Eruption of ~74,000 Years Ago." *Quaternary Research*, 40, 1993, 269-280.
- Rampino, M. R., S. A. Ambrose, "Volcanic Winter in the Garden of Eden; the Pleistocene Human Population Crash." *Special Paper - Geological Society of America*, 345, 2000, 71-82.
- Restrepo, J. D., *Avalancha Sobre Armero*. El Áncora Editores, Bogotá, 1986.
- Rojas, R., C. A. Borrero, J. L. Naranjo, "Comparación de mapas de Contornos Isopacos de las Erupciones del Volcan del Ruiz: R-7, -R-4, R-2 y R-0 (2150 BP, >1080 BP, <1595 AD)." 1985.
- Santamaria, G., *No Morirás*. Editorial Oveja Negra, Bogotá, 1992.
- Scarth, A., J.-C. Tanguy, *Volcanoes of Europe*. Terra, Harpenden, 2001.
- Schiano, P., R. Clocchiatti, L. Ottolini, T. Busa, "Transition of Mount Etna Lavas from a Mantle-Plume to an Island-Arc Magmatic Source." *Nature*, 412, 2001, 901-904.
- Schmincke, H.-U., *Vulkanismus*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 2000.
- Simkin, T., L. Siebert, L. McClelland, D. Bridge, C. Newhall, J. H. Latter, *Volcanoes of the World*. Hutchinson Ross, 1981.
- Simón, Fray Pedro, *Noticias Historiales de los Conquistas de Tierra Firme en las Indias Occidentales* T. IV. 1637.
- Stuive, M., P. M. Grootes, T. F. Brazuinas, "The GISP2 $\delta^{18}O$ Climate Record of the Past 16,500 Years and the Role of Sun, Ocean and Climate." *Quaternary Research*, 44, 1995, 341-354.
- Tex, E. den, *Een Voorspel van de Moderne Vulkaankunde in West-Europa, met Nadruk op de Republiek der Verenigde Nederlanden*. Kon. Ned. Akad. van Wetenschappen, Amsterdam, 1998.
- Thouret, J.-C., M. Cantagrel, R. Salinas, A. Murcia, "Quaternary Eruptive History of Nevado del Ruiz (Colombia)." *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 41, 1990, 225-251.
- Williams, S. N., "Nevado del Ruiz Volcano, Colombia: The November 1985 Eruption and Related Events." *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 33, 1987, 355-360.
- Zhang, Y., "Dynamics of Co₂-Driven Lake Eruptions." *Nature*, 379, 1996, 57-59.
- Zielinski, G. A., P. A. Mayewski, L. D. Meeker, S. Whitlow, M. S. Twickler, M. Morrison, D. Meese, R.

- B. Alley, A. J. Gow, "Records of Volcanism since 7000 B.C. from the GISP Greenland Ice Core; its Implications for the Volcano-Climate System." *Science*, 265, 1994, 948-952.
- Zielinski, G. A., P. A. Mayewski, L. D. Meeker, S. Whitlow, M. S. Twickler, "Potential Atmospheric Impact of the Toba Mega-Eruption ~71,000 Years Ago." *Geophysical Research Letters*, 23, 8, 1996, 837-840.

YEDİNCİ, SEKİZİNCİ VE DOKUZUNCU BÖLÜM

- Adhémar, J., *Révolutions de la Mer, Déluges Périodiques*. Paris, 1842.
- Agassiz, L., *Études sur les Glaciers* (Alm.: Untersuchungen über die Gletscher. Nebst Atlas von 32 Tafeln. Soothorn 1841). Neuchâtel, 1840.
- Bains, S., R. D. Norris, R. M. Coreld, K. L. Faul, "Termination of Global Warmth at the Palaeocene/Eocene Boundary through Productivity Feedback." *Nature*, 407, 2000, 171-173.
- Bond, G., W. Showers, M. Cheseby, R. Lotti, P. Almasi, P. de Menocal, P. Priore, H. Cullen, I. Hajdas, G. Bonani, "A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates." *Science*, 278, 1997, 1257-1266.
- Bowen, G. J., D. J. Beerling, P. L. Koch, J. C. Zachos, T. Quattlebaum, "A Humid Climate State during the Palaeocene/Eocene Thermal maximum." *Nature*, 432, 2004, 495-499.
- Bradley, R., "1000 Years of Climate Change." *Science*, 288, 2000, 1353-1355.
- Broecker, W. S., "Was the Medieval Warm Period Global?" *Science*, 291, 2001, 1497-1499.
- Crowley, T. J., "Causes of Climate Change over the Past 1000 Years." *Science*, 289, 2000, 270-277.
- Crowley, T. J., R. A. Berner, "Enhanced: CO₂ and Climate Change." *Science*, 292, 2001, 870-872.
- Crutzen, P. J., "Geology of Mankind." *Nature*, 415, 2002, 23.
- Cubasch, U., G. A. Meehl, "Projections of Future Climate Change." J. Houghton, Yihui Ding (ed.), *Climate Change 2001: The Scientific Basis* içinde, 9, 2001, 525-582. IPCC, Cambridge, University Press.
- Dansgaard, W., S. J. Johnsen, H. B. Clausen, D. Dahl-Jensen, N. S. Gundestrup, C. U. Hammer, C. S. Hvidberg, J. P. Steffensen, A. E. Sveinbjörnsdóttir, J. Jouzel, G. Bond, "Evidence for General Instability of Past Climate from a 250kyr Ice-Core Record." *Nature*, 364, 1993, 218-220.
- Deconto, R. M., D. Pollard, "Rapid Cenozoic Glaciation of Antarctica Induced by Declining Atmospheric CO₂." *Nature*, 421, 2003, 245-249.
- Dickens, G. R., "Hydrocarbon-Driven Warming." *Nature*, 429, 2004, 513-515.
- Epica Community Members [Epica Topluluğu Mensupları], "Eight Glacial Cycles from an Antarctic Ice-Core." *Nature*, 429, 2004, 623-628.
- Friis-Christensen, E., K. Lassen, "Length of the Solar Cycle: An Indicator of Solar Activity Closely Associated with Climate." *Science*, 254, 1991, 698-700.
- Galilei, G., *Le Opere di Galileo Galilei* [Document électronique]: Edizione *Le Nuove Scienze Discorsi e Dimostrazioni Matematiche Intorno a Due Nuove Scienze Opere di Galileo Galilei*: Edizione Nazionale Sottoposta agli Auspici di Sua Maestà il re d'Italia. Cilt VIII., 1890-1909. <http://visualiseur.bnf.fr/Visualiseur?Destination=Gallica&O=NUMM-94907>.
- Geel, B. van, O. M. Rasporov, H. Renssen, J. van der Plicht, V. A. Dergachev, H. A. J. Meijer, "The Role of Solar Forcing upon Climate Change." *Quaternary Science Reviews*, 18, 1999, 331-338.
- Geel, B. van, N. A. Bokovenko, N. D. Burova, K. V. Chugunov, V. A. Dergachev, V. G. Dirksen, M. Kulikova, A. Nagler, H. Parzinger, J. van der Plicht, S. S. Vasiliev, G. I. Zaitseva, "The Sun, Climate

- Change and the Expansion of the Scythian Culture after 850 BC." E. M. Scott, A. Yu Alekssev, G. Zaitseva (ed.), *Impact of the Environment on Human Migration in Eurasia*. NATO Science Series 42, 2004, 151-158. Kluwer, Dordrecht.
- Hasselmann, K., M. Latif, G. Hooss, C. Azar, O. Edenhofer, C. C. Jaeger, O. M. Johannessen, C. Kemfert, M. Welp, A. Wokaun, "The Challenge of Long-Term Climate Change." *Science*, 302, 2003, 1923-1925.
- Hays, J. D., J. Imbrie, N. J. Shackleton, "Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages." *Science*, 194, 1976, 1121-1132.
- Imbrie, J., K. P. Imbrie, *Ice Ages, Solving the Mystery*. Short Hills, New Jersey, Enslow, 1979.
- Indermühle, A., B. Stauffer, T. F. Stocker, "Early Holocene Atmospheric CO₂ Concentrations." *Science*, 286, 1999, 1815a.
- Kolfschoten, T. van, W. Roebroeks, *Maastricht-Belvédère: Stratigraphy, Palaeo-Environment and Archaeology of the Middle and Late Pleistocene Deposits*. Med. Rijks Geol. Dienst, 39. 1985.
- Kroonenberg, S. B., *Stop de Continenten*. Lingua Terrae Books, Amsterdam, 1996.
- Labohm, H., S. Rozendaal, D. Thoenes, *Man Made Global Warming: Unravelling a Dogma*. Multi-Science Publishing Co., Brentwood, Essex, 2004.
- Lamb, H. H., *Climate, History and the Modern World* (Alm.: Klima und Kulturgeschichte. Der Einfluss des Wetters auf den Gang der Geschichte. Reinbek 1994). Methuen, Londra, 1995.
- Leopardi, G., *Pensieri* (Alm. *Das Gedankenbuch*. Münih, 1992). Introduzione e Note di Saverio Orlando. Biblioteca Universale Rizzoli, Milano, 1845.
- Lomborg, B., *The Sceptical Environmentalist*. Cambridge University Press, 2001.
- Luterbacher, J., D. Dietrich, E. Xoplaki, M. Grosjean, H. Wanner, "European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends and Extremes since 1500." *Science*, 303, 2004, 1499-1503.
- Mann, M. E., R. S. Bradley, M. K. Hughes, "Northern Hemisphere Temperatures during the Past Millennium; Inferences, Uncertainties and Limitations." *Geophysical Research Letters*, 26, 1999, 759-762.
- Mann, M. E., "The Value of Multiple Proxies." *Science*, 297, 2002, 1481-1482.
- Mauquoy, D., T. Engelkes, M. H. M. Groot, F. Markesteijn, M. G. Oudejans, J. van der Plicht, B. van Geel, "High-Resolution Records of Late-Holocene Climate Change and Carbon Accumulation in Two Northwest European Ombrotrophic Peat Bogs." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 186, 2002, 275-310.
- McIntyre, S., R. McKittrick, "Corrections to the Mann et al. (1998) Proxy Data Base and Northern Hemispheric Average Temperature Series." *Energy & Environment*, 14, 2003, 751-771.
- McIntyre, S., R. McKittrick, "Hockey Sticks, Principal Components, and Spurious Significance." *Geophysical Research Letters*, 32, 2005, L03710, doi: 10.1029/2004GL021750.
- McManus, J. F., "A Great Grand-Daddy of Ice Cores." *Nature*, 429, 2004, 611-612.
- Milanković, M., *Théorie Mathématique des Phénomènes Thermiques Produits par la Radiation Solaire*. Gauthier-Villars et Cie, Paris, Zagreb, 1920.
- Milanković, M., *Canon of Insolation of the Earth and Its Application to the Problem of the Ice Ages*. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1941, 1969.
- North Greenland Ice Core Project Members [Kuzey Grönland Buz Çekirdeği Projesi Mensupları],

- "High-Resolution Record of Northern Hemispheric Climate Extending into the Last Interglacial Period." *Nature*, 431, 2004, 147-151.
- O'Brien, S. R., P. A. Mayewski, L. D. Meeker, D. A. Meese, M. S. Twickler, S. I. Whitlow, "Complexity of Holocene Climate as Reconstructed from a Greenland Ice Core." *Science*, 270, 1995, 1962-1964.
- Ohmoto, H., Y. Watanabe, K. Kumazawa, "Archaean Atmosphere and Climate." *Nature*, 429, 2004, 395-399.
- Osborn, T. J., K. R. Briffa, "The Real Color of Climate Change?" *Science*, 306, 2004, 621-622.
- Pannekoek, A., L. M. J. U. van Straaten, *Algemene Geologie*. Wolters Noordhoff, 1982.
- Pearson, P. N., M. R. Palmer, "Atmospheric Carbon Dioxide Concentrations over the Past 60 Million Years." *Nature*, 406, 2000, 695-699.
- Penck, A., E. Brückner, *Die Alpen im Eiszeitalter*. Tauchnitz, Leipzig, 1909.
- Peterson, M. A., "Galileo's Discovery of Scaling Laws." *arXiv:physics/0110031*, 2, 7 Ocak 2002, 1-16.
- Petit, J. R., J. Jouzel, D. Raynaud, N. I. Barkov, J.-M. Barnola, I. Basile, M. Bender, J. Chappellaz, M. Davisk, G. Delaygue, M. Delmotte, V. M. Kotlyakov, M. Legrand, V. Y. Lipenkov, C. Lorius, L. Pepin, C. Ritz, E. Saltzman, M. Stievenard, "Climate and Atmospheric History of the Past 420 000 Years from the Vostok Ice Core, Antarctica." *Nature*, 399, 1999, 429-436.
- Ponte, L., *The Cooling: Has the Next Ice Age Begun? Can We Survive It?* Prentice Hall, New Jersey, 1976.
- Rind, D., "The Sun's Role in Climate Variations." *Science*, 296, 2002, 673-677.
- Ruddiman, W. F., *Earth's Climate, Past and Future*. Freeman&Co, New York, 2001.
- Schiermeier, Q., "Gas Leak!" *Nature*, 423, 2003, 681-682.
- Schmidt, G. A., D. T. Schindell, "Atmospheric Composition, Radiative Forcing, and Climate Change as a Consequence of a Massive Methane Release from Gas Hydrates." *Palaeogeography*, 18, 2003, 1004-1013.
- Schneider, S. H., "Abrupt Non-Linear Climate Change, Irreversibility and Surprise." *Global Environmental Change*, 14, 2004, 245-258.
- Shindell, D. T., G. A. Schmidt, M. E. Mann, D. Rind, A. Waple, "Solar Forcing of Regional Climate Change during the Maunder Minimum." *Science*, 294, 2001, 2149-2152.
- Solanki, S. K., I. G. Usoskin, B. Kromer, M. Schüssler, J. Beer, "Unusual Activity of the Sun during Recent Decades Compared to the Previous 11,000 Years." *Nature*, 431, 2004, 1084-1087.
- Storch, H. E. von, E. Zorita, J. M. Jones, Y. Dimitriev, F. González-Rouco, S. F. B. Tett, "Reconstructing Past Climate from Noisy Data." *Science*, 306, 2004, 679-682.
- Stuiver, M., T. F. Braziunas, P. M. Grootes, "Is There Evidence for Solar Forcing of Climate in the GISP2 Oxygen Isotope Record?" *Quaternary Research* 48, 1997, 259-266.
- Stuiver, M., P. M. Grootes, T. F. Braziunas, G. A. Zielinski, "The GISP-180 Climate Record of the Past 16 500 Years and the Role of the Sun, Oceans and Volcanoes." *Quaternary Research*, 44, 1995, 341-354.
- Svensen, H., S. Planke, A. Malthesørensen, B. Jamtveit, R. Myklebust, T. Rasmussen Eidem, S. S. Rey, "Release of Methane from a Volcanic Basin as a Mechanism for Initial Eocene Global Warming." *Nature*, 429, 542-545.
- Weedon, G., *Time-Series Analysis and Cyclostratigraphy*. Cambridge University Press, 2003.
- Weissert, H., S. M. Bernasconi, "An Earth on Fire." *Nature*, 428, 2004, 130-132.

ONUNCU VE ON BİRİNCİ BÖLÜM

- D'Arezzo, R., *La Composizione del Mondo*. Arnaldo Forni, Bologna (1282), 1970.
- Arrhenius, S., *Die Vorstellung vom Weltgebäude im Wandel der Zeiten*. Neue Folge. Akademische Verlagsgesellschaft m.b.H., Leipzig, 1908.
- Bloemers, J. H. F., L. P. Louwe Kooijmans, H. Sarfatij, *Verleden Land, Archeologische Opgravingen in Nederland*. Meulenhoff, Amsterdam, 1981.
- Bloom, A. L., *Geomorphology. A Systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms*. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1978.
- Brink, H. W. van den, G. P. Können, J. D. Opsteegh, G. J. van Oldenborgh, G. Burgers, "Improving 104-Year Surge Level Estimates Using Data of the ECMWF Seasonal Prediction System." *Geophys. Res. Lett.*, 31, 2004, L17210, doi: 10.1029/2004GL020610.
- Buisman, J., *Duizend Jaar Weer, Wind en Water in de Lage Landen*, I-IV. Uitgeverij van Wijnen, Franeker, 1996.
- Cazenave, A. "Variations du Niveau de la Mer: Mesure par Altimétrie Spatiale." 2005.
- Chappell, J., A. Omura, T. Esat, M. Mc Culloch, J. Pandolfi, Y. Ota, B. Pillans, "Reconciliation of Late Quaternary Sea Levels Derived from Coral Terraces at Huon Peninsula with Deep Sea Oxygen Isotope Records." *Earth and Planetary Science Letters*, 141, 1996, 227-236.
- Church, J. A., M. Gregory (yay. haz.), *Changes in Sea Level*. IPCC, Ch. 11, 2001, 641-693.
- Coles, S., *An Introduction to Statistical Modelling of Extreme Values*. Springer Verlag, Londra, 2001.
- Dantzig, D. van, "Economic Decision Problems for Flood Prevention." *Econometrica*, 24, 1956, 276-287.
- Darwin, C., *The Structure and Distribution of Coral Reefs* (Alm.: Über den Bau und die Verbreitung der Corallen-Riffe. Stuttgart 1899). Tipkibasim, The University of Arizona Press, 1984 (ilk bas.1842).
- Fairbanks, R. G., "A 17 000-Year Glacioeustatic Sea Level Record: Influence of Glacial Melting Rates on the Younger Dryas Event and Deep-Ocean Circulation." *Nature*, 342, 1989, 637-642.
- Franklin, J., *Narrative of a Journey to the Shores of the Polar Sea* (Alm.: Ins arktische Amerika: 1819-1822. Stuttgart 2003). William Clowes&Sons, Londra, 1824.
- Gregory, J. M., Ph. Huybrechts, S. C. B. Raper, "Threatened Loss of the Greenland Ice-Sheet." *Nature*, 428, 2004, 615-616.
- Haq, B. U., Hardenbol, P. R. Vail, "Chronology of Fluctuating Sea Levels since the Triassic." *Science*, 235, 1987, 1156-1157.
- Haq, B. U., Hardenbol, P. R. Vail, "Mesozoic and Cenozoic Chronostratigraphy and Cycles of Sea-Level Change." Wilgus, C. K. ve baş. (ed.), *Sea Level Changes: An Integrated Approach, SEPM Spec. Pub.* içinde, 42, 1988, 71-108.
- Hsu, K. J., *The Mediterranean was a Desert . A Voyage of the Glomar Challenger* (Alm.: Das Mittelmeer war eine Wüste. Auf Forschungsreise mit der Glomar Challenger. Münih 1984). Princeton University Press, 1983.
- Jelgersma, S., "Holocene Sea-Level Changes in the Netherlands." *Mededelingen Geologische Stichting, Serie C-VI*, 7, 1961, 1-100.
- Katz, R. W., M. B. Parlange, P. Naveau, "Statistics of Extremes in Hydrology." *Advances in Water Resources*, 25, 2002, 1287-1304.

- Lambeck, K., E. Bard, "Sea-Level Change along the French Mediterranean Coast for the Past 30 000 Years." *Earth and Planetary Science Letters*, 175, 2000, 203-222.
- Louters, T., F. Gerritsen, *Het Mysterie van de Wadden. Hoe een Getijdsysteem Inspeelt op Zeespiegelstijging*. Ministerie V&W, D. G. RWS, RIKZ, ISBN 90-369-0074-3 Rapport RIKZ-94.040, Den Haag, 1994.
- McFarlane, D., J. Lundberg, "A Middle Pleistocene Age and Biogeography for the Extinct Rodent *Megalomys curazensis* from Curaçao, Netherlands Antilles." *Caribbean Journal of Science*, 38, 2002, 278-281.
- Miller, H., *Het Getuigenis der Gesteenten (The Testimony of the Rocks). De Geologie in Betrekking tot den Bijbel en het Geopenbaarde Scheppingsverhaal*. A. C. Kruseman, Haarlem, 1858.
- Mitchum, R. M., J. C. van Wagoner, "High-Frequency Sequences and Their Stacking Patterns: Sequence Stratigraphic Evidence of High-Frequency Eustatic Cycles." *Sedimentary Geology*, 70, 1991, 131-160.
- Morello, N., "The Question on the Nature of Fossils in the 16th and 17th Centuries." Vai, G. B., W. Cavazza (ed.), *Four Centuries of the Word Geology: Ulisse Aldrovandi 1603 in Bologna* içinde, 2003, 127-151. Minerva Edizioni, Bologna.
- Nichols, G., *Sedimentology and Stratigraphy*. Blackwell, 1999.
- Overeem, I., S. B. Kroonenberg, "De Amazone in de Noordzee." *Natuur en Techniek*, 70, 2002, 66-71.
- Palutikof, J. P., B. B. Brabson, D. H. Lister, S. T. Adcock, "A Review of Methods to Calculate Extreme Wind Speeds." *Meteorological Applications*, 6, 1999, 119-132.
- Pandolfi, J. M., B. Jeremy, C. Jackson, "Community Structure of Pleistocene Coral Reefs of Curaçao, Netherlands Antilles." *Ecological Monographs*, 71 (1), 2001, 49-67.
- Plassche, O van de, K. van der Borg, A. F. M. de Jong, "Sea Level-Climate Correlation during the Past 1400 yr." *Geology*, 26, 1998, 319-322.
- Rijkswaterstaat, *Zeespiegelrijzing. Worstelen met Wassend Water*. Dienst Getijdewateren, 1986, Nota 1 Mei 1986.
- Ruddiman, W. F., *Earth's Climate, Past and Future*. Freeman&Co, New York, 2001.
- Ruddiman, W. F., *Plows, Plagues and Petroleum*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 2005.
- Ryan, W., W. Pitman, *Noah's Flood. The New Scientific Discoveries about the Event that Changed History (Alm.: Sintflut. Ein Rätsel wird entschlüsselt*. Bergisch Gladbach, 2001). Simon&Schuster, New York, 1998.
- Schiermeyer, Q., "A Rising Tide." *Nature*, 428, 2004, 113-115.
- Seneca, *Ricerche sulla Natura, a Cura di Piergiorgio Parroni*. Mondadori, 2002.
- Slager, K., *De Ramp. Een Reconstructie van de Watersnood van 1953*. Tweede, herziene uitgave. Atlas, Amsterdam, 2003.
- Solanki, S. K., I. G. Usoskin, B. Kromer, M. Schüssler, J. Beer, "Unusual Activity of the Sun during Recent Decades Compared to the Previous 11.000 Years." *Nature*, 431, 2004, 1084-1087.
- Starnazzi, C., Leonardo, *Acque e Terre*. Gran Tour, Floransa 2002.
- Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW), *Van Overschrijdingskans naar Overstromingskans*. Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat, Delft, 2000.
- Vai, G. B., W. Cavazza (ed.), *Four Centuries of the Word Geology: Ulisse Aldrovandi 1603 in Bologna*, 2003, 221-249. Minerva Edizioni, Bologna.

- Vandenbergh, J., "Time Scales, Climate and River Development." *Quaternary Science Reviews*, 14, 1995, 631-638.
- Vellinga, P., *Klimaatverandering en de Veiligheid van Nederland*. Erasmusliga, Zeist 2003.
- Zagwijn, W., D. J. Beets, M. van den berg, H. M. van Montfrans, P. van Rooijen, *Atlas van nederland Deel 13*. Geologie. Staatsuitgeverij, Den Haag, 1985.
- Zwart, H. J., "Postglaciale Land- en Zeeniveauperanderingen." *KNAW. Proc. B.*, 1951, 162-173.

ON İKİNCİ BÖLÜM

- Almeida, L. F. G. de, "Implicações Tectônicas do Craton Guianês na Bacia do Alto Amazonas." *Anais Décima Conf. Geol. Interaguianas*, 1, 1975, 777-791, Belém.
- Berendsen, H. J. A., E. Stouthamer, "Late Weichselian and Holocene Paleogeography of the Rhine-Meuse Delta, the Netherlands." *Palaogeography, Palaoclimatology, Palaecoecology*, 2000, 1-335.
- Berendsen, H. J. A., E. Stouthamer, *Palaogeographical Development of the Rhine-Meuse Delta, the Netherlands*. Van Gorcum, Assen, 2001.
- Berg, M. W. van den, *Fluvial Sequences of the Maas. A 10 Ma Record of Tectonics and Climate Change*. Proefschrift LU Wageningen, 1996.
- Eberlé, M., H. Buiteveld, J. Beersma, P. Krahe, K. Wilkie, "Estimation of Extreme Floods in the River Rhine Basin by Combining Precipitation-Runoff Modelling and a Rainfall Generator." *Proc. Int. Conf., M. Spreafico ve baş. (ed.), Flood Estimation içinde*, 2002, 459-467. Bern.
- Gelder, P. H. A. J. M. van, "Risks and Safety of Flood Protection Structures in the Netherlands." *Proceedings of the Forum Engelberg 1999 on Risk and Safety of Technical Systems -in View of Profound Changes*, 1999, 55-60.
- Helms, M., S. Belz, J. Ihringer, "Analyse und Simulation von Abflusszeitreihen der Elbe." *Fachtagung Elbe "Morphodynamik der Elbe"*, 1999, 24-39, Wittenberge.
- Langenheem, W. van de, J. R. A. Onvlee, G. P. Können, J. Schellekens, "Projectie van de Elbe-Zomereerslag op de Rijn en Maas naar Aanleiding van de Recente Overstromingen in Midden Europa." *Onderzoek RIZA-Rapport 2002. 042, KNMI-Publicatie Nr. 198, WI Rapport Nr. Q3352. 2002*.
- Parker, G., "Meanders in a Tray." *Nature*, 395, 1998, 110-111.
- Shabalova, M. V., W. P. A. van Deursen, T. A. Buishand, "Assessing Future Discharge of the River Rhine Using Regional Climate Model Integrations and a Hydrological Model." *Climate Research*, 23, 2003, 3.
- Stouthamer, E., Berendsen, H. J. A., "Avulsion Frequency, Avulsion Duration, and Interavulsion Period of Holocene Channel Belts in the Rhine-Meuse Delta, the Netherlands." *Journal of Sedimentary Research*, 71, 4, 2001, 589-598.
- Tebbens, L. A., A. Veldkamp, W. Westerhoff, S. B. Kroonenberg, "Fluvial Incision and Channel Downcutting as a Response to Late Glacial and Early Holocene Climate Change: The Lower Reach of the River Meuse, the Netherlands." *Journal of Quaternary Science*, 14, 1999, 59-75.
- Westhoff, V., P. A. Bakker, C. G. van Leeuwen, E. E. van der Voo, *Wilde Planten. Flora en Vegetatie in Onze Natuurgebieden*, deel 2. Vereniging Tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, 1971.

ON ÜÇÜNCÜ VE ON DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

- Ager, D. V., *The Nature of the Stratigraphic Record* (derde druk). John Wiley&Sons, Chichester, 1993.
- Ayala, F., "Vagaries of the Molecular Clock." *Proceedings of the National Academy of Science*, 94, 1997, 7776-7783.
- Azbel, M. Y., "Universal Biological Scaling and Mortality." *Proc. Natl. Acad. Sci USA* 91, 1994, 12453-12457.
- Cavalli-Sforza, L. L., P. Menozzi, A. Piazza, *Storia e Geografia dei Geni Humani*. Gli Adelphi, 1997.
- Chambers, J. Q., N. Huguichi, J. P. Schimel, "Ancient Trees in Amazonia." *Nature*, 391, 1998, 135-136.
- Chambers, J. Q., T. van Eldik, J. Southon, N. Higuichi, "Tree Age Structure in Tropical Forest of Central Amazonia." R. O. Bierregaard, Jr., C. Gascon, T. E. Lovejoy, and R. Mesquita (ed.), *Lessons from Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest*, 2001, 69-78. Yale University Press.
- Colinvaux, P. A., P. E. de Oliveira, J. E. Moreno, M. C. Miller, M. B. Bush, "A Long Pollen Record from Lowland Amazonia: Forest and Cooling in Glacial Times." *Science*, 274, 1996, 85-88.
- Colinvaux, P. A., P. E. de Oliveira, "Amazon Plant Diversity and Climate through the Cenozoic." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 166, 2001, 51-63.
- Courtillot, V., *Evolutionary Catastrophes. The Science of Mass Extinctions*. Cambridge University Press, 1999.
- Cuvier, G., *Discours sur les Révolutions de la Surface du Globe et sur les Changements qu'elles ont Produits dans la Règne Animal (avec des Notes et un Appendice d'après les Travaux Récents de MM. Humboldt, Flourens, Lyell, Lindley etc., Rédigés par le Dr Hoefer (Alm.: Die Umwälzungen der Erdrinde in naturwissenschaftlicher und geschichtlicher Beziehung. Leipzig 1851). Firmin Didot Frères, Paris, 1850.*
- Darwin, C., *The Origin of Species by Means of Natural Selection (Alm.: Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl: Oder die Erhaltung der begünstigten Rassen im Kampfe ums Dasein. 5. bas. Stuttgart 1872).* (6. bas.). Thinkers Library, Watts&Co. Londra, 1859, 1929.
- Delsuc, F., M. Scally, O. Madsen, M. J. Stanhop, W. W. de Jong, F. M. Catzeflis, M. S. Springer, E. J. P. Douzery, "Molecular Phylogeny of Living Xenarthrans and the Impact of Character and Taxon Sampling on the Placental Tree Rooting." *Molecular Biology and Evolution* 19, 2002, 1656-1671.
- Eldredge, N., *Reinventing Darwin. The Great Debate at the High Table of Evolutionary Theory*. Wiley, New York, 1995.
- Eldredge, N., S. J. Gould, "Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism." T. J. M. Schopf (ed.), *Models in Paleobiology* içinde, 1972, 82-115. Freeman, San Francisco.
- Foster, R., L. Kreitzman, *Rhythms of Life. The Biological Clocks that Control the Daily Lives of Every Living Thing*. Profile Books, Londra, 2004.
- Freeland, J. R., P. T. Boag, "Phylogenetics of Darwin's Finches: Paraphyly in the Tree-Finches, and Two Divergent Lineages in the Warbler Finch." *The Auk*, 116, 3, 1999, 577-588.
- Goldschmidt, T., *Darwins Hofvijver. Een Drama in het Victoriameer*. Prometheus, Amsterdam, 1994.
- Gould, S. J., *Wonderful Life (Alm.: Zufall Mensch. Das Wunder des Lebens als Spiel der Natur. Münih, 1994).* Penguin Books, Londra [ve baş. yer.], 1989.
- Gould, S. J., *Full House. The Spread of Excellence from Plato to Darwin (Alm.: Illusion Fortschritt. Die vielfältigen Wege der Evolution. Frankfurt/Main 1999).* Three Rivers Press, New York, 1996.

- Haffer, J., "Speciation in Amazonian Forest Birds." *Science*, 165, 1969, 131-137.
- Hammen, T. van der, M. L. Absy, "Amazonia during the Last Glacial." *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 109, 1994, 247-261.
- Hooghiemstra, H., T. van der Hammen, "Neogene and Quaternary Development of the Neotropical Rain Forest: The Forest Refugia Hypothesis, and a Literature Overview." *Earth-Science Reviews*, 44, 1998, 147-183.
- Hoogmoed, M. S., "The Herpetofauna of the Guianian Region." W. E. Duellman (ed.), *The South American Herpetofauna: Its Origin, Evolution and Dispersal* içinde. University of Kansas, Museum of Nat. Hist. Monographies, 1979.
- Hoogmoed, M. S., "Wat is Tropisch Regenwoud?" M. S. Hoogmoed, R. de Jong (ed.), *Tropisch Regenwoud, Schatkamer van Biodiversiteit* içinde, 1992, 15-51. Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leyden.
- Hoorn, C., "Palynology of the Pleistocene Glacial/Interglacial Cycles of the Amazon Fan (Holes 940A, 944A, and 946A)" R. D. Flood, D. J. W. Piper, A. Klaus, L. C. Peterson (ed.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, College Station* içinde, TX, 155, 1997, 397-418.
- Jablonski, D., K. Roy, J. W. Valentine, "Out of the Tropics: Evolutionary Dynamics of the Latitudinal Diversity Gradient." *Science*, 314, 2006, 102-106.
- Jackson, J. B. C., K. G. Johnson, "Life in the Last Few Million Years." D. H. Erwin, S. L. Wing (ed.), *Deep Time. Paleobiology's Perspective*. Paleobiology içinde, 26'ya ek, 4, 2000, 221-235, The Paleontological Society, Washington.
- Johnson, T. C. ve baş., "Late Pleistocene Dessication of Lake Victoria and Rapid Evolution of Cichlid Fishes." *Science*, 273, 1996, 1091-1093.
- Kirschvink, J. L., "Magnetoreception: Homing in on Vertebrates." *Nature*, 390, 1997, 339-340.
- Knoll, A. H., R. K. Bambach, "Directionality in the History of Life: Diffusion from the Left Wall or Repetated Scaling of the Right?" D. H. Erwin, S. L. Wing (ed.), *Deep Time. Paleobiology's Perspective*. Paleobiology içinde, 29, 4 (ek), 2000, 1-14. The Paleontological Society, Washington.
- Kroonenberg, S. B., "Hoe Eeuwig Zingen de Bossen: Tropisch Regenwoud, Klimaatveranderingen en Biodiversiteit." M. S. Hoogmoed, R. de Jong (ed.), *Tropisch Regenwoud, Schatkamer van Biodiversiteit* içinde, 1992, 53-60. Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leyden.
- Kumar, S., S. B. Hedges, "A Molecular Time Scale for Vertebrate Evolution." *Nature*, 392, 1998, 917-920.
- Marin, F., M. Smith, Y. Isa, G. P. Westbroek, "Skeletal Matrices, Mucins, and the Origin of Invertebrate Calcification." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93, 1996, 1554-1559.
- McDougall, I., F. H. Brown, J. G. Fleagle, "Stratigraphic Placement and Age of Modern Humans from Kibish, Ethiopia." *Nature*, 433, 2005, 733-735.
- Meggers, B., "Archaeological Evidence for the Impact of Mega-Niño Events on Amazonia during the Past Two Millennia." *Climatic Change*, 28, 1994, 1-18.
- Miller, A. I., "Conversations about Phanerozoic Global Diversity." D. H. Erwin ve S. L. Wing (ed.), *Deep Time. Paleobiology's Perspective*. Paleobiology içinde, 26'ya ek, 4, 2000, 52-73. The Paleontological Society, Washington.
- Phillips, O. L., A. H. Gentry, "Increasing Turnover through Time in Tropical Forests." *Science*, 263, 1994, 954-957.

- Raup, D. M., *Extinction: Bad Genes or Bad Luck?* Norton, New York, 1991.
- Saldarriaga, J. G., D. C. West, M. L. Tharp, C. Uhl, "Long-Term Chronosequence of Forest Succession in the Upper Rio Negro of Colombia and Venezuela." *Journal of Ecology*, 76, 1988, 938-958.
- Schöngart, J., W. J. Junk, M. T. F. Piedade, J. M. Ayres, A. Hüttermann, M. Worbes, "Teleconnection between Tree Growth in the Amazonian Floodplains and the El-Niño-Southern Oscillation Effect." *Global Change Biology*, 10, 2004, 683-686.
- Schoonhoven, L. M., *Leven en Tijd*. Rede uitgesproken ter gelegenheid van de 66e Dies Natalis van de Landbouwhogeschool, 9 Mart 1984, Wageningen, 1984.
- Smit, V., "Laying Down the Law." *Nature*, 403, 2000, 597.
- Smit, J., "Predictive Elements of Largebody Impacts in Geologic History." W. Schlager ve S. Kroonenberg (ed.), *Prediction in Geology. Geologische Rundschau*, 86, 1997, 464-470.
- Tuomisto, H., K. Ruokolainen, M. Yu-Halla, "Dispersal Environment and Floristic Variation in Western Amazonian Forests." *Science*, 299, 2003, 241-244.
- Verheyen, E., W. Salzburger, J. Snoeks, A. Meyer, "Origin of the Superflock of Cichlid Fishes from Lake Victoria, East Africa." *Science*, 300, 2003, 325-329.
- Walker, M. M., T. E. Dennis, J. L. Kirschvink, "The Magnetic Sense and its Use in Long-Distance Navigation by Animals." *Current Opinion in Neurobiology*, 12, 2003, 735-744.
- Whitten, R. G., "Comments on the Theory of Holocene Refugia in the Culture History of Amazonia." *American Antiquity*, 44, 1979, 238-251.
- Wilson, E. O., *The Diversity of Life* (Alm.: *Der Wert der Vielfalt. Die Bedrohung des Artenreichtums und das Überleben des Menschen*. Münih 1996). Penguin Books, Londra [ve baş. yer.], 1992.
- Wilson, E. O. *The Future of Life* (Alm.: *Die Zukunft des Lebens*. Münih 2004). Knopf, New York, 2002.
- Worbes, M., W. J. Junk, "How Old are Tropical Trees?" The Persistence of a Myth." *IAWA Journal*, 20, 1999, 255-260.
- On Beşinci Bölüm
- Brand, S., *The Clock of the Long Now. Time and Responsibility* (Alm.: *Das Ticken des langen jetzt. Zeit und Verantwortung am Beginn des neuen Jahrtausends*. Frankfurt/Main 2000). Phonix, Londra, 1999.
- Crutzen, P. J., "Geology of Mankind." *Nature*, 415, 2002, 23.
- Crutzen, P. J., *Benvenuti nell'Antropocene!* Mondadori, Milano, 2005.
- Davis, M. B., R. G. Shaw, "Range Shifts and Adaptive Responses to Quaternary Climate Change." *Science*, 292, 2001, 673-679.
- Dijke, J. J. van, A. Veldkamp, "Climate Controlled Glacial Erosion in the Unconsolidated Sediments of North-Western Europe, Based on a genetic Model for Tunnel Valley Formation." *Earth Surface Processes and Landforms*, 21, 1996, 327-340.
- http://www.desertspace.org/warming_sign/uwsGallery.html
- <http://www.longnow.org>
- Lomborg, B., *The Skeptical Environmentalist*. Cambridge University Press, 2001.
- Parnesan, C., G. Yohe, "A Globally Coherent Fingerprint of Climate Change Impacts across Natural Systems." *Nature*, 421, 2003, 37-42.
- Perry, F. V., B. M. Crowe, G. A. Valentine, "Analyzing Volcanic Hazards at Yucca Mountain." *Los Alamos Science*, 26, 2000, 492-493.

- Veldkamp, A., J. J. van Dijke, "Modelling of Potential Effects of Long Term Fluvial Dynamics on Possible Storage Facilities of Nuclear Waste in the Netherlands." *Geologie en Mijnbouw*, 72, 1994, 237-249.
- Zhamoida, A. I., "Problems Related to the International (Standard) Stratigraphic Scale and its Perfection." *Stratigraphy and Geological Correlation*, 12, 2004, 321-330.

SONSÖZ

- Bala, G., K. Caldeira, M. Wickett, T. J. Phillips, D. B. Lobell, C. Delire ve A. Mirin, "Combined Climate and Carbon-Cycle Effects of Large-Scale Deforestation." *PNAS*, 104, 16, 2007, 6550-6555.
- Boomer, I., N. Aladin, I. Plotnikov, R. Whatley, "The Palaeolimnology of the Aral Sea: A Review." *Quaternary Science Reviews*, 19, 2000, 1259-1278.
- Dueck, T. A., R. de Visser, H. Poorter, S. Persijn, A. Gorissen, W. de Visser, A. Schapendonk, J. Verhaagen, J. Snel, F. J. M. Harren, A. K. Y. Ngai, F. Verstappen, H. Bouwmeester, L. A. C. J., Voesenek, A. van der Werf, "No Evidence for Substantial Aerobic Methane Emission by Terrestrial Plants: A ^{13}C -Labelling Approach." *New Phytologist* doi: 10.1111/j.1469-8137.2007.02103.x. 2007.
- Gore, A., *An Inconvenient Truth* (Alm.: Eine unbequeme Wahrheit. Klimawandel geht uns alle an. Münih 2007). Rodale, New York, 2006.
- Hansen, J., M. Sato, P. Kharecha, G. Russell, D. W. Lea, M. Siddall, "Climate Change and Trace Gases." *Phil. Trans. Royal Soc.*, 365, 2007, 1925-1954.
- Holzhauser, H., M. Magny, H. J. Zumbühl, "Glacier and Lake-Level Variations in West-Central Europe over the Last 3500 Years." *The Holocene*, 15, 2005, 789-801.
- IPCC: Summary for Policymakers. Climate Change 2007: *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* içinde, [Solomon S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor ve H. L. Miller (ed.)]. Cambridge University Press, Cambridge, İngiltere ve New York, NY, ABD 2007.
- Jansen, E., J. Overpeck, K. R. Briffa, J.-C. Duplessy, F. Joos, V. Masson-Delmotte, D. Olago, B. Otto-Bliesner, W. R. Peltier, S. Rahmstorf, D. Ramesh, D. Raynaud, D. Rind, O. Solomina, R. Villalba ve D. Zhang, "Paleoclimate," *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* içinde, [Solomon S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor ve H. L. Miller (ed.)]. Cambridge University Press, Cambridge, İngiltere ve New York, NY, ABD 2007.
- Keppler, F., J. Hamilton, T. G. John, M. Bras, T. Roeckmann, "Methane Emissions from Terrestrial Plants under Aerobic Conditions." *Nature*, 439, 2006, 187-191.
- Soon, W., "Quantitative Implications of the Secondary Role of Carbon Dioxide Climate Forcing in the Past Glacial-Interglacial Cycles for the Likely Future Climatic Impacts of Anthropogenic Greenhouse-Gas Forcing." *Physical Geography* (baskıda).
- Svensmark, H., N. Calder, *The Chilling Stars*. Icon Books, Cambridge, İngiltere, 2007.

INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy

Epoch	Eon	System	Series	Stage	Age	GSSP
Epoch	Eon	System	Series	Stage	Age	GSSP
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary *	Holocene			
				Upper	0.0118	
			Pleistocene	Middle	0.126	
				Lower	0.781	
Phanerozoic	Cenozoic	Tertiary *	Neogene	Gelasian	1.806	
				Piacenzian	2.588	
				Zanclean	3.600	
				Messinian	5.332	
Phanerozoic	Cenozoic	Tertiary *	Miocene	Tortonian	7.246	
				Serravalian	11.608	
				Langhian	13.65	
				Burdigalian	15.97	
Phanerozoic	Cenozoic	Tertiary *	Oligocene	Aquitanian	20.43	
				Chattian	23.03	
				Rupelian	28.4 ± 0.1	
				Präbannonian	33.9 ± 0.1	
Phanerozoic	Cenozoic	Tertiary *	Eocene	Bartonian	37.2 ± 0.1	
				Lutetian	40.4 ± 0.2	
				Ypresian	48.6 ± 0.2	
				Thanetian	55.8 ± 0.2	
Phanerozoic	Cenozoic	Tertiary *	Paleocene	Selandian	58.7 ± 0.2	
				Danian	61.7 ± 0.2	
				Maastrichtian	65.5 ± 0.3	
				Campanian	70.6 ± 0.6	
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Upper	Santonian	83.5 ± 0.7	
				Coniacian	85.6 ± 0.7	
				Turonian	89.3 ± 1.0	
				Cenomanian	93.5 ± 0.6	
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Lower	Albian	99.6 ± 0.9	
				Aptian	112.0 ± 1.0	
				Barremian	125.0 ± 1.0	
				Hauterivian	130.0 ± 1.5	
Phanerozoic	Mesozoic	Cretaceous	Lower	Valanginian	136.4 ± 2.0	
				Berriasian	140.2 ± 3.0	
				Berriasian	145.5 ± 4.0	
Phanerozoic	Mesozoic	Triassic	Upper	Tithonian	145.5 ± 4.0	
				Kimmeridgian	150.8 ± 4.0	
				Oxfordian	155.7 ± 4.0	
				Callovian	161.2 ± 4.0	
Phanerozoic	Mesozoic	Triassic	Middle	Bathonian	164.7 ± 4.0	
				Beajocian	167.7 ± 3.5	
				Aarenian	171.6 ± 3.0	
				Toarcian	175.6 ± 2.0	
Phanerozoic	Mesozoic	Triassic	Lower	Plensbachian	183.0 ± 1.5	
				Sinemurian	189.6 ± 1.5	
				Hettangian	196.5 ± 1.0	
				Rhaetian	199.6 ± 0.8	
Phanerozoic	Mesozoic	Triassic	Upper	Nonian	203.8 ± 1.5	
				Carnian	216.5 ± 2.0	
				Ladinian	228.0 ± 2.0	
				Anisian	237.0 ± 2.0	
Phanerozoic	Mesozoic	Triassic	Middle	Olenekian	245.0 ± 1.5	
				Induan	249.7 ± 0.7	
				Changhsingian	251.0 ± 0.4	
				Wuchiapingian	253.8 ± 0.7	
Phanerozoic	Mesozoic	Triassic	Lower	Capitanian	260.4 ± 0.7	
				Wordian	265.8 ± 0.7	
				Roadian	268.0 ± 0.7	
				Kungurian	270.6 ± 0.7	
Phanerozoic	Mesozoic	Triassic	Upper	Artinskian	275.6 ± 0.7	
				Sakmarian	284.4 ± 0.7	
				Asselian	294.6 ± 0.8	
				Gzhelian	299.0 ± 0.8	
Phanerozoic	Mesozoic	Triassic	Lower	Kasimovian	303.9 ± 0.9	
				Moscovian	306.5 ± 1.0	
				Bashkirian	311.7 ± 1.1	
				Serpukhovian	316.1 ± 1.3	
Phanerozoic	Mesozoic	Triassic	Upper	Visean	326.4 ± 1.8	
				Tournaisian	345.3 ± 2.1	
				Tournaisian	359.2 ± 2.5	

Quaternary* Formal chronostratigraphic unit versus joint ICS-QUAIA testiforme (2005) and ICS.

Tertiary*: Informal chronostratigraphic unit versus Aubry et al. (2008, Episodes 30/2).

78

Şekil 107. Uluslararası Stratigrafi Tablosu. Küçük çiviler *golden spike*'lara, uluslararası bir anlaşma sağlamak için konulan sınırlamalara işaret ediyor.



Epoch Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	Famennian	359.2 ± 2.5	▶
			Upper Frasnian	374.5 ± 2.6	▶
			385.3 ± 2.6	▶	
			Givetian	391.8 ± 2.7	▶
			Eifelian	397.5 ± 2.7	▶
			Emasian	407.0 ± 2.8	▶
		Lower	Pragian	411.2 ± 2.8	▶
			Lochkovian	416.0 ± 2.8	▶
		Pridoli		418.7 ± 2.7	▶
		Silurian	Ludfordian	421.3 ± 2.6	▶
			Gorstian	422.9 ± 2.5	▶
			Homerian	426.2 ± 2.4	▶
			Steinwoodian	428.2 ± 2.3	▶
			Telychian	436.0 ± 1.9	▶
			Aeronian	439.0 ± 1.8	▶
	Ordovician	Upper	Rhuddanian	443.7 ± 1.5	▶
			Hirnantian	445.6 ± 1.5	▶
			Katian	455.8 ± 1.6	▶
		Middle	Sandbian	460.9 ± 1.6	▶
			Darriwilian	468.1 ± 1.8	▶
		Lower	Stage 3	471.8 ± 1.6	▶
			Floian	478.6 ± 1.7	▶
		Furongian	Tremadocian	488.3 ± 1.7	▶
			Stage 10	~ 492.0 *	▶
	Cambrian	Series 3	Stage 9	~ 496.0 *	▶
			Paibian	501.0 ± 2.0	▶
		Series 2	Stage 7	~ 503.0 *	▶
			Stage 6	~ 506.5 *	▶
		Series 1	Stage 5	~ 510.0 *	▶
			Stage 4	~ 517.0 *	▶
		Series 1	Stage 3	~ 521.0 *	▶
			Stage 2	~ 534.6 *	▶
		Stage 1	542.0 ± 1.0	▶	

This chart was drafted by Gabi Ogg. Intra-Cambrian unit ages with * are informal, and awaiting ratified definitions.

Copyright © 2006 International Commission on Stratigraphy

Precambrian		Epoch/ Era	System/ Period	Age Ma	GSSP GSSA	
	Proterozoic	Neo- proterozoic	Ediacaran	542		
			Cryogenian	~830	🔥	
			Tonian	850	🔥	
			Stenian	1000	🔥	
			Ectasian	1200	🔥	
		Meso- proterozoic	Calymmnian	1400	🔥	
			Statherian	1600	🔥	
			Orosirian	1800	🔥	
			Rhyacian	2050	🔥	
			Siderian	2300	🔥	
	Paleo- proterozoic		2500	🔥		
		Archean	Neoproterozoic		2800	🔥
			Mesoproterozoic			
			Paleoproterozoic		3200	🔥
			Eoarchean		3600	🔥
	Lower limit is not defined					

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic (~542 Ma to Present) and the base of Ediacaran are defined by a formal Global Standard Section and Point (GSSP), whereas Precambrian units are formally subdivided by absolute age (Global Standard Stratigraphic Age, GSSA). Details of each GSSP are posted on the ICS website (www.stratigraphy.org).

International chronostratigraphic units, rank, names and formal status are approved by the International Commission on Stratigraphy (ICS) and ratified by the International Union of Geological Sciences (IUGS).

Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Some stages within the Ordovician and Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most sub-Series boundaries (e.g., Middle and Upper Aftonian) are not formally defined.

Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org).

The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004; Cambridge University Press).

ŞEKİL/FOTOĞRAF KAYNAKLARI

- Şekil 1. Meadows ve başkaları, 1972
Şekil 2. Watson ve baş., 2001
Şekil 3. Skinner ve Porter, Imbrie ve Imbrie'den, 1979
Şekil 4. Press ve Siever, 1994
Şekil 5. <http://epswww.unm.edu>
Şekil 6. www.knmi.nl
Şekil 7. Mesjtsjerskaja, 2001
Şekil 8. Kroonenberg ve baş., 2000
Şekil 9. S. Kroonenberg
Şekil 10. Aladin ve başkaları, 2004
Şekil 11. Rytsjagov, 1997
Şekil 12. S. Kroonenberg
Şekil 13. Svitotsj, 1991
Şekil 14. Varoesjtsenko ve baş., 1987
Şekil 15. S. Kroonenberg
Şekil 16. S. Kroonenberg
Şekil 17. Pannekoek ve van Straaten, 1982, de Lapparent'den
Şekil 18. www.knmi.nl
Şekil 19. www.knmi.nl
Şekil 20. Ahorner, 1994
Şekil 21. Camelbeeck ve Meghraoui, 1996, www.astro.oma.be/SEISMO/PALEO/eoscamelbeeck.html
Şekil 22. S. Kroonenberg
Şekil 23. www.seismo.unr.edu/.../plate/seismology.html
Şekil 24. Wyllie, 1975
Şekil 25. Skinner ve Porter, 1987
Şekil 26. Seyfried ve baş., 1987
Şekil 27. Turcotte ve baş., 1997
Şekil 28. www.vanderbilt.edu
Şekil 29. <http://pmassio.altervista.org/koch.gif>; www.vanderbilt.edu
Şekil 30. www.ffmpeg.org
Şekil 31. S. Kroonenberg
Şekil 32. S. Kroonenberg
Şekil 33. www.usgs.gov
Şekil 34. S. Kroonenberg
Şekil 35. Autran ve Peterlongo, 1980
Şekil 36. S. Kroonenberg
Şekil 37. Skinner ve Porter, 1987
Şekil 38. Simkin ve baş., 1981
Şekil 39. Turcotte, 1997, McClelland ve başkaları'ndan, 1989

- Şekil 40. Simkin ve baş., 1981
Şekil 41. Simkin ve baş., 1981
Şekil 42. Zielinski ve baş., 1996
Şekil 43. www.ipcc.ch
Şekil 44. Lamb, 1005
Şekil 45. S. Kroonenberg
Şekil 46. Pannekoek ve van Straaten, 1982, Kettner'den, 1960
Şekil 47. Skinner ve Porter, 1987
Şekil 48. Imbrie ve Imbrie, 1979
Şekil 49. Skinner ve Porter, 1987, Hays ve başkaları'ndan, 1976
Şekil 50. Imbrie ve Imbrie, 1979
Şekil 51. Imbrie ve Imbrie, 1979, Hays ve başkaları'ndan, 1076
Şekil 52. McManus, 2004
Şekil 53. Petit ve baş., 1999
Şekil 54. Weedon, 2003, Stiver ve başkaları'ndan, 1997
Şekil 55. Ruddiman, 2001, O'Brien ve başkaları'ndan, 1995
Şekil 56. Ruddiman, 2001
Şekil 57. Mann ve baş., 1999
Şekil 58. Mvintyre ve McKitric, 2003
Şekil 59. Solanki ve baş., 2004
Şekil 60. Petit ve baş., 1999
Şekil 61. www.ipcc.ch
Şekil 62. S. Kroonenberg
Şekil 63. Pearson ve Palmer, 2000
Şekil 64. NOAA, 2005
Şekil 65. Hasselmann ve baş., 2003
Şekil 66. S. Kroonenberg
Şekil 67. Louters ve Gerritsen, 1994
Şekil 68. Vellinga, 2003; TAW, 2000
Şekil 69. Van den Brink ve baş., 2004
Şekil 70. Zagwijn ve baş., 1985
Şekil 71. De Mulder ve baş., 2003
Şekil 72. Bloemers ve baş., 1981
Şekil 73. Fairbanks, 1989
Şekil 74. Chappell ve baş., 1996
Şekil 75. McFarlane ve Lundberg, 2002
Şekil 76. http://nte-serveur.univlyon1.fr/nte/geosciences/geodyn_int/tectonique1/plancher/plancher.html
Şekil 77. Bloom, 1978
Şekil 78. Nichols, 1999; Haq ve baş., 1987, 1988
Şekil 79. S. Kroonenberg

- Şekil 80. Cazenave, 2005; http://www.omp.obs-mip.fr/omp/gos/resultats/vari_nivmer.htm
- Şekil 81. Church ve Gregory, 2001
- Şekil 82. Skinner ve Porter, 1987
- Şekil 83. www.natuurduichtbij.nl/kennismaken/hoogwater/dijkdoorbraakkaartje.htm
- Şekil 84. Van Gelder, 199
- Şekil 85. www.gfz-potsdam.de/pb54/Html/en/LargeScaleDamage.pdf
- Şekil 86. www.nwl.ac.uk/ih/www/research/bfproject4.htm
- Şekil 87. S. Kroonenberg
- Şekil 88. Berendsen ve Stouthamer, 2001
- Şekil 89. Berendsen ve Stouthamer, 2001
- Şekil 90. Tebbens ve baş., 1999
- Şekil 91. Tebbens ve baş., 1999
- Şekil 92. Van den Berg, 1996
- Şekil 93. S. Kroonenberg
- Şekil 94. Kroonenberg ve Overeem, 2002
- Şekil 95. Schoonhoven, 1984
- Şekil 96. Chambers ve baş., 1998
- Şekil 97. Hoogmoed, 1979
- Şekil 98. www.biota.org/org/vision-old.html
- Şekil 99. Schoonhoven, 1984
- Şekil 100. Miller, 2000; Sepkoski, 1981
- Şekil 101. Smit, 1997
- Şekil 102. http://norges.uio.no/timescale/Fig18.1_Cret_colC.pdf
- Şekil 103. Ayala, 1997
- Şekil 104. Kumar ve Hedges, 1998
- Şekil 105. Kumar ve Hedges, 1998
- Şekil 106. www.esci.keele.ac.uk/kudis/
- Şekil 107. International Stratigraphic Commission, 2006

DİZİN

Ab

- Adriyatik Denizi** 197
Afanasyev, A. N. 35
afetler 56
Agassiz, Louis 59, 159, 162, 174, 274
Akdeniz 85, 87; **bölgesi** 119
Alp-Himalaya kuşağı 73
Alpler 7, 57-57, 137-138, 140, 155, 160, 172, 215-216, 232, 250; **buzulları** 287
Amazon bölgesi 140-141
Amerika Birleşik Devletleri 13, 45
Amerikan Milli Bilimler Akademisi 135
And Dağları 88, 112, 122, 161
Antarktika 120, 151-152, 168, 171-172
Apulia Levhası 106
Aral Gölü 30, 39, 287
Astrahan Doğa Koruma Alanı 19, 30
Astrahan İdari Bölgesi Milli Su Ürünleri Dairesi 19
astropikal bölgeler 174
Atlas Okyanusu 33-35, 69, 174, 211, 205, 222, 226, 233
atmosfer 33, 46
Azerbaycan Bilimler Akademisi 25
Azor yüksek basınç bölgesi 35
azot çevrimi 16

Ba

- Bak, Per** 81-83, 180, 187, 262
Baltık Denizi 7, 155, 233
Beaumont, Élie de 56-57
Becquerel, Henri 44
Belussov, V. V. 49
Bemmelen, van 124
Berg, Lev Semyonoviç 23-28, 35-36
Boels, Jelle 38
Brongniart, Alexandre 56
bronz çağı 38
Brundtland Raporu 8
Buffon, Georges 43
Burnet, Thomas 44-47

- buz** 151; **örtüleri** 59
buzul çağı 59, 132, 140, 142-143, 145-148, 153, 156, 169, 172-174, 176-177, 190, 192, 201-202, 213, 226-227, 231-232, 246, 249-250, 265, 271, 273-274, 277, 279, 282
ayrıca bkz. küçük buzul çağı
buzul kütlesi 279
Büyük Okyanus 73-74, 94, 107, 112, 275
Büyük Patlama (Big Bang) 15, 47

- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza)** 70
cezir 180, 182-183, 278
Concepción 73; **depremleri** 72
Concos levhası 74
Crater Lake 107-108
Cuvier, Georges 44, 55-57, 253, 256-257, 259-260, 274

- çevrim(ler)** 33, 36, 38-40, 50, 52-54, 59-60, 133, 150, 159, 162, 164, 171, 182, 230
çevrimsellik 11, 35, 53, 56, 58, 146-147, 154-155, 165, 169, 174, 227, 229

- dağ oluşumu** 57
Dağıstan Kıyı Koruma Müdürlüğü 20
Dansgaard-Oeschger çevrimleri 157, 158
Darwin, Charles 4344, 51, 55, 58, 72, 74, 145, 159, 200-201, 205-206, 253-254, 256, 258-259, 265, 270, 274
Dawkins, Richard 270
Delft 37-38
deprem(ler) 45, 58, 65-71, 73-76, 78-79, 81, 83, 86, 90-91, 104, 118, 150, 187, 279; **merkezi** 72
derbent 38
diskordans 50, 52-53, 56
Doğa Koruma Alanı 20
Downs bölgesi 43

- El Niño** 35, 133, 164, 245, 275
erozyon 46, 50, 52

Ca

Çe

Da

Eİ

Etia 85-87, 89, 102, 103, 109-110, 112, 114
Eygenon, M. S. 35

Fr fraktal 82-83, 109, 154, 279; boyutlar 80-81; fre-
kans-büyüklik 162, 188, 219-220, 277

Ga gaz 66, 70, 83, 109-111, 117, 172, 176, 275, 281; ba-
sıncı 113; bulutu 46; depremi 67, 70, 83;
emisyonu 275
geçiş kayaçları 48- 49
Geel, Bas van 38, 157
gelgit 181-183, 276
Gore, Al 286-287, 291
Gould, Stephen Jay 15-16, 45, 53, 243, 254-255,
259, 265, 279
granit 51-52
Grönland 120, 138, 151-152, 155, 157, 162, 164, 169,
171, 212-213, 250
Guettard, Jean-Étienne 102, 107
Gumilyov, Lev Nikolayeviç 26-27
Gutenberg, Benno 76
Gutenberg-Richter 76, 78-79, 81, 150, 187; dağılı-
mı 77, 83
Güneş 11-12, 16, 43, 46-47, 145, 158, 163, 182, 289;
etkinlikleri 38; lekeleri 35; sistemi 52
Güney Kutbu 172
Güney Yarıküresi 35

Ha Haak, Hein 69
Hallam, Anthony 44-45, 50
Hammen, Thomas van der 248
Harz 48
Hasselmann, Klaus 280
Hazar Denizi 17, 19-25, 27-30, 32, 34-39, 81, 83,
137, 150, 157, 164, 212
hidrolojik çevrim 16
hidrosfer 46
Himalayalar 172
Hint Okyanusu 200
HKME bkz. Hollanda Kraliyet Meteoroloji Ensti-
tüsü Hollanda

Hollanda 19-21, 27, 64, 66, 69, 102, 157, 186-188,
192-192, 203, 215, 218, 232, 248, 277, 290
Hollanda Kraliyet Meteoroloji Enstitüsü (HKME)
13, 63, 66, 69, 132-134, 184
Hollanda Uygulamalı Yerbilimleri Enstitüsü 66
Holmes, Arthur 44
holosen 36, 39
Hoogendorn, Bob 38
hot spot 112
Hutton, James 44, 50-54, 56, 74, 142, 159, 274

Ingeominas (Jeolojik Hizmetler Enstitüsü) 95, 97-98
Intergovernmental Panel on Climate Change
(IPCC) 10, 190, 211, 213, 281-282, 287-289

iklim 132-133, 136, 143, 157, 160, 162, 167, 174,
199, 213, 226-227, 231, 246, 250, 264, 274,
277, 280-281, 285, 289, 291; çevrimi 274
interferometre 124, 275
İskandinavya 7, 155, 192
İvanoviç, Georgiy 37
İzlanda alçak basınç bölgesi 35
izotop 149-151, 154, 281

jeolojik etkinlik 56
jeolojik haritalandırma 57
jeolojik zaman 43

kaos kuramı 133
Karadeniz 29, 38, 198
Karayip levhası 74
karbon 14 158-159; çevrimi 16; dengesi 281; izo-
topları 169
karbondioksit 33, 158, 165
katastrofistler 45, 57, 59
katmanlı kayaçlar 48-49
Kelvin (Lord) 43
kozmetik radyoaktivite 158
Krivononov, Gennadiy Andreyeviç 20, 22
kuvarsit 50

Kuzey Amerika 192, 251
 Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) 35, 164
 Kuzey Denizi 38, 45, 191-192, 277-278
 küçük buzul çağı 38, 136, 139, 141, 157-160, 162-164, 186, 219, 245, 274, 279
 küresel ısınma 119; ayrıca bkz. sera etkisi, sera gazları
 küresel soğuma 135

Le levha [plaka] tektoniği 46, 48, 72, 171, 173, 275, 277, 287
 Limagne Çukuru 100, 102
 Limón 73; depremi 72, 78
 Limons 103
 litosfer 72
 LOFAR Projesi 64
 Lyell, Charles 44, 53-54, 56-60, 74, 76, 128, 140, 142, 159, 253, 256-258, 274

Ma magma 50-53, 74, 87, 94, 107, 109-114, 117
 Mandelbrot, Benoit 79, 81
 Mann, Michael 160-161
 med 180, 182, 190, 278
 metan 174
 mezozoik 54, 260
 Milankoviç 165, 169, 205; çevrimleri 11, 125, 168, 188, 202-203, 205, 208, 230, 259, 264, 279, 282, 285, 288; eğrisi 213; varyasyonları 167
 Milankoviç, Milutin 147, 150, 154-155, 174
 Mirovedova, Maria Nikolayevna 19, 22, 31
 Missing link 58
 Musayev, Vagib Ömeroviç 20, 22

Na NAO bkz. Kuzey Atlantik Salınımı (NAO) National Research Council 44
 Newton 45-47, 52
 Nikolayevna, Maria 20, 32

Ok oksijen izotopları 157
 Orta Atlantik Sırtı 72, 119
 Orwell, George 13

Palaeotherium 257
 paleosismoloji 78
 paleozoik 54-55, 260-261
 Paris Çanağı 55-57, 257
 Philips, John 54
 Playfair, John 50-52
 Prigogine, Ilya 16
 Prinsengracht (Prensler Kanalı) 20
 püskürme sütunu 115-116

radyoaktif 43-44, 46, 158, 275, 282; karbon 158; parçalanma 15
 Richter ölçeği 65, 66, 69, 71, 75, 78
 Richter, Charles F. 65, 76
 Riçagov, Georgiy İvanoviç 36-38
 Ring of fire 94, 104, 106, 112
 Rodionov, Sergey 28, 33
 Roermond 77; depremi 69-70
 Rojas, Rubén 93
 Roma Kulübü 9, 11
 Rudwick, Martin 45
 Russakov, Yennadiy Vasilyeviç 30

Scarth, Alwyn 86
 senozoik 54, 260
 Sera Dünyası 171-172, 250
 sera etkisi 165, 169, 281
 sera gazları 165, 167-169, 290
 Sibirya 39, 157, 161, 171, 250
 Siccar Point 50
 sismogram 63-65
 sismologlar 69, 76, 83
 spektrometri 275
 stratigrafi 50
 stratovolkan 94-95, 106, 113
 Struys, Jan 25
 Sumatra 78, 122; depremi 75
 Svitoç, Aleksandr Adamoviç 39

Tanguy, Jean-Claude 86
 taşkömürü 47, 176, 281

taşküre levhası 78, 94
tektonik çevrim 16
Thouret, Jean-Claude 93
tortul kayalar 48-49
tsunami 74, 77, 278
Turcotte, Donald L. 79

yerleşim 46, 52, 66, 69, 73-74, 83, 199, 276- 277
yerli kayalar 48- 50

Zielinski, Gary 120

Zi

Ud Uden depremi 69
UNESCO 19, 96
Ussher, James 41-43, 67
Utrecht 45

Va Vasilyevič, Yennadiy 40, 45
Vezüv 102, 122-123
Volga 19-21, 27-28, 30, 32, 34, 38-39, 157
volkanik bölge 52, 102-103, 105
volkanik kayalar 48, 50
volkanik lav 125-126, 173
volkanik krater 78, 85, 89, 97, 104, 113, 115, 122, 259
Volkanik Patlama Dizini (VEI) 114, 117, 123
volkanizm 52, 71, 74, 104, 107, 109, 119-120, 173-
174; Programı 120, 171-172, 275, 277
volkanotektonik çöküntü 124
Ayrıca bkz. Stratovolkan, yanardağ

Wa Wageningen 71
Wattenmeer 7
Wells, H. G. 12
Werner, Abraham Gottlob 44, 47-49
Westermann, Frank 28
Westerschelde 18
Whewell, William 60
Winchester, Simon 74
Winkels, Herman 20

Ya yanardağ 8, 13, 16-17, 46, 52-53, 74, 78, 85-89, 91-
92, 94-98, 100-104, 106-107, 109-110, 112,
114-116, 118-124, 128, 142, 148, 150, 155, 204-
205, 262, 275-278, 281-283, 289
aynca bkz. volkanizm
yerçekimi 43

"Global ısınma çok büyük ölçüde insan işi olsa bile geçerli olan şudur: İklimin geleceğini sadece insan faktörünün belirleyeceğinden hareket edenler yanıldıklarını göreceklidir. İklim, sadece CO₂ miktarıyla orantılı olarak değişmez. Şiddetli yanardağ patlamaları, güneş etkinliğindeki varyasyonlar, şimdiye kadar bilinmeyen geri besleme mekanizmaları trend değişikliklerine yol açabilir... Yayın bombardımanına bakarak Dünya'nın son aşamaya gelmiş bir kansere yakalandığından korkanlar, bir ihtimal ikinci bir görüş almak isteyecektir ve bu kitabın işlevi birçokları için budur... Dünya, bizi şu anda korkutan tüm afetleri görüp geçirdi; ancak biz insanlar zamana öyle dar bir aralıktan bakıyoruz ki, afetlerin sadece uslu durursak bir daha meydana gelmeyeceğini sanıyoruz... Bir politikacı gelecek seçimleri, bir devlet adamı gelecek kuşağı düşünürken, gelecek bin kuşağı kim düşünüyor? Hiç kimse. Bu kitap, artık biraz daha uzun vadeli düşünme adına yapılmış bir savunma konuşmasıdır. Geriye, insanlığın tarihine, gezegenlerin tarihine bakmaya geldiğinde hepimiz çok akıllıyız. Öyleyse niye bir defa da biraz daha uzak bir geleceğe bakmıyoruz? Çünkü bugün, daha dün, yarındı. Üstelik bunun için milyarlarca yıl sonrasına, Güneş'in ölümüne ve Dünya'nın soğumasına kadar gitmemize bile gerek yok. Peki, neden on bin yıl? Şimdi içinde yaşadığımız dönem, holosen on bin yıl önce başladı. Holosen döneminin başlangıcını oluşturan 'bahar' dı bu ve jeoloji tarihinden bildiğimiz kadarıyla bizimki gibi sıcak dönemler çoğunlukla on bin yıldan çok daha uzun sürmüyor.

Patlayalı on bin yıl geçmemiş yanardağlara faal gözüyle bakılıyor. ABD'de radyoaktif atıkların on bin yıl dokunulmadan depolanması zorunlu... Ve 2003'te Endonezya'nın Flores Adası'nda kalıntıları bulunan en yakın akrabamız küçük adamın nesli tükeneli on bin yılı çok aşmıyor. İşte bu sebeple 'güz'ü düşünmenin zamanı geldi..." Bu kitap sadece küresel ısınma konusundaki alternatif görüşleriyle değil, tektonik levha hareketleri, deniz seviyesi değişiklikleri, yanardağ etkinlikleri, buzul çağı gibi konularda verdiği bilgilerle de ilgi çekmeyi hak ediyor. **Samuel Kroonenberg, Hollanda'da Delft Teknik Üniversitesi'nde jeoloji profesörü.**

DOĞA VE BİLİM DİZİSİ



KitapYAYINEVİ



ISBN 978-605-105-045-4



9 786051 050454

22.-TL