TOZUN GİZLİ HAYATI

Evrenden Mutfak Tezgâhına
Küçük Şeylerin Büyük Sonuçları

HANNAH HOLMES



TÜBİTAK
POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları 400

Tozun Gizli Hayatı - Evrenden Mutfak Tezgâhına
Küçük Şeylerin Büyük Sonuçları
The Secret Life of Dust - From the Cosmos to the Kitchen Counter,
the Big Consequences of Little Things

Hannah Holmes

Çeviri: Ebru Kılıç

Redaksiyon: Nuriye Ayşe Sarıoğlu

© Hannah Holmes, 2003
© Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 2007

Bu kitabın bütün hakları saklıdır. Yazılar ve görsel malzemeler, izin alınmadan tümüyle veya kısmen yayımlanamaz.

Türkçe yayın hakları Kayı Telif ve Lisans Hakları Ajansı aracılığı ile Tessler Literary Agency'den alınmıştır.

TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları'nın seçimi ve değerlendirilmesi TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları Yayın Kurulu tarafından yapılmaktadır.

ISBN 978 - 975 - 403 - 603 - 9

1. Basım Kasım 2011 (5000 adet)

Yayın Yönetmeni: Duran Akca
Yardımcı Yayın Yönetmeni: Dr. Oğuzhan Vıcıl
Yayıma Hazırlayan: İsa Özkan
Kapak Tasarımı ve Sayfa Düzeni: Ayşe Taydaş
Basım İzleme: Yılmaz Özben

TÜBİTAK
Popüler Bilim Kitapları
Atatürk Bulvarı No: 221 Kavaklıdere 06100 Ankara
Tel: (312) 427 06 25 Faks: (312) 427 66 77
e-posta: kitap@tubitak.gov.tr
www.kitap.tubitak.gov.tr

Semih Ofset Matbaacılık Sek. Yay. San. ve Tic. Ltd. Şti.
Büyük Sanayi 1. Cadde No: 74 İskitler Ankara
Tel: (312) 341 40 75 Faks: (312) 341 98 98

Tozun Gizli Hayatı

Evrenden Mutfak Tezgâhına Küçük Şeylerin Büyük Sonuçları

Hannah Holmes

Çeviri
Ebru Kılıç

TÜBİTAK POPÜLER BİLİM KİTAPLARI

Kocaman, şişman ilham perim gezegenimiz Yeryüzüne

Toz ya da Hannah Holmes'un Tozun Gizli Hayatına İlk Bakış Hakkında

Tıngırdatacak altın bir arp yok,
Lezzetli içkiler, enfes çörekler de
Cennet bahçeleri yok, krallıklar da
Öbür dünyanın hurileri de.

Yalnızca yavaş yavaş parça parça
Dağılmanın rahatlığı var.
Biliyoruz, vakti geldiğinde ecelimiz
Sadece bir nakarat onun için.

Yine de binyıllar sildiğinde
Üstümüzde salınan yeri
Rüzgârın lütfuyla bir gelecek
Bulacaktır bizi.

Çünkü genişleyen boşlukta
Sönen yıldızımızın ötesinde
Ayrılacağız eğlendiğimiz gezegenden
Bir "görüşürüz" bile demeden

Sonunda ebedi toza karışmak için
İnsanı baştan çıkaran bir fikir değil.
Yine de kozmik patlamadan
Kozmik bozulmaya giden yolumuzda
Tuhaftır, hâlâ su serper içimize.

Thomas Carper

İçindekiler

Giriş 1

1. Bölüm
Bir Toz Tanesinin İçindeki Dünya 7

2. Bölüm
Yıldızların Hayatı ve Ölümü 21

3. Bölüm
Merak Uyandıran Hafif Uzay Tozu Yağmuru 39

4. Bölüm
Çöllerin Ölümcül Tozu 63

5. Bölüm
Yukarı Doğru Yağan Toz Yağmuru 87

6. Bölüm
Rüzgâra Kapılmış Toz Sınır Tanımaz 119

7. Bölüm
Buz Devrinin Sonunu Toz mu Getirdi? 145

8. Bölüm
Aşağı Doğru Yağan Toz Yağmuru 175

9. Bölüm
Çevrede Dolaşan Bazı Tatsız Tipler 207

10. Bölüm
Mikroskobik Canavarlar ve Ev İçindeki Diğer Belâlılar 241

11. Bölüm
Tozdan Toza 285

Web Siteleri 303

Bibliyografya 309

Dizin 325

Giriş

Toza duyduğum ilgi nasıl mı başladı? Bu küçük boyutlu konu kendini biraz güçlü bir biçimde ortaya attı. Birkaç yıl önce Moğolistan'da Gobi Çölü'nde bir görevdeydim, dinozorlarla ilgili bir keşif gezisini yazarak belgeliyordum. Çöl tabanının üzerinde uçuşan pembe-portakal rengi toz bulutlarını görmezden gelmek imkânsızdı. Havada dönüp duran toz taneleri burnumun ve gözlerimin içine işliyordu. Kitaplarımın sayfalarına sızmışlardı. Uyku tulumumun derinliklerine sinmişlerdi.

Uçuşup duran bu tozların yerel bir olgu olduğunu sanıyordum. Bu yüzden de keşif gezisinin jeologu David Loope göğün yükseklerinde, gezegenin tamamını sarmalayan ince bir toz tabakasının uçuştuğunu anlattığı zaman hemen ilgilendim. İkimiz kumtaşından bir yarın kıyısında durmuş, döne döne akıp giden toz bulutuna gözlerimizi dikmiş bakarken Loope, tozun Gobi'deki muhteşem fosillerinin oluşmasına nasıl katkıda bulun-

duğunu anlatmıştı. Yağmur damlaları, yükseklerde uçan bu toz bulutlarının üzerinde oluşur demişti. Düşen damlalar tozu aşağı çekiyor ve bu toz da bir kum tepesinin içinde âdeta bir kara büyü yapıyordu.

Bunun daha geniş kapsamlı etkilerini bir düşünün: Tüm Dünya'da bir günde gökyüzünden kaç tane yağmur damlası düşüyordur? Her damlada bir parça toz bulunuyor. Gökyüzünde kaç tane toz zerreciği var öyleyse? Bunlar nereden geliyorlar?

Keşif gezisindeki bir başka arkadaşım, çölden ayrıldıktan altı ay sonra bile kulaklarımdan Gobi'nin tozunu temizliyor olacağım uyarısında bulunmuştu. Ama öyle görünüyor ki bu tozun bir bölümü çok daha derinlere indi. Eve döndüğümde tozun beynime de yerleştiğini fark ettim. Gökyüzüne baktığımda, o her yerde bulunan örtüyü ucundan seçmeye çalışıyordum. Koluma bir yağmur damlası düştüğünde dağılan suya bakıyor, bu damlayı ne tür zerreciklerin oluşturduğunu anlamaya çalışıyordum. Elimi bilgisayar ekranıma sürdükten sonra, parmaklarımdaki girintili çıkıntılı izlerin üzerinde kalan pırıltılı, kabarık tozu büyüteçle inceliyordum. Dağılan bir dünyanın parçaları tek tek seçilemeyecek kadar küçüktü: Deri döküntüleri, kaya kırpıntıları, ağaç kabuğu, bisiklet boyası, abajur lifleri, karınca bacakları, kazak yünü, tuğla kırıntıları, lastik parçacıkları, hamburger yanıkları ve bakteriler. Dünya sürekli bir çözülme hali içinde.

Bu görünmez toz, göründüğü kadar zararsız değildir Küçük ama acımasız bir canavar olabilir. Klimatolojiden, immünolojiye dek bütün "loji"lerde bilim insanları şu sıralarda halının üstündeki tozu hesap vermeye çağırıyor. Gezegendeki iklim değişiminin sırrı konusunda kuşkuları üstüne çeken başlıca zanlı, toz. Her yıl milyarlarca ton toz göğe yükseliyor ve bu da kuşkusuz Dünya'nın atmosferinin davranışını değiştiriyor. Toz artık yalnızca madenciler, basınçlı kumla temizleme işçileri ve asbestli ortamlarda çalışanlar değil, tozlu havada yaşayıp bu havayı soluyan binlerce, belki de *milyonlarca* sıradan insanın da ölümünden sorumlu tutuluyor. Vücutlarımız doğal tozların büyük bölümünü filtreleyecek kadar evrim geçirmiş olsa da öyle görü-

nüyor ki ciğerlerimiz daha küçük, sanayi ölçeğinde zerreciklere karşı duyarlıdır. Tozun astımla ilişkisi, şu sıralarda alevlenmekte olan bir başka konudur. Geleneksel olarak bilim adamları astım salgınına çeşitli ev tozlarının yol açtığını düşünmüşlerdir. Fakat insanın ağzını açık bırakan yeni kanıtlar, astıma *çok küçük* ev tozlarının yol açıyor olabileceğini düşündürüyor.

Tozla ilgilenen bilim insanları yaratıcı olmak zorundadırlar. Filleri inceleyen bilim insanları bir örnek bulmanın zorluğunu pek yaşamazlar. Ama tozu inceleyen bir bilim insanının, merakını uyandıran bu minicik nesneyi *elde etmek için* çok kez bir gereç icat etmesi gerekir. Bir kadın araştırmacı, inceleyeceği uzay tozunu bir kuyunun dibinden toplamak için su altında çalışan bir elektrikli süpürge icat etmişti. Son buz devrinden kalan tozları inceleyen bir başka araştırmacı ise minik örneklerini buz dağlarının derinliklerinden çıkartıyor. Üstelik tozu yakalamak savaşın ancak yarısı: Tozun narin yapısı, müdahale edilmesini ve analiz edilmesini zorlaştırıyor. Sözünü ettiğim ikinci, bilim insanı uçuşan zerrecikleri, parmaklarına yapıştırıcı sararak yakalıyor.

Gobi Çölü'nde durup gökyüzündeki toz sayısını düşündüğümden beri, havayı bir taşınma ortamı, tozu da mektup olarak görmeye başladım. Toz, dünya haberlerini iletiyor: Kayalık Dağlar'da erozyon ve Filipinler'de bir volkan patlaması. Yerel haber başlıklarını da veriyor: Komşunun kahve makinesinde yanan taneler, kavşakta sıkışan trafik. Toplum haberleri sayfalarına da götürüyor bizi; insanların etkinliklerine dair haberler de veriyor, çünkü bizler toz tutan yaratıklarız.

Bu kitabın amaçlarından biri okurların havada dolaşıp duran mesajların bazılarını çözmeyi öğrenmesine yardımcı olmak. Gezegenimiz kimi zaman gerçekten anlaşılamayacak kadar büyük gibi görünüyor. Fakat gezegenin en küçük habercilerinin verdiği haber bültenlerini dinlemek, belki de işlerin genelde nasıl gittiğini daha iyi anlamamızı sağlayabilir.

İkinci olarak, okuru kendi kişisel tozlarıyla tanıştırmaktan onur duyacağım. Her birimizin her daim kendi deri döküntüle-

rimiz ve dağılmakta olan giysilerimizden oluşan bir bulutla sarmalanmış olmamızı bir yana bırakalım haydi. Bu bulutun yanı sıra çaktığımız her kibrit, açıp kapadığımız her elektrik düğmesi, otomobilimizle kat ettiğimiz her kilometre daha fazla tozun havalanmasına yol açıyor. Küresel miktarlar olarak düşündüğümüzde, her birimizin çıkardığı toz gezegen ölçeğinde sonuçlara yol açıyor.

Yeryüzünün derisi, hem doğanın, hem de bizim yol açtığımız nedenlerle parçalanarak göğe yükselirken havayı, hatta iklimi değiştiriyor. Bu toz yere indiğinde denizlerde ve topraklarda, ciğerlerimizdeki hassas koruyucu zarda değişikliklere yol açıyor. Minicik şeylerin içinde, büyük bir büyü ve devasa bir kargaşa gizlidir.

Kitapta kullanılan jargonla ilgili birkaç not:

- Isı santigrat olarak verilmiştir.
- Büyüklük konusu birinci bölümde ele alınmıştır. Ama başvuru açısından kolaylık olması için burada küçük şeylerin örneklemini sunuyorum.

Bir inç (2,54 cm)	25.000 mikron
Bir nokta	Bu yazı karakterinde 300 mikron
Kum	63 mikron ve daha büyük
Toz	63 mikron ve daha küçük
İnsan saçı	100 mikron
Polen	10-100 mikron
Çimento tozu	3-100 mikron
Mantar sporları	1-5 mikron
Bakteriler	0,2-15 mikron
Yeni yıldıztozu	0,1 mikron
Çeşitli dumanlar	0,01-1 mikron
Tütün dumanı	0,01-0,5 mikron

- "Sülfür damlacıkları": Birçok bilim insanı, sülfür damlacığı dediğim şeyleri geniş kapsamlı toz tanımıma dâhil etmemem uyarısında bulundu. İtirazlarının anlaşılabilir bir

gerekçesi var: Bir kömür ateşinden ya da patlayan bir volkandan çıkan sülfür gazları gökyüzünde küçük öbekler halinde yoğuştuklarında, bu öbekler genellikle sıvıdır, çünkü çevrelerindeki atmosferden hemen su çekerler. Fakat kuru havada, sülfür gerçekten de kuru parçacıklar oluşturur. Aslında tek bir sülfür parçacığı gökyüzünde dolanırken su toplayabilir ya da kaybedebilir, sıvıyken katılaşıp sonra yine sıvılaşabilir. Bilim insanları bu tür değişebilir parçacıklara "aerosol" diyorlar. Fakat bu teknik bir kitap olmadığından, onları toz ailesine dâhil etmekte bir sakınca görmüyorum.

I. Bölüm

Bir Toz Tanesinin İçindeki Dünya

Güneşin altında verandanın parmaklığına konulmuş bir meyve suyu bardağını gözünüzün önüne getirin. Size boş görünebilir, ama içinde *en az* 25.000 parça mikroskobik toz dolanmaktadır. Bu toz parçacıklarında Yerküre'deki her şeyden biraz vardır. Ansızın karşınıza Sahra kumlarından dökülmüş minik parçacıklar ve gözle görülemeyen devetüyü lifleri çıkabilir. Sonra rüzgâr yön değiştirir ve orman mantarı sporları ve kurumuş menekşe parçaları çevrenizi sarar. Yakınlarda bir otobüs yolcu almak için durur ve minicik siyah kurum parçalarıyla karışık insan derisi döküntüleri bir anlığına ortalığı kaplar.

Her nefes alışınızda binlerce ve binlerce zerre vücudunuza girer. Bazıları burnunuzun dehlizlerine yerleşir. Bazıları genzinize yapışır. Diğerleri derinlerde, akciğerlerinize sığınır. Siz kitapta bu sayfaya geldiğinizde, yeryüzündeki bu zerrelerinden 150.000 kadarını soluyarak içinize çekmiş olabilirsiniz; tabii dünyanın en te-

miz köşelerinden birinde yaşıyorsanız. Daha kirli bir yerde yaşıyorsanız, muhtemelen bir milyondan fazlasını solumuşsunuzdur.

İnsanlık tarihinin büyük bir bölümü boyunca tozlar, göz ardı edilmiş olsalar da bu kitapta çok önemli sonuçlara yol açabileceğini göreceğiz. Bazı tozlar gezegen ve üzerinde yaşayan canlılar için tehlike taşır. Bazıları insanlar, bitkiler ve hayvanlar için yararlıdır. Bazıları açıkça büyüleyicidir. Burada hepsi mikroskobun altına alınacak ve tozların gizli yaşamları gözler önüne serilecektir.

Bilinmesi gereken en etkileyici şeylerden biri, ne kadar fazla tozla çevrelenmiş olduğumuzu kavramak; yani Yerküre'nin yüzeyinden havalanan maddenin tonlarla ölçülen miktarını öğrenmektir. Bu zerreler çok küçük olduğundan ve sık yer değiştirdiğinden miktarla ilgili tahminler hâlâ kabacadır. Yine de her yıl inkâr edilemeyecek kadar *büyük* miktarda küçük şeyler rüzgâra karışmaktadır.

Her yıl bir ilâ üç milyar ton çöl tozu göğe yükselir. Bir milyar ton 14 milyon vagonu doldurur ki, böyle bir tren de ekvatorun çevresinden Yerküre'yi altı kez dolanır.

Bir de okyanuslardan yükselen üç buçuk milyar ton tuz zerresi var.

Ağaçlar ve diğer bitkiler rüzgâra bir milyar ton organik kimyasal bırakır ve muhtemelen bunların üçte biri yoğuşarak minik yüzen damlalar oluşturmaktadır.

Planktonlar, volkanlar ve bataklıklardan 20 ilâ 30 milyon ton sülfür bileşiği sızar; bunun yaklaşık yarısı havada taşınan küçük parçacıklar oluşturmaktadır.

Yanan ağaçlar ve otlar 6 milyon ton kurum oluşturur.

Dünyadaki buzullar kendilerine ev sahipliği yapan dağları yavaş yavaş aşındırıp toz haline getirmekte, bu toz da rüzgâra karışmaktadır, ama ne miktarda olduğunu kimse bilmemektedir.

Aynı şekilde, acaba kaç tane camsı volkanik kül parçacığı gökyüzüne savruluyor?

Ya canlı tozlar; yani uçuşan mantarlar, virüsler, diatom denilen mikroskobik boyutta su yosunları, bakteriler, polenler, çürü-

yen yaprakların lifleri, sineklerin gözleri, örümceklerin bacakları, kelebek kanatlarından dökülen pullar, kutup ayılarının tüy parçacıkları, fillerin deri döküntüleri; bunların kim bilir kaç tonu atmosferde dolanıyor.

Yaklaşık 4 milyon yıl önce atalarımız doğanın verdiği tozlu nefese katkıda bulunmaya başladılar. Büyüleyici bir araç olan ateşi ustalıkla kullanır hale geldikçe, insan olarak yaptığımız katkı kurum oldu. Daha sonra metallerin mucizesini öğrendiğimizde ateşlerimizden çıkan dumanlara mikroskobik büyüklükte sıcak bronz, demir, bakır, altın ve gümüş parçacıkları katıldı. İplik eğirme ve dokumacılığın gelişmesi hayvan ve bitki liflerinden gözle görülemeyecek kadar küçük parçacıkların çıkmasına yol açtı; rüzgâr bunları yerleşim yerlerimizin dışına taşıdı. Son olarak sanayi devrimiyle birlikte toz üretimimiz yüksek vitese geçti.

Bugün büyük bölümünü kömür yakan enerji santrallerinin oluşturduğu dünyanın fosil yakıt kullanılan dev fırınlarından her yıl yaklaşık 90 ilâ 100 milyon ton sülfür göğe yükselmektedir. Ayrıca yakıt olarak petrolün kullanıldığı fabrikalar ve dizel motorları da bunların arasında yer almaktadır. Gökyüzündeki her doğal sülfür damlasına artık insan yapımı üç ilâ beş damla daha katılmakta; Yerküre her gün daha fazla yakıcıya ev sahipliği yapmaktadır.

Çiftliklerimizden, otomobillerimizden ve yakıt tüketen diğer icatlarımızdan100 milyon tonu aşkın nitrojen oksit havalanıyor ki, nitrojen oksit de sülfür gazı gibi gökyüzünde tozlu parçacıklar oluşturma eğilimindedir.

Gökyüzündeki 8 milyon ton kara kurumun varlığı, ağaçların ve otların değil, fosil yakıtların, özellikle de kömürün yakılmasının sonucudur. Ağaç ve ot yangınlarından yükselen 6 milyon ton kurumun bile büyük bölümünün izi sürüldüğünde insan elinden çıktığı görülebilir.

Göklerde ister 1 milyar, ister 3 milyar ton çöl tozu olsun, en az yarısından herhalde biz insanlar sorumluyuz. Tarımsal faaliyetlerimiz ve çevreye yönelik başka saldırılarımız havada doğal olarak var olan çöl tozu miktarını artırmış olabilir.

Bunlara ilave olarak 20. yüzyılın sinirleri etkileyen cıva ve zihni aptallaştıran kurşun içeren dioksinden poliklorine bifeniller (PCB) gibi türlü kanserojenler ile nükleer felaketler, böcek ilaçları, asbest ve zehirli dumanlardan çıkan radyoaktif taneciklere kadar çok çeşitli tozları vardır. Her yıl bunların kaç tonu göklere yükseliyor? Bunu bilen yok.

Toz miktarını ölçmek güç olsa da, tozla ilgilenen bilim insanları çeşitli tozlara bir *büyüklük* biçmekte fazla zorlanmıyorlar. Genelde çevremizde dönüp duran tozlar o kadar küçüktür ki yerçekiminin onları kontrol altına alabilmek için uğraşması gerekir. Bir toz parçasının yüzeyindeki statik elektrik, hatta bir atomun bir diğeriyle etkileşimi gibi kuvvetler, yerçekiminin gücünü aşabilir. Toz, masanın üzerine konabildiği kolaylıkla tavana da konabilir.

Bilim insanları tozu mikronla, yani bir inçin (2,54 cm) 25.000'de biriyle ölçerler. Kolunuzdaki kılları düşünün. Tek bir kıl 100 mikron genişliğinde olabilir. Şimdi bir makas alıp 100 mikron *uzunluğunda* bir kısmı kestiğinizi düşünün. Ancak nerede arayacağınızı biliyorsanız görebileceğiniz bu küçücük parça bile toz olamayacak kadar büyüktür. Bilim insanlarının gözüyle, bu parça kum ailesinden sayılabilir.

En büyük toz parçacıkları teknik olarak bir kılın yalnızca üçte ikisi genişliğinde olurlar. Bu tombul tozlar genellikle doğanın eseridir. Polen zerrelerinin çapları, tam bir kıl genişliğinden onun onda birine kadar değişir. Kumsaldan ya da çölden bir avuç kum aldığınızda, avucunuza yapışan belli belirsiz toz çok çeşitli büyüklükleri içerecek, zerrelerin çoğu tombullar kategorisine girecektir. Gömleğinizin dokumasından süzülüp etrafınızda görünmez bir hale oluşturan ölü deri döküntüleri, bir kılın onda biri genişliğinde ve bir kılın onda ikisi uzunluğunda dikdörtgenlerdir. Okyanuslardan yukarıya yükselen tuz parçalarının birçoğu 5 mikron genişliğindedir. Bunlar yine de toz parçacıklarının en büyüklerinden sayılır. Sağlıkla ilgilenen bilim insanları büyük tozlardan çok, küçük olanlarından korkarlar. Bunun nedeni, insan vücudunun doğanın büyük yaratıklarının gi-

rişini engelleyecek biçimde evrimleşmiş olmasıdır. Örneğin, polenlerin neredeyse hepsi o kadar büyüktür ki burnun içinde asılıp kalırlar; alerjisi olanlar bunu gayet iyi bilir. Ama küçük tozlar insan kafasının içindeki tuzakları kolayca geçip hassas akciğerlerinizin derinlerine yol alırlar.

Kısa süre öncesine kadar bilim insanları güvenli ve tehlikeli tozlar arasındaki sınırı kıl genişliğinin onda biri olan on mikron olarak belirliyordu. Fakat tozla ilgilenen araştırmacılar, bu minik araştırma konularına daha yakından baktıkça bu sınırı değiştirmeye karar verdiler. Tıbbi araştırmalar artık çoğu hastalığa ve ölüme, bu büyüklüğün dörtte birinden daha küçük yani kılın 25'te biri kadar büyüklükteki tozların yol açtığını gösteriyor. Bilim insanları, ciğerlerimizi korumak üzere toz sınırını yeniden belirlemiş olsalar da, hâlâ küçük tozların ölüme *nasıl* sebep olduğunu anlamaya çalışıyorlar.

Peki hangi tozlar, sınırın küçük olanlar tarafında kalıyor? Ancak birkaç tane doğal toz bu ayrıma uyuyor. Bakteriler ve mantar sporları rahatça 10 mikrondan küçüktür. Fakat bu "minikler" kategorisinde yer alan başat güç, sanayi tozlarıdır. Böcek ilaçlarından kaynaklanan tozların genişliği genellikle bir mikronun yarısı ile 10 mikron arasında değişir. Tütün dumanının içindeki parçacıkların genişliği bir mikronun yarısından daha azdır; bu da kılın iki yüzde birine denk gelir. Otomobil egzozundaki en küçük parçacıklar bir mikronun yüzde biri, yani kılın 10.000'de biri büyüklüğündedir. Bu alana, kirliliğe yol açan gazlar yoğuşup havada damlacığa dönüştüğünde oluşan minik parçacıklar da girer. Virüsler ve büyük moleküller de kabaca aynı büyüklüktedir. Artık bu küçük parçacıklardan 25.000'inin bir meyve suyu bardağının içinde fark edilmeden nasıl dolanıyor olabileceğini gözünüzün önüne getirmeye başlamışsınızdır. Bu kitap boyunca, işlediğini öğreneceğimiz bütün cinayetlere ve yaptığı bütün muzırlıklara rağmen toz yine de vazgeçilmezdir. Etrafında döndüğümüz Güneş, koruyucu uzay tozundan oluşan devasa bir rahmin içinde yaratılmıştır. Sigara dumanındaki küçük zerreler büyüklüğünde olan bu tozun bir bölümü birleşip gezegenimi-

zi oluşturmuştur. Kozmik anlamda büyük sayılacak miktarlarda toz Samanyolu'nu karartmakta, yıldızları görmemizi engellemektedir. Ayrıca ölen her yıldızdan, sanki siyah bir havai fişekten çıkar gibi, galaksimize daha fazla toz yağmaktadır. Bir sonraki kuşaktaki Güneşleri, Dünyaları ve göklerdeki diğer cisimleri yaratacak olan, sönmüş yıldızlardan gelen bu tozdur.

Biz de Dünya'da tozsuz kalmak istemezdik. En başta şunu söyleyelim: temiz bir dünya boğucu derecede *rutubetli* olurdu. Gezegenimizin su döngüsünde, denizler ve göllerdeki su buharlaşır, havada yoğuşur ve yere iner. Fakat bu yoğuşma aşamasında tozla dolu bir gökyüzü gerekmektedir ki su buharı tozların minik yüzeylerinde birikebilsin. Toz olmazsa, su buharı, görece rutubet yüzde 300'e yaklaşmadan yoğuşmaya başlayamazdı. Bir karşılaştırma yapacak olursak en sıcak ve nemli yaz günü bu duruma kıyasla kuru ve serin sayılırdı. Ayrıca daha uygun bir çekirdek olmadığı için de su buharı vücudumuzun üzerinde yoğuşurdu.

Bulutlar çeşitli tozların çevresinde yoğuşmuş su damlacığı öbekleri olduğundan, tozun azlığı, gökyüzünde *bulutların* da az olması demektir. Bulutlar kendilerine çarpan güneş ışığının büyük bölümünü yansıtarak, gezegene gölge yaparlar. Bulutlar her zaman Yeryüzü'nün yarısını gölgeyle örtmektedir. Onlar olmasaydı bizim buraları bir hayli sıcak olabilirdi.

Yeryüzü'nde dolaşan tozların birçoğu canlı parçacıklardır; onların rüzgârla taşınabilir olma becerileri gezegeni sağlıklı ve yeşil tutar. Örneğin mantarlar, çok çeşitli maddeleri parçalayarak yaşarlar; bunlara bitkiler ve hayvanların ölü etleri, hatta kayalar bile dâhildir. Mantarların bu faaliyeti, sıkışıp kalmış besinleri serbest bırakır ve toprağı zenginleştirir. Mantar türlerinin ezici çoğunluğu, sporlarını rüzgâra salacak biçimde uyumlaşmıştır. Bu dayanıklı sporlar dünyayı dolaşır, rüzgârın ve yağmurun keyfine tabi olarak yeniden toprağa düşerler.

Birçok polen rüzgârdan yararlanacak biçimde evrimleşmiştir. Büyük zerreler arıların ve başka nektar avcılarının sırtında taşınır. Ama küçük olanlar havada kendi başlarına dolaşırlar

ve rastlantıyla uygun bir çiçeğin üzerine konduklarında, yeşil ve canlı varlıkların sürekliliğini sağlarlar.

Cam kabuklu algler olan mikroskobik boyutlardaki diatomlar da bu şekilde yayılabilirler. Nematod denilen çok küçük kurtçuklar bile küçük boyutları sayesinde rüzgârın sırtında taşınarak soylarını çoğaltabilirler. Örneğin, Antarktika üzerindeki yaşam muhtemelen son buz devrinde silinip gitmişti. Fakat artık nispeten daha büyük nematodlar da dâhil olmak üzere çok çeşitli mikroorganizmalar Antarktika'daki McMurdo Kuru Vadileri'ndeki soğuk toprak yüzeylerin üzerinde koloniler kurmuşlardır. Bu kolonilerin varlığının en olası açıklaması, atalarının Güney Amerika, Afrika ya da Avustralya'dan uçarak gelmiş olmalarıdır.

Tozla ilgili araştırmalar alanındaki birçok harika alt konu başlığı arasında, en çok dikkat çekenlerden biri, bazı küçücük yaşam biçimlerinin rüzgârla taşınmakla kalmayıp bu tozlu ortamda üredikleri fikridir. Çeşitli araştırmacılar bazı bakterilerin su buharının gökyüzünde yoğuşmasını sağladığını sonra, yarattıkları bu damlacıkların içinde bölünüp çoğaldıklarını ileri sürüyorlar.

Çöllerden esen rüzgârlarla birlikte havayı tıkayan milyarlarca ton cansız kaya tozu bile Yeryüzü için değerlidir. Çöllerin ve yanardağların üzerlerine çöken kumu olmasaydı, Karayipler'deki bazı adalar çıplak gri kayalardan fazla bir şey olmazdı. Oysa bu adalar yemyeşil, sağlıklı bitkilerle kaplıdır. Benzer şekilde Amazon yağmur ormanları da yapısını toza borçludur. Böyle yağmurlu bir iklimde su topraktaki besinleri hızla akıtır. Ama her kış alize rüzgârları Sahra'nın güneybatısından esmeye başladığında, verimli tozlar Güney Amerika ormanlarına yağıp toprağı tazeler.

Yere düşen kaya tozları, dünyanın en ıssız bazı yerlerindeki canlıları besler. Yeryüzünün buzulları üzerine konan tozlar, buralara bir yiyecek servisi sunar gibidir; bilinen en dayanıklı yaşam biçimleri için çeşitli yiyecekler dağıtırlar. Bir buzulun *içinde* bile, çok yer dolaşmış bir tozun küçücük bir yaşam ağını sürdürebildiğini görüyoruz. Okyanusa düşen tozlar da bitkilerin üre-

mesine yol açabilir. Bu bitkiler mikroskobik boyutlardaki fitoplanktonlardır. Dikkat çekmeyecek kadar küçük boyutlarda olsalar bile, planktonlar, denizlerdeki besin zincirinin baş malzemesidir. "Tozdan toza" döngüsünde yarattıkları bir farklılıkla, bazen yere düşen çöl tozundan besin alıp, bulutların oluşumunda kilit bir rol oynayan sülfür bakımından zengin tozları yukarıya salarlar.

Bilim insanları canlı ve ölü toz karışımının havayı nasıl etkilediği hakkında bir ölçüde bilgi sahibi olmuştur. Tozun, uzun vadede dünyanın *iklimini* değiştirdiği de artık açıklık kazanmaktadır. Genelde iklim bilimcilerin korkuları, ısıyı Dünya'nın yakınında biriktiren *gazlara* odaklanmıştır; fakat Yerküre ısındıkça havadaki küçük zerrecikler de artık önemli bir konu haline geldi. Bilim insanları artık tozlarımızdan bazılarının güneş ışığını yansıtıp dünyayı serinlettiğini biliyor. Başka tozlar, özellikle de kara kurumlarımız gökyüzünde dolanırlarken büyük miktarlarda ısı çekiyor olabilir. Hatta bazı harika kuramlar, son buz devrinin bitiminde buzulların aniden geri çekilmesiyle küresel bir toz *fırtınası* olduğunu ileri sürmektedir. Fakat şimdilik, Dünya'daki en üstün zekâlar bile, tozların iyi de olsa, kötü de olsa, hava ısısını nasıl etkilediğini tam anlamıyla söyleyememektedir.

Toz ile insanlık arasındaki ilişki binlerce yıldır hep karmaşık olagelmiştir.

Sekiz bin yıl önce, Çinli çiftçiler Çin'in orta bölgelerinde havadan inen çok büyük miktarlarda çöl kumunun yararlarını keşfetmişlerdi. Yaklaşık 100 metre kalınlığındaki bu tabaka, çok kolaylıkla sürülüp işleniyordu ve bitkiler için çok besleyiciydi. Bugün de, Amerika Birleşik Devletleri'nin orta bölgeleri de dâhil olmak üzere dünyanın çeşitli yerlerinde benzer toz rezervleri yoğun bir biçimde ekilip biçilmektedir. Ancak birazdan göreceğimiz gibi, bu antik tozun dağıtılması, ne yazık ki bazen felaketlere yol açabilmektedir.

Çinli çiftçilerin toz tabakasını işlemelerinden belki de dört bin yıl sonra, antik Mezopotamya'da insanlar kendi yörelerin-

deki tozları eritip taş imal ediyorlardı. Arkeologlar kısa süre önce Mashkan-shapir denilen yerleşimde, bileşimleri doğal bazalta benzemeyen, büyük düz siyah kayadan dikdörtgen bloklar keşfettiler. Kayaların kimyası, yöredeki nehrin kıyısında biriken toza uyuyordu. Arkeologların yürüttüğü tahminlere göre doğadaki odun ve taş kıtlığı Mashkan-shapir halkını bölgedeki tozları 220 derece kadar ısıtmaya, sonra da erimiş tozu kalıplara dökerek taş yapmaya yöneltmişti.

Aynı antik dönemlerde Finlandiya'da yaşayan insanlar da oraya özgü özel bir tozun nimetlerini fark ediyorlardı. Tuhaf, lifli kayaların parçalanmasıyla elde edilen bu toz, çömlekçilikte ve ev yapımında sıva olarak kullandıkları kili sertleştiriyordu. Zaman içinde Avrupa'nın daha güney bölgelerinde yaşayan insanlar da aynı kayanın, yani asbestin liflerini dokuyup ateşe dayanıklı kumaş haline getirmeyi öğrendiler. İlk doğa bilimciler bile, asbest dokumacılarının hepsinin sağlıksız olduğunu fark etmişlerdi.

Dünyanın öbür yakasındaysa Guatemala'daki Tikal bölgesinde yaşayan Maya halkı çömleklerini sertleştirmek için, çok miktarda volkanik toz ya da kül toz eklemeye özellikle dikkat ediyorlardı. Bu gelenek büyük bir kül birikimi gerektiriyordu ki bu hâlâ bir gizem olarak durmaktadır: Çünkü en yakın kül rezervleri pek de yakında değildi. Volkanik toz, cangılın içinden yüz kilometre yoldan taşınmaya değecek kadar değerli miydi? Alternatif şu açıklama da aynı ölçüde ilgi çekicidir: Amerika'nın orta bölgelerindeki volkanlar sandığımızdan çok daha kısa süre öncesine dek çok daha fazla faal idiler ve küllerini Tikal'e kadar savuruyorlardı.

Bugün insanlık tahıl ekiminde, inşaatlarda, çömlekçilikte ve daha binlerce başka amaçla hâlâ tozdan yararlanıyor. Çimento duvarlar kaya tozu ve çakıl taşı karışımıdır. Alçıpan, sıkıştırılıp istenen biçime sokulmuş bir mineral tozudur. Boyaya rengini renkli tozlar verir. Temizleme tozlarına ovma gücünü, diş macununa parlatıcı niteliğini, talk pudrasına ipeksi özelliğini kaya tozları verir. Göz farı, talk pudrasından, toz haline getiril-

miş balık pullarına ve pigmentlere kadar değişen pırıltılı tozların bir karışımı olabilir. Aspirinler ve vitaminler sıkıştırılmış tozlardır. Dergilerin kâğıdı, kurutulmuş kil tozundan çok ince bir tabakayla kaplanarak parlaklaştırılır. Kurşun kalemlerin içinde sıkıştırılmış grafit tozu vardır. Ekmek ve makarna da, toz haline getirilmiş buğday tanelerinden elde edilir. Sarı hardal, hardal tohumlarının tozudur, yumuşak kakao da sert kakao tanelerinin tozudu. Çağdaş hayat büyük ölçüde toza dayanmaktadır.

Bu kadar çok şeyi toz haline getirmemizin bir nedeni, tozun işlemek için çok büyük bir yüzey alanı sağlamasıdır. Kimyasal tepkimeler genellikle bir nesnenin yüzeyi üzerinde gerçekleştiği için ne kadar fazla yüzey sağlanırsa, tepkime o kadar yoğun olacaktır. Elli tane kahve çekirdeğini sıcak su dolu bir fincana bastırdığınızı bir düşünün. Olmadı, değil mi? Peki şimdi de elli kahve çekirdeğini çekip toz haline getirdiğinizi ve aynı deneyi tekrarladığınızı düşününüz. Ya da çamaşır makinesine yıkanacak çamaşırlarla birlikte bir kalıp sabun attığınızı gözünüzün önüne getirin. Şimdi de o sabunu kıyıp toz haline getirdiğinizi ve işlemi tekrarladığınızı düşünün. Daha çok yüzey alanı daha fazla etkileşimi mümkün kılar.

Bu durum, hem harika, hem de istenmeyen sonuçlara yol açabilir.

Etrafımızda dolaşan tozların bazıları ürkütücü ve görünmez suçlulardır. İnsan eliyle geliştirilen sanayinin yarattığı zehir parçacıklarını bir anlığına unutunuz. Bildiğimiz basit çöl tozunun bile kendine özgü karanlık bir yanı vardır.

Örneğin, 75 milyon yıl önce, basit çöl tozunun, çok sayıda dinozora zor fark edilen bir tuzak kurmuş olduğu sanılmaktadır. Bu görkemli yaratıklar hayatlarını bildikleri gibi sürdürürken, birdenbire çevrelerindeki kum tepeciklerinden kalkan toz onları gömmüştür. (Birazdan göreceğimiz gibi, böyle eski bir cinayet sahnesini yeniden kurmak ve toz gibi kolayca gözden kaçırılabilecek bir şeyi suçlayabilmek için gereken detektiflik çalışması hatırı sayılır boyutlardadır.)

Belki de bu dinozorlar şanslıydı. On milyon yıl sonra, devasa bir meteoritten kaynaklanan ve tüm dünyayı kaplayan bir toz bulutunun etkisiyle gökyüzünün kararması ve Güneş'in kapanmasıyla birlikte, dinozor hikâyesi daha yavaş ilerleyen ancak daha kesin bir sona ulaşacaktı. Bu toz, sadece dinozorları değil, kuşları, denizlerdeki yaşamı ve küçük, öncü memeli türlerini de öldürmüştü.

Çöl tozu bugün de sorun yaratmaya devam ediyor. Tozla ilişkili bir hastalık mor deniz yelpazesi mercanlarının ölümünden sorumlu tutuluyor. Sahra Çölü'nün tozu uzun zamandır Atlantik Okyanusu'nu aşıp Karayipler'e yağmaktadır. Fakat 1970'lerde Sahra Çölü'nün güneyindeki Sahel bozkır bölgesinde yaşanan korkunç bir kuraklık gökyüzünün bu bölümünden daha fazla miktarlarda tozun akmaya başlamasına yol açtı. 1980'lerin başlarında Karayipler'e yağan tozlar kalın bir tabaka oluşturdukça bilim insanları mercan resiflerinde bir salgının baş gösterdiğini tespit ettiler. Toz istilasıyla eş zamanlı olarak iki mercan türü yok olmaya yüz tuttu, bir denizkestanesi türü çok aza indi ve mor deniz yelpazelerinde koyu renkli yumru biçimli yaralar oluştu. Biraz yoğun araştırma çabasından sonra bir bilim insanı deniz yelpazelerinde baş gösteren salgını Sahra tozundaki bir mantarla ilişkilendirmeyi başardı.

Bilim insanları artık bu tozu daha yakından inceliyor ve radyoaktif elementlerden cıvaya ve şaşırtıcı bir mantar çeşitliliğine dek pek çok şey buluyorlar. Uzun zamandır tozla ilgilenen bir araştırmacı, uzaklardan uçup gelen bu çöl tozunun, yazları güney Florida'da gökyüzünde en yaygın olarak rastlanabilecek parçacıklardan biri olduğunu söylüyor. Bunun insan sağlığı açısından da etkileri olabilir.

Sağlık uzmanları bazı tozların insanlar için ölümcül olabileceğini zaten biliyor. ABD kentlerini havada kirlilik yaratan toz miktarına göre sıralayıp, aynı kentleri bu kez ölümcüllük sırasına koyduklarında bir eşleşme görüyorlar. Kent ne kadar tozlu olursa, ölüm oranı o kadar yüksek oluyor. Federal bir kurumun tahminlerine göre kirlilik yaratan tozlar Amerika Birleşik

Devletleri'nde her yıl 60.000 insanın ölümüne yol açıyor. Bu kitlesel cinayet vakasında en can alıcı soru şu: Cinayeti *hangi* tozlar işliyor?

Bazı tozların öldürücü olduğu *aşikârdır*. Örneğin kömür tozu, Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl 1500 madencinin ölümüne yol açıyor. Dövülmüş kuvars tozu bu ülkede 250 madencinin, püskürtme kum temizliği işçisinin ve başka kollarda çalışan işçilerin ölümüne neden oluyor. İğne şeklindeki asbest tozları ölümcül akciğer ve bağırsak kanserlerine yol açıyor. Fakat bu tozların hiçbiri kentlerde havada kalın bir tabaka oluşturmuyor. Belli ki işin içinde başka bir şey var. Kendi yarattığımız minicik kimyasal tozlar aleyhine kanıtlar birikiyor.

Evlerimizin içinde bulunan tozlar da dışarıdakiler kadar hem iyi, hem de acımasız olabilir.

Kanepenin altında ve buzdolabının arkasında biriken toz pamukçukları, uzay elmaslarından Sahra tozuna, dinozorların kemiklerinden modern oto lastiklerinden çıkan kauçuk parçalarına kadar her şeyi içeriyor. Ama aynı zamanda, zehirli kurşun ve uzun zaman önce yasaklanmış böcek ilaçlarını, tehlikeli küfleri ve bakterileri, kansere neden olan duman parçacıklarını ve temizlik adına evlerimizin her yerine bilmeden dağıttığımız bütün kimyasallardan bir miktar da içeriyorlar. Toz pamukçuklarının içinde alerjiye sebep olan ve toz akarı denilen mayt parçacıkları, maytların kendileri ve yırtıcı maytlarla, onları izleyip öldüren yalancı akrepler kaynaşıyor.

Bunun yanı sıra ev tozu, çocuklar arasında yaygın olan kurşun zehirlenmesinin de sorumluluğunu kısmen taşıyor. Çocuklar halının üstünde, özellikle de eskimiş, tozlu halıların üstünde emeklerken ıslak, küçük avuçları toz toplar. Sonra bu avuçlarını ağızlarına sürerler. Çocuğun kanında ne kadar kurşun bulunacağına dair en iyi göstergelerden biri halı tozu numunesinin içerdiği kurşun miktarıdır.

Tuhaftır, eğer ev tozunu kirleten kimyasallar ve metaller olmasa, toz pamukçuklarımızı *sevmemiz için* neden olabilirdi. Alerji uzmanları yıllardır bazı hastalarına doğrudan elektrikli süpür-

genin torbasından alınıp damıtılmış tozlarla aşı yapıyor. Bu tuhaf tedavinin başarısının sırrı bilinmiyor olsa da, alerji uzmanları bunun toz alerjilerini yatıştırdığına yemin ediyorlar. Tozla ilgilenen bilimlerin tamamında en dikkat çekici araştırmalar, artık tozlu evlerle *sağlıklı* çocuklar arasında bir bağlantı bulunduğuna işaret ediyor. Gelişmiş ülkelerde çocuklar arasında bir astım salgını patlak veriyor. Fakat bir dizi araştırma da, tozlu, mikroplu evlerde emekleyip parmaklarını emen bebeklerin bu solunum hastalığına yakalanma ihtimalinin daha düşük olduğunu gösteriyor. Doktorlar, ev tozunda bulunan bir şeyin, bebeğin bağışıklık sistemini güçlendirdiğinde ısrar etmektedirler.

İçeride ya da dışarıda olsun, tozdan kaçınmak mümkün değildir. Bu tozun harika bir parçası ise, geçmişimizin sırlarını taşıyor.

Etrafımızda dönen tozun bir kısmı, milyonlarca yıl önce uzaklarda çarpışan asteroidlerden gelmektedir. Bir kısmı da, birkaç yıl ya da birkaç yüzyıl önce Dünyamızın yakınından geçmiş olabilecek kuyruklu yıldızlara aittir. Hâla o antik yıldız tozu zerreciklerini taşıyan bu maddeler, günde bir metrekareye bir zerre oranında Yeryüzü'ne düşmektedir.

Bu olağanüstü tozlar kozmik geçmişimizin sırrını taşıdığından, bilim insanlarının onları yakalamak için çok büyük çabalar harcadıklarını görüyoruz. Mikroskobik boyutlardaki bu zaman kapsüllerini yakalamak mücadelenin ancak yarısıdır: duman halinde oluşacak kadar küçük boyutlardaki bu parçaları analiz etmek kimi zaman imkânsızdır. Fakat tozla ilgilenen bir araştırmacı ne zaman bir uzay tozu parçacığının kimyasal parmak izini çıkarsa, dünyamızın kökenlerini anlamaya o kadar çok yaklaşmaktadır.

Geçmişimizin sırrı budur.

Geleceklerimizin – kişisel, *bireysel* geleceklerimizin – sırrı da göze görünmeden burnumuzun dibinde dolaşıp durmaktadır. Nasıl bugün dinozorların tozu havada uçuşuyorsa, bizim de çürümüş varlığımızın tozları öyle uçuşacak. Vücudumuz toprağa

gömülürse kaçınılmaz olarak onu saran toprakla birleşecektir. Yüzlerce, hatta milyonlarca yıl sonra, erozyon nedeniyle mezarımız açılacak ve biz de dünyaya saçılacağız. Eğer yakılır ve küllerimiz havaya saçılırsa tozlaşmaya giden yolumuz da hızlanmış olacaktır.

Bugün bazı insanların, toz haline dönüşmekten kaçınmak için giriştikleri en kahramanca çabalar bile kaçınılmaz olanı erteleyemeyecektir. Bir ceset Dünya'nın sonu gelene dek varlığını sürdürse de geleceği toz olmaktır. Artık tartışılmayan bir görüşe göre Güneş birkaç milyar yıl içinde yavaş yavaş yok olacak ve bunun yan etkisi olarak gezegenimiz fırına girmiş gibi kızaracak. Bir zamanlar dünyamız olan duman bulutu güneş rüzgârlarına kapılarak, tozlu galaksi içinde savrulup gidecektir.

2. Bölüm

Yıldızların Hayatı ve Ölümü

1054 yılında muhtemelen taştan inşa edilmiş yüksek bir gözlem kulesinin üzerine çıkmış Çinli bir gök bilgini, semaya baktığında hayretten donakalmıştı. Yaz ortasıydı, öğle saatleriydi. İşte, dünyanın masmavi kubbesinde, kırmızımsı beyaz bir yıldız parıldıyordu. Gece olduğunda ise, bu tuhaf yıldız biraz daha kuvvetle ışımaya devam etmişti. Ayrıntılı gökyüzü haritaları ve dönen semaları temsil eden iç içe geçmiş metal halkalar gibi aygıtlara sahip olan Çinli gök bilginleri, bu tür "konuk yıldızların" belirişini bin yılı aşkın bir süredir hiç şaşmadan kayıt altına alıyorlardı. Yıldızların arasında dolaşan ya da aniden parlayıp kaybolan bu parlak gezginlerin önemli bir mesaj taşıdığını seziyorlardı. Ama neydi bu mesaj? Çinli gözlemci geleneklere uyarak yıldızı elinden geldiğince yorumlamaya çalıştı.

Satırları "Naçizane, bir konuk yıldızın belirdiğini gözlemledim," diye başlıyor; İmparator'un gururunu okşayacak bir yo-

rumla son buluyordu: "... Konuk yıldızın Pi'yi aşmaması ve tam anlamıyla parlak olması çok değerli bir insanın varlığına işaret etmektedir."

Ama daha raporunun mürekkebi kurumamıştı ki, konuk yıldızın ışığı zayıflamaya başlamıştı. Sonbahar geldiğinde yıldızın ateşi artık gündüz göğünde yanmıyordu. Bir sonraki sonbaharda ise yıldız gece göğünde bile zorlukla görülebilecekti.

Böylece gök bilginimiz dikkatini daha parlak nesnelere yöneltmeye başladı; bir konuk yıldızın en anlamlı mesajlarından birinin tam da sönüp gidişinde yattığını fark etmemişti: Misafir yıldız kendini kara tozların içine gömüyordu.

Artık biliyoruz ki, bu saçılan toz bir sonraki kuşak yıldızlara gebe kalacak olan devasa rahimlerin içinde toplanır. Bu toz rahimlerinin kalıntıları yuvarlanıp ayağımızın altındaki gezegen gibi kayalık gezegenler haline gelirler. Çok daha ürkütücüsü, şekerden elmasa dek her şeyle pırıldayan bu zerrecikler, doğanın, içlerinde hayat verme becerisine sahip molekülleri inşa ettiği minicik fabrikalar olabilirler.

Bu tozda, kökenlerimizi buluyoruz.

♦♦♦

Yaklaşık bin yıl sonra Hollandalı bir gök bilgini, Çinli gök bilgininin kayıtlarının üstündeki Yeryüzü tozunu silkeledi ve bir süreliğine beliren konuk yıldızın yerini tespit etti. Teleskopunu doğrulttuğunda kendini, galaksimiz Samanyolu'nda Dünya'dan 7000 ışık yılı uzakta bulunan ve gayet iyi bilinen Yengeç Nebulası'na bakarken buldu. Bu konuk yıldızın bir süpernova, yani olağandışı büyüklükte bir yıldızın patlaması olduğu sonucuna vardı.

Bu yıldızın kısa sürse de, görkemli bir hayatı olmuştu. Hayatına basit gazlardan oluşan, bir tutam da toz katılmış ve tamamı dokuz elementten oluşan dev bir top olarak başlamıştı. Ama sadece birkaç milyon yıl sonra yıldızın merkezindeki ocak, yakıtının çoğunu tüketmişti. Yıldız sarsıldı ve dışındaki gaz katmanını

silkinip attı. Bunun hemen ardından da merkezindeki ocak patladı, şiddetli bir biçimde dışarıya doğru halka halka yayılan bir şok dalgası, yüzen gaz katmanlarını yuttu. Bu şokun şiddetiyle de bazı gazlar değişip tuhaf yeni atomlar haline geldiler; bunlar platinyum, altın, titanyum ve uranyumdu.

Patlamayı izleyen aylarda, karışık buharlardan oluşan ve yeşil, mavi ve kırmızı ışıklar saçan içiçe geçmiş katmanlar, rastgele biçimlerde parçalara ayrıldılar. Uzayda hâlâ saatte milyonlarca kilometre hızla dolaşan bu parçalar küçülüp ayrı ayrı bulutlar haline geldiler. Buharlaşmış elementler soğurken sıkışıp kimyasal olarak cama benzeyen silikat tozu ile altın, radyoaktif uranyum, europium, platinyum ve elmas tozları gibi minicik toz zerreleri halini aldılar.

Kabul etmek gerekir ki bu son saydıklarımız müzelerdeki parçalardan birkaç kırat daha düşüktü. Patlamış bir yıldızın katmanlarında karbon bol miktarda bulunmadığından, mikro elmaslar biraz çabuk büyümüş olsalar gerek. Büyük patlamayı izleyen birkaç yüz gün boyunca muhtemelen her beş saatte bir yeni bir karbon atomu toplamışlardı. O zaman da karbon atomları sayıca azalacak ve bu küçük mücevherlerin heveslerini kursaklarında bırakmış olacaklardı. Bir gök bilgini, eğer bakterilerin nişan yüzüğüne ihtiyacı olsaydı, uzay elmaslarının bu iş için biçilmiş kaftan olacağını ileri sürmüştü.

Ama elmas tozu yükselirken bile diğer tozlar yoğuşarak birikmeye devam ediyordu. Kalınlaşan toz bulutu, her gün konuk yıldızın parlayan enkazını biraz daha karartıyordu. Patlamadan birkaç yıl sonra, tozlaşmış grafite ve cama benzer yeni tozlar karanlık bir sis gibi dönüp duruyordu. Bunda heyecanlanacak bir durum yoktu: Tek tek 200 tanecik, yan yana durduklarında ancak bir insan saçının genişliğinde oluyordu. Elmaslar da parıldayamayacak kadar minikti. Yine de bu tozu parlak bir gelecek bekliyordu.

Bugün Yengeç Nebulası, ortasından kırmızı iplikler geçen yarı şeffaf yeşil bir yumurtaya benzemektedir. Toz pıhtı ve urganlarıyla kararmış görünür. Minnesota Üniversitesi'nde bu nebula-

nın bileşimiyle ilgili öncü araştırmalar yapan gök bilimci Kris Davidson, Yengeç'in toz ürettiği günler muhtemelen sona ermiş olsa bile, toz *saçma* çağının henüz yeni başladığını söylemektedir.

Davidson, "Değişmez kural gereği 1000 Kelvin'in [726 santigrat derece] altına inildiğinde toz kendiliğinden oluşur," demektedir. "Tahminime göre, Yengeç Nebulası çok sıcak bir nebulaydı. Bu yüzden de toz muhtemelen patlamadan birkaç yıl sonrasına dek oluşmaya başlamamıştır. Yüz yıl sonra ise *ciddi* oranda toz oluşumu tamamlanmış olmalıdır."

O patlamayı izleyen bin yıl boyunca Yengeç Nebulası tozlarla lekelenmiş bir balon gibi kabarıp durdu ve çapı 112 trilyon kilometreye ulaştı. Davidson buna rağmen gücünün daha hâlâ tükenmediğini söylemektedir.

Davidson, "Normalde süpernova kalıntıları başka gaz bulutlarıyla karşılaştıklarında durur lar," demektedir. "Ama Yengeç Nebulası tek başınadır ve galaksi düzleminin 500 ışık yılı yukarısındadır. Bu yüzden de bir yarısı galaksiler arası uzaya doğru genişlemeyi sürdürecektir. Diğer yarısı ise 30.000 ilâ 100.000 yıl içinde galaksi düzlemiyle çarpışabilir."

İnsanın zaman ölçeğinde Yengeç Nebulası gibi ışıltılı misafir yıldızlara ender rastlanır. Galaksimizde bin yıldızdan yalnızca biri süpernova tarzı bir patlama geçirecek kadar büyüktür. Süpernovalar çok gösterişli toz üreticileri olsalar da, pek başarılı toz üreticileri değillerdir. Tozları karbon, azot ve hayatın muhtaç olduğu diğer temel yapıtaşları bakımından fakirdir.

Fakat ağır ilerleyen kozmik saatin açısından bakıldığında, hem bu dev yıldızlar, hem de daha mütevazı kardeşleri, Samanyolu'na sürekli toz baloncukları üflemektedir. Tipik bir galakside her boyuttan 100 milyar ilâ 1 trilyon yıldız bulunur ve bunların neredeyse hepsi ölürlerken uzaya bir parça toz fırlatır. Kimi zaman sağlıklı orta yaşlı bir yıldız bile bir kerelik olmak üzere sıcak atmosferinden toz püskürtür ve daha sonra olağan temiz yanma düzenine geri döner.

Bizim Güneş'imiz gibi iddiasız bir yıldız, yakıtı konusunda o kadar tutumludur ki, 10 milyar yıl boyunca yanabilir. Ama so-

nunda o da kabaracak ve yeni ortaya çıkmış atomlardan oluşan sıcak kabuklarını savurup atacaktır. Bizimkisi gibi mütevazı ve çok sayıdaki yıldızlar, hiç de gösterişe kaçmadan, evrendeki karbon tozunun büyük bölümünü ve bunun yanı sıra strontiyum, itriyum, baryum ve alüminyum gibi elementleri de oluştururlar. Aslına bakarsanız elmas yerine uğurlu doğum taşını isteyen bir bakterinin, bunu daha mütevazı bir yıldızın ölümcül tozlarında araması doğru olurdu. Burada, ne ölçüde katışık olduğuna bağlı olarak Dünya'da yakut ya da safir olarak bilinen alüminyum oksit zerreciklerinden bol bol bulabilir.

Sönmüş bir yıldızın kömürleşmiş *çekirdeği* bile onsuz yapamayacağımız tozlar üretebilir. Zaman zaman, bu ağır "beyaz cüce yıldızlar" gazını çalmaya başlamak için yakınlarındaki bir yıldıza yaklaşacaklardır. Hırsız, nihayetinde kaldırabileceğinden fazla yüklendiğinde patlayacaktır. Kor gibi parlayan gaz kalıntıları soğuduğunda, kararmakta olan tozlar demir ve akrabaları olan krom, manganez, kobalt ve nikel gibi, en temel elementler bakımından zengin olacaklardır.

Davidson, Yengeç Nebulası'nın bugün muhtemelen artık yapabileceği kadar parlak tozu üretmiş olduğunu söylüyor. Artık yeni doğan toz dışarıya doğru fışkırmakta, yeni bir doğuma doğru ilerlemektedir.

Bilim insanları Yengeç Nebulası'nın tozlarının bileşiminde ne olduğunu, bu tozların doğum yerlerinden ne kadar hızla uzaklaştığını tahmin edebilmektedir. Fakat trilyonlarca kilometre uzaktaki Yeryüzü'nden bakıldığında bu tozla ilgili hâlâ tam anlamıyla tespit edilememiş bazı ayrıntılar vardır.

Hubble Teleskopu'nun nereye doğrultulacağına karar veren Uzay Teleskop Bilimi Enstitüsü'nün yöneticisi olmadan önce uzay tozu üzerine araştırma yapmış olan gökbilimci Steve Beckwith, "Toz iyi tanımlanmamıştır," demektedir. Beckwith alışılmamış altın renkli gözleri olan uzun boylu bir kişi,"Tanelerin tam şeklini ya da bileşimini bilmiyoruz. Küçük kürecikler midir? Sicimler hâlinde midir? Bitki benzeri şeyler

midir? Büyük çoğunluğu muhtemelen küçük kar tanesi benzeri şeylerdir."

Beckwith'in listesi tam değildir. Bir düşünce tarzına göre, ortalama bir uzay tozu parçacığı soluk, camsı bir madde ya da siyah grafit tanesidir. Bir başka ekolse üzeri bilinmeyen, organik moleküllerle kaplanmış camsı bir çekirdek olduğunu ileri sürmektedir. Başka görüşler camsı parçacıklar, karbon, buzlar ve organik moleküllerden oluşan kabarık bir karışım olduğu yönünde tahminler de bulunmaktadır. En özgür görüş, uzay tozunun tepeden tırnağa organik olduğunu, o kadar ki hayat potansiyeliyle dolup taştığını savunmaktadır.

Gökbilimcileri Yengeç Nebulası'ndan fışkıran tozun büyüklüğünü belirleme konusunda da sıkıntı çekmektedir. Uzay tozunun yarattığı radyasyona bakarak tozun ne kadar küçük olduğunu söyleyebilmektedirler: Duman denebilecek kadar küçüktür. Peki ama uzay tozu ne kadar büyüyebilir? Radyasyondan bu konuda bilgi edinmek mümkün değildir. Tozla ilgilenen bilginlerden birinin şikâyet ettiği gibi, "Bazı tozlar gerçekten de bir Toyota büyüklüğünde olabilir, ama bunu bilemiyoruz."

Fakat ortalama bir toz zerresinin portresi yavaş yavaş ortaya çıkmaktadır. 1998'de John Glenn'i yukarıya taşıyan uzay mekiğinde, uzayı taklit eden bir madeni kapsül de bulunuyordu. Kapsüle özenle hazırlanmış bir toz zerresi bulutu enjekte edilmişti. Elektronik monitörler izlerken, mikroskobik boyutlardaki tanecikler kendi aralarında kısa, dallanan bağlantılar kurdular. Ne yazık ki dallar iyice büyüyemeden, serbest tozlar biraz hızlı bir biçimde kapsülün kenarlarına doğru hareket edip oraya yapıştılar. Bundan sonra yapılacak bir deneyde kapsül, tozların yapışmasını önlemek için bir çamaşır kurutma makinesi gibi iki yana yuvarlanacaktır.

♦♦♦

Bu yeni pişmiş toz neye benziyor olursa olsun, ölen her yıldızın biraz daha fazla gazı ağır elementlere çevirmesiyle birlik-

te bu tozdan da galaksiye her gün biraz daha fazla dağılmaktadır. Bu yüzden uzay hiç de boş değildir. Çok, hem de çok tozlu bir yerdir.

Uzayın derinliklerine gidip, burada 100 metreküplük bir uzay parçası belirlemiş ve buradaki toz taneciklerini saymış olsaydınız sadece 20 mikroskobik zerrecik bulabilirdiniz. Fakat ölçeği daha iyi kavramak için şöyle düşünelim: Dünya ile Plüton arasındaki kısa uzaklıkta 100 metre genişlikteki küplerden 63 milyarı yer alabilir. Her küpte 20 toz taneciği olduğuna göre, toz taneciklerinin gittikçe sayısı artar. Gökbilimciler teleskoplarını nereye çevirirlerse çevirsinler karşılarına bir toz bulutu çıkacaktır.

David Leckrone, Hubble Uzay Teleskobunda çalışan NASA'nın proje bilimcilerindendir. Okul otobüsü büyüklüğündeki bu teleskop gözlerini evrene ilk açtığında Dünya'daki aletleri kör eden aynı toz bulutuyla karşı karşıya kalmıştır. Maryland'deki bürosunda benimle konuşurken masanın kenarına ilişmiş olan Leckrone gümüşsü saçlarıyla, kediye benzer, çevik bir adam. Bizim galaksimiz olan Samanyolu'nun bir fotoğrafını çıkarıyor. Bu karanlık ve bulanık, bizim gezegenimizin bulunduğu yerden, dış çeperin yakınından galaksinin merkezine bakan bir görüntüdür. Yıldızlar ancak birer toplu iğne ucu kadar bazen de şişkin ışık kümeleri gibi görünüyor.

Fotoğrafa biraz hayal kırıklığı taşısa da beğenen bir bir gülümsemeyle bakan Leckrone "Bütün tozu ortadan kaldırabilseydiniz eğer, bu baştan aşağı ışıklı bir görüntü olurdu," diyor.

Bütün bu toz dediği, Çinli konuk yıldız benzeri yıldızların enkazının birikiminden oluşuyor. Bu tozun geleceğinin hikâyesi de, bizim dünyamızın geçmişinin hikâyesidir. O zaman kozmik saati birkaç milyar yıl *geri* alalım ve teleskopumuzu güneş sistemimizi kuran toz bulutuna odaklayalım.

Altı ya da sekiz milyar yıl önce, daha Dünya'nın doğmasına çok varken, misafir yıldızlar çok boldu. Onların ışıltılı ziyaretlerine tanık olacak gözler yoktu. Daha hiçbir fırça mürekkebiyle onların Samanyolu'ndaki konumlarını tanımlamamış-

tı. Ne anlam taşıdıklarına dair tahmin yürütecek bir kimse ortada yoktu.

Kozmik zaman aktıkça konuk yıldızlar bir havai fişek gösterisinin ağırlaştırılmış çekimi gibi parıldayıp söndüler. Milyonlarca yıl boyunca hem konuk yıldızlar, hem de daha sönük ve gösterişsiz yıldızlar sürekli toz püskürttüler.

Yaklaşık 5 milyar yıl öncesinin, güzel bir kozmik öğleden sonrasında, şiddetli galaktik rüzgârlar bu tozu süpürürken biraz fazlaca miktarını bir yığın haline getirdi. Patlamalar galaksinin her yanına yıkıcı radyasyon fırtınaları göndermeye devam ediyor olsa da, bu toz yığını o kadar büyüktü ki, darbelere dayanabiliyordu. Patlamalar, onun karanlık derinliklerinde fark edilmiyordu bile.

Bu yığın, galaksimizdeki bu tür pek çok toz kümesinden bir tanesiydi; galaksimiz hâlâ bu kümelerle doludur. Boğa ve Avcı takımyıldızlarının her biri devasa siyah bir buluta ev sahipliği yapar. Özetle, Samanyolu'nun yaklaşık 4000 devasa toz bulutuna ve bundan da fazla sayıda daha küçük boyutlarda kümelere ev sahipliği yaptığını belirtelim. Artık bu toz yığınlarının galaksideki en büyük nesneler olduğunu biliyoruz. Bazıları 300 ışık yılına yani bizimle en yakın yıldız arasındaki mesafenin yetmiş katı bir genişliğe yayılabilir. Bazılarında bir milyon güneş yaratmaya yetecek kadar gaz ve toz vardır. Bilim insanları bugün bu bulutları inceleyerek bizi doğuran bulutun hikâyesini çözebiliyorlar.

Kökenlerimizin geldiği toz bulutunun büyüklüğü bir sır olmayı sürdürüyor. Fakat ilk kez bir yığın haline getirildiğinde herhalde oldukça güçsüz, yani hem gaz, hem de toz bakımından zayıftı. Yaklaşık her 16 santimetreküpünde, bizim Dünya'da soluduğumuz havanın her 16 santimetreküpünde bulunan gaz atomlarının trilyonda birinden daha az miktarda gaz atomu bulunuyordu. Bu seyrek gaz atomları bile sayı bakımından toz taneciklerini çok geride bırakıyordu.

Güneş kadar devasa bir şeyin bu sulu çorbadan büyümesi insana saçma geliyor. Fakat bu bulut akla hayale sığmayacak ka-

dar büyüktü. Her toz taneciği bir duman zerresi büyüklüğünde olsa bile, muazzam miktarlarda olduğu düşünüldüğünde küçümsenmeyecek bir güç oluşturuyorlardı. Galaksiye rahat vermeyen an radyasyon fırtınası bu toza çarpınca durmuştu.

Astrofizikçi David Leisawitz, mor ötesi radyasyonun bizim antik toz bulutumuz için özellikle tehlikeli olduğunu söylemektedir. Dave Leckrone'un Maryland eyaletinin NASA kampüsündeki yerinin karşısında duvarları uydu resimleriyle kaplanmış bürosu bulunan Leisawitz, neslinin tipik örneklerinden biri olarak kahve makinesinin çevresinde dar bir daire çizerek dönmekte ve terminoloji yüklü kesik kesik cümlelerle konuşmaktadır.

Leisawitz, bizim toz bulutumuzun etrafındaki bütün yıldızların yanarken uzaya mor ötesi ışınlar, yani UV [ultra violet] yaydıklarını anlatmaktadır. Bu radyasyonun, dünyamızın kuruluşunda temel önem taşıyan toz taneciklerini ve karmaşık molekülleri kırmak gibi özel bir becerisi var. Fakat bizim bulutumuzda, toz tanecikleri UV saldırısını geri püskürtmüşlerdi.

Leisawitz önce bir toz taneciği resmi sonra da ona yönelmiş tehditkâr ve dalgalı bir çizgi çiziyor. "Bir toz taneciği küçük bir kaya gibidir," diyor. "Kendisine çarpan UV'nin neredeyse tamamını emer." Bizim toz bulutumuzda en dıştaki toz tanecikleri, bulutun zırhı görevini üstlenmişlerdi.

Leisawitz, sıcaklığın oluşacak olan dünyaların bir başka düşmanı olduğunu söylemektedir. Bizim toz bulutumuz ilk oluştuğunda, içindeki gaz atomları hâlâ süpernova doğumlarından ötürü kızgın ısıdaydı. Yakınlardaki yıldızların sıcaklığı da ısının birkaç derece artmasına sebep olmuş olabilir. Bu gaz soğumasa, asla bir araya gelip toplar oluşturamazdı.

Leisawitz bir dalgalı çizgi daha çiziyor; bu kez çizgi toz zerreciğinden *uzaklaşıyor*.

"Toz UV'yi emer," diyor. "Ama IR [infra red] ışınlar yayar." IR kızıl altı radyasyon anlamına geliyor; kızgın kaldırımlardan yükseldiğini gördüğünüz sıcaklıktır bu. Açık bir dille söyleyecek olursak, kökenlerimizin dayandığı toz bulutu milyarlarca küçük

radyatör gibi davranarak, rahminden sıcaklık püskürtmektedir.

Bu toz bulutunun iç kısmı yavaş yavaş, evrendeki en soğuk yerlerden biri haline geldi. Büyük Patlama'dan kalan zayıf bir radyasyon akımı her şeyi en az mutlak sıfırın üstünde 3 dereceye kadar ısıttı. Bir demet mor ötesi ve kozmik ışın da dışarıdaki koruyucu toz kabuğunu aşıp sıcaklığı birkaç derece daha artırdı. Böylece toz bulutumuzun merkezi 0 derece Fahrenheit'ın altında 441 derece gibi bir soğuklukta kaldı.

Tozdan oluşan rahatlatıcı rahim yatıştı, iç kısmı serinleyip soğudu ve artık bazı şeyler bir araya gelmeye başladı.

Bulutun içindeki toz tanecikleri artık atomların birbiriyle karşılaşıp harika moleküllere dönüşmesi için laboratuvar masaları görevi görüyordu. Fakat tozun yardımıyla dahi bugün etrafımızı çevreleyen moleküllerin büyümesi çağlar boyu sürdü. Belki de tek bir gaz atomunun bir toz taneciğiyle buluşması için bir milyon yıl geçmesi gerekiyordu.

Yine de atomlar birbiri ardına soğuk birer toz taneciğinin üzerine kondular ve bir eş beklediler. Oluşan bazı moleküller, olgunlaşmakta olan karanlık toz bulutunun içinde daha büyük moleküller teşkil etmek üzere başka yerlere gittiler. Terk edilmiş toz taneciğinin yüzeyinde yeni atomlar ve moleküller oluşturdu. Bunların bazıları ev sahiplerine sıkı sıkıya bağlandılar.

Toz evrimleşti. Yüzeyinde su molekülleri dondu. Burada azot ve başka gazlar da dondular. Ara sıra içeri sızan bir mor ötesi ışını bu buzlara çarptı ve bir kimyasal reaksiyon başlatarak daha büyük moleküllerin oluşmasına yol açtı. Güneşimizi ve gezegenleri doğuran bulut daha da ayrıntılı ve gelişmiş bir hal aldı.

Ne kadar gelişmiş ve ayrıntılı olduğu ise bir tartışma konusudur. Gökbilimcilerin 2000 yılında bir toz bulutunun içinde keşfettikleri gelişim aşamasındaki şeker molekülü gibi en basit molekülleri laboratuvarda tespit edip doğrulamak mümkündür. Bunu büyük moleküller için yapmak ise zordur.

Toz bulutlarından sızan radyasyon belirtilerinden tek tek kimyasalların "parmak izlerini" tespit etmeye çalışan, İngiliz asıllı NASA araştırmacısı Emma Bakes, "Şu ana kadar *doğrula-*

nan en büyük molekül, 11 atomlu bir moleküldür," diyor. "*Seksen* karbon atomu bulunan moleküllerin var olduğundan oldukça eminiz. Ama bunu doğrulamak son derece zor." Tek tek parmak izlerinin ayıklanması yıllar alabilir.

Bakes'in meslektaşı Max Bernstein farklı bir yaklaşımı benimsemiştir: Laboratuvarında deneysel bir uzay tozu bulutu yaratıyor ve ortaya çıkan şaşırtıcı biçimde tanıdık gelen molekülleri incelemektedir. İnsan yapımı tozun yüzeyini çeşitli buzlarla kaplıyor ve bu kaplamaya, kökenlerimizin dayandığı toz bulutunun içine seyrek olarak girmiş olabilecek mor ötesi radyasyonun aynısını uygulamaktadır.

"Radyasyon moleküller arasındaki bağları koparıyor, fakat buzun içinde donmuş olduklarından hiçbir yere gidemiyorlar. Sonra ısındıkça başka parçalarla yeniden bağ kuruyorlar ve daha karmaşık moleküller oluşturuyorlar." diye ifade etmektedir Yüksek teknolojiye dayalı bu toz bulutundan ketonlar, nitriller, eterler ve alkollerin yanı sıra ılık, asitli suya batırıldığında amino asit üreten karbon bakımından zengin bir molekül çıkmış. Geleneksel olarak bilim adamları, amino asitlerin yalnızca sıvı suda yapılabileceğini düşünüyorlardı. Fakat Bernstein'ın yaptığı deneyler suyun bulunmadığı zamanlarda, buzlu tozun da işe yaradığını göstermektedir. Bernstein temkinli bir tavırla, "Son derece cesaret verici sonuçlar alıyoruz," demektedir. "Amino asitleri gerçekten *görüyoruz*."

Üçüncü bir NASA görevlisi Jason Dworkin, uzay tozu molekülleri üzerinde çalışmaktadır; bu moleküller suya bırakıldığında hemen toparlanıp içi boş, su geçirmez küreler oluşturuyorlar. Bernstein "Bütün hayat zar içinde gelişir," demektedir. "Zar çok arzu edilen bir şeydir."

Tozda oluşmuş özel bir grup molekülün hücre gibi davranabileceği–bir şekilde hücre haline gelebileceği– fikrinin dünyamız ve başka dünyalar açısından yaratacağı sonuçlar olabilir. Kökenlerimizin dayandığı toz bulutunun içinde bu yetenekli kimyasallar teşekkül ettiyse eğer, *başka her* uzay tozu bulutunun içinde de oluşabilirler. Bu yüzden evrende nerede toz varsa –ve

toz her galaksiyi karartır – hayat potansiyeli de vardır.

Toz zerrecikleri mineraller ve metal parçacıklarının oluşturduğu gevşek kümelere, tuhaf moleküllere ve çeşitli buzlara dönüşürken yakınlardaki herhangi bir yıldızın patlaması rahimde bir delik açmış olabilirdi. Yakınlardaki bir yıldızın sebep olduğu şiddetli rüzgârlar bile rahmin aşınmasına yol açabilirdi. Büyüyen toz zerrecikleri buna maruz kalmış olsalardı, kimyasal kabuklarını kaybederek, birbirlerinden ayrılmış olurlardı. Bu olağan bir vakadır. Belirli bir toz zerreciğinin, sonunda soğuk bir bulutun merkezine savrulup bir yıldız doğumunun girdabına kapılmadan önce, bir milyar yıl boyunca on farklı toz bulutuna katılabileceği hesaplanmıştır. Fakat bu kez tozlar birbirine sarılmış ve kopmamışlardır. Böylece Dünya'daki herkesin bütün atomları korunmuştur.

Bugün kimyacılar kozmik tarihimizi uzay tozunun yüzeyini inceleyerek okurken, gökbilimcilerin de ekleyecekleri şeyler var. Teleskoplarıyla, tozu doğum yaparken yakalayabilmişler. Yepyeni yıldızların tozlu rahimlerden dışarı çıkma mücadelesi verdiğini izlediklerinden, artık bizim Güneş'imizin doğuşunun hikâyesini anlatabiliyorlar.

Hubble'la çalışan araştırmacı Dave Leckrone, "Toz yıldızların ortamıdır," diyor. "Yıldızlar karanlıkta doğar."

Tozlu Samanyolu'nun resmini bir yana bırakan Leckrone, Hubble'ın çektiği, Dünya'dan 7000 ışık yılı uzakta engin bir toz bulutu olan Kartal Nebulası'nın bir köşesini gösteren fotoğrafı çıkarıyor. Arkasından solgun bir yıldız ışığı alan nebula tozla dumanlanmış, siyah ve şişirilmiş lastik bir eldivenin parmakları gibi görünüyor.

Yakından bakıldığında karanlık parmaklarda birkaç solgun kırmızı közün pırıldadığı görülüyor. Bunlar hâlâ ağır toz rahimlerin içinde sarmalanmış olan genç yıldızlar.

Kalın bir toz bulutu olmadan bir yıldız oluşamaz. Ne yazık ki yine bu rahimler normal teleskopları, embriyon halindeki yıldızlar hakkında bilgi toplamada iş göremez duruma getirirler. Bi-

lim insanları bu sorunu ancak 1980'lerde çözebildi. Görünür ışık dalgalarının tersine, daha uzun olan kızılötesi radyasyon dalgaları tozun içinden dosdoğru geçebilir. Astronomlar teleskopları kızılötesi ışınları toplayabilecek niteliğe getirdiklerinde kendilerine yıldızlar arası sonogram makineleri yapmış oldular.

Leckrone başarının mutluluğuyla Avcı Nebulası'nın iki fotoğrafını gösteriyor. Hubble'ın ilk kameralarından birinin çektiği birinci fotoğrafta nebula yoğun bir sis gibi mat görünüyor. Fakat Hubble'a astronomların yerleştirdiği bir kızılötesi cihazı tarafından çekilen ikincisinde, nebula yepyeni yıldızların pırıltılı yuvası gibi görünüyor.

Bundan yalnızca 200 yıl önce toz bulutları "gökyüzündeki delikler" olarak kabul edilip önemesenmezdi. Şimdi Leckrone ve meslektaşları, siyah toz bulutlarından "yıldız doğumhaneleri" diye bahsediyor. Ve bize kendi Güneş'imiz ve Dünya'mızın da aynı yolla, tozlu bir zarfın içinde şekillendiğinin güvencesini verebiliyorlar.

Kökenimizdeki o devasa bulutun soğuk merkezinde, Güneş'in ilk işareti gaz ve toz çorbasının belli belirsiz bir biçimde koyulaşmış olsa gerek. Bu güneş çekirdeğinin boyutlarını gözünüzün önüne getirebilmek için bu çağdaki Güneş'imizi bir kum tanesi olarak düşününüz. Buna kıyasla, onu doğuracak olan bu yoğunlaşmakta olan rahim yaklaşık bir buçuk kilometre genişliğindeydi. Güneş'in çekirdeği yavaş yavaş büzüştü, içindeki çorba yoğunlaştı. Bu çekirdek küçüldükçe, kütleçekim onu o kadar daha kuvvetle çekiyor ve daha da küçülmesine neden oluyordu. Gazlar basınç altında ısındığında ve genişleme tehdidi yarattığında, toz ısıyı dışarıya yaymaya başladı. Henüz bir milyon yıl geçtiğinde çekirdek o kadar yoğunlaşmıştı ki, kütleçekim birden üstün gelmeye başladı. Çekirdek küçülüp bir top haline geldi. Ne var ki en dıştaki tabakalar direniyor, yeni "yıldızsı"nın çevresinde kalın, koyu renkli bir kabuk oluşturuyorlardı. 4,5 milyar yıl önce, bir astronom bu olanları izliyor olsaydı, görüp göreceği sadece çapı bir ışık yılı uzunluğundaki bu devasa kara kabuk olurdu.

Fakat bu kabuğun derinlerinde, soğuk ve tembel bebek Güneş her birkaç milyon yılda, bir tam dönüş yapıyordu. Kütle çekim topu sıkıştırıp küçülttükçe güneş, tıpkı kollarını göğsüne saran bir buz patencisi gibi daha hızlı dönüyordu. Durmadan artan basınç, gazı tozun soğuttuğundan daha hızlı ısıttığında, Güneş ısınmaya başladı ve ışık saçan bir ısıya ulaştı.

Peki ya toz rahimden arta kalanlar ne oldu? Kökenlerimizdeki toz bulutunun çok büyük mü, yoksa orta büyüklükte mi olduğu konusunda astronomların hiçbir fikri yoktur. Bu bulut Güneş'e onlarca kardeş doğurmuş olabilir; belki de bunlar aradan geçen yıllar içinde uzaklaşıp gitmişlerdir. Belki kocaman bir kardeş doğurmuştur, o da hemen bir süpernova olmuş, kökenimizdeki toz bulutunu parçalamıştır. Bunu hiçbir zaman öğrenemeyebiliriz.

Bir zamanlar Güneş'i içinde saklayan küçük toz kabuğuna gelince, bu tozun bir kısmı Güneş sonunda alev aldığında uzaya dağılmıştır. Fakat bir parçası geride kalmış, yeni yıldızı, geniş ve dolgun bir halka gibi çevrelemiştir.



Güneş şekillenirken bu halkanın içindeki toz taneleri de büyümüşlerdir. Mikroskobik boyutlardaki kayalardan, metal parçacıklarından, moleküllerden, safirlerden, camdan ve elmaslardan oluşan koyu renkli toz Güneş'in etrafını sarmış; yörüngede dönen bir gaz nehri haline gelmiştir.

Kozmik saatle değerlendirildiğinde bu, göz açıp kapayıncaya dek gezegenlere dönüşecek bir nimetti. Ama bir toz taneciğinin açısından, uzun ve şiddetli bir mücadeleydi. Gezegenlerin oluşum sürecinin başlarında toz çılgınca döneniyordu, tıpkı fırtınanın ortasında kalmış çakıl taşları gibi. Taneciklerin birçoğu öyle büyük bir şiddetle çarpıştılar ki, çarpışmanın etkisiyle birbirlerinden ayrıldılar. Sonunda, aynı yöne gitmekte olan iki tanecik birbirlerine hafifçe dokunmayı başardılar ve böylece birbirlerine bağlandılar.

Büyüklüğü iki katına çıkan bu yeni toz taneciği kalın halkanın içinde yuvarlanarak yoluna devam etti. Her yerde parçacıklar birbiriyle çarpışıyor, yeniden sıçrıyor, gene çarpışıyor, yeni bağlar oluşturuyor ve büyüyordu. Bu çifte toz taneciğinin üzerinde bir su damlacığı dondu. Bir başka toz taneciği de bu ikiliye katıldı. Sonra bir başkası. Büyümekte olan toz topu 100.000 toz taneciği topladığında, görünür olmanın eşiğine gelmiş, bir saç kılının onda biri büyüklüğüne ulaşmıştı.

Güneş, bir yeni yetmenin öfkesiyle harekete geçip de bir ateş dalgası kalın halkanın her tarafını sardığında, ümit vaat eden bu tanecik de hızla büyümekteydi. Tozun bir kısmı, derhal eriyip buharlaştı. Diğer tanecikler yarı yarıya eridiler, sonra sertleşip şeker kristali büyüklüğünde kırmızı-siyah parlak renkli ve gökkumu (chrondrule) adı verilen boncuklar haline geldiler. Kriz çabucak geçti, boncuklar ve toz yeniden birleşmelerini sürdürmeye devam ettiler. Yüzyıl geçtiğinde bizim hırslı toz taneciğimiz yaklaşık bir metre genişliğe ulaşmıştı. Bu kaya kütlesi ve sayılamayacak kadar çok benzeri toz toplamaya devam ettikçe, bulutların içinden daha fazla gün ışığı sızıyordu. Tozlu halka yassılaşıp bir disk halini almıştı. Toz kayaları Güneş'e en yakın yerde toplandılar. Diskin ortalarına doğru gazlar kümeler oluşturup pıhtılaşarak devasa gaz gezegenlerini oluşturdu. Diskin soğuk, dış kenarında ise, toz çok miktarda buz kristaliyle birleşerek pek çok küçük toz topları oluşturdu; bunlar kuyruklu yıldızlardı.

Kayalık toz bölgesinde, toz kayamız başka kayalarla birleşmeyi sürdürüyordu. Çapı bir buçuk kilometreye ulaştığında, bu Dünyacık resmen bir "gezegensi" haline gelmişti. Ancak bin yılda bir diğer gezegensilerle karşılaşıyordu; fakat benzer yörüngeler izliyor olmaları ve kütle çekimle birbirlerine doğru yaklaşmaları, parçalanmak yerine birleşme ihtimallerini artırıyordu. Tabii bu sözler, bu birleşmelerin yumuşak olduğu anlamına gelmiyor. Bunlar, büyük toz taneciği bulutlarını eritip birbirine karıştıracak kadar güçlü birleşmelerdi. Mineraller ve metaller katı kayanın bildiğimiz dokusuyla yeniden sertleşiyordu.

20.000 yıl sonra iç güneş sistemi, Ay büyüklüğünde yüzlerce cisimle doldu, aralarında Dünyacık da bulunuyordu. 10 milyon yıl sonra Güneş'in etrafında dönen ancak bir avuç devasa top kalmıştı. Dünya, Mars, Merkür ve Venüs kalan bütün gezegensileri temizlemişler, geride ancak Mars ile gazsı Jüpiter arasında yörüngede dönüp duran bir grup taşlı asteroid bırakmışlardı.

Dünya'yı oluşturan uzay tozu artık tanınmayacak kadar değişmişti. Bir milyon yıl kadar önce doğmuş olan toz taneciklerı artık sonu gelmeyen çarpışmalar ve travmatik süpernova doğumu sonrasında hâlâ "sıcak" olan radyoaktif atomların etkisiyle erimişlerdi. Tanecikler erirken, onları oluşturan bileşenlerin bazıları ayrılıp tek başlarına kalmışlardı: Demir ve nikel tozunun büyük bölümü Dünya'nın merkezine inmişti. Daha hafif kaya tozları yükseliyor, soğuyup bir kabuk oluşturuyorlardı. *Gerçek* hafif elementler –buzlar, karbon, hatta canlıya benzer hayret verici bileşikler– kabuğun üstünde toplanıyordu. Bu değerli moleküller ve gazların bazıları yeni güneş rüzgârlarıyla tamamen uçup gitmiş olabilir.

Bir düşünceye göre, Dünya'nın en hafif bileşenlerinin o kadar fazlası uçup gitmişti ki, son dakikada gelen erimemiş tozlar olmasaydı, burada hayat doğamayacaktı. Talihe bakın ki, eski toz diskinin en kenarında kuyruklu yıldızlar dolanıyordu. Çok daha ötede, belki de büyük bir Oort bulutu kuyruklu yıldızı kalabalığı da oradan geçmekte olan bir yıldızın kendilerini Güneş'e doğru ittirmesini bekliyordu. Anlaşılıyor ki, bütün bu kuyruklu yıldızlar, zengin organik tozlarını güvenli bir biçimde soğuk depolarda bekletiyorlardı. Arada bir Güneş'in yanından uçup geçen bir buz topunun analizi, kuyruklu yıldızların muazzam sayıda organik molekül içerdiğini, bu moleküllerin bir kuyruklu yıldızın yaklaşık üçte birini oluşturabileceğini düşündürüyor. Kızgın güneşin çok yakınlarında oluşmuş toz birikintileri olan kaya halindeki asteroidler bile başlangıçta kendilerini oluşturan toz taneciklerindeki suyu moleküllerinin ve organik moleküllerin bir kısmını korumayı başarmış olabilirler. Düşen meteoritlerin taş iç kısımlarında bir süre önce su ve suyu işaret den buluntulara rastlanmıştır. Bu te-

ori şöyle devam eder: Eriyik halindeki Dünya soğuduktan sonra, bir kuyruklu yıldız yağmuru kırılgan yüklerini gezegene bıraktı. Su, gazlar ve hayat yaratabilecek moleküller yeni yeni sertleşmekte olan zemine çarpmaya başladılar. Daha sonra dünyadaki moleküller ile gökten yağanlar yaşamı oluşturmak için bir araya geldi.

NASA'da görev yapan toz kimyageri Max Bernstein, serbestçe dolaşan toz taneciklerinin bile, önemli bir değerli molekül kaynağı olabileceğini söylüyor. "Bazı gezegenler arası toz parçacıklarının ağırlıkları itibarıyla yüzde ellisi organik maddeden oluşur. Kimse tozdan amino asit çıkarmamıştır, çünkü tanecikler insanı çıldırtacak kadar küçüktür. Fakat meteoritlerde amino asit bulunduğunu biliyoruz, bu yüzden toz parçacıklarında da bulunduklarını varsayalım. Bu toz parçacıklarının tonlarcası her gün Dünya'ya yağdığı için, toplanıp birikmişlerdir."

Laboratuvarda yapılan simülasyon çalışmaları bu canlıyı andıran kritik önemdeki moleküllerin yüzde biri ilâ onunun atmosfere girmenin ve atmosferik etkilerin şiddetinden sağ salim çıkabildiğini göstermiştir.

Hâlâ Güneş'in çevresinde dönen çok ince bir toz bulutu, toza neler borçlu olduğumuzu bize sürekli hatırlatır. İtalyan gökbilgini Giovanni Cassini'nin 1683'te, bazı günler şafak vakti ve akşamları ufukta beliren parlayan bir üçgen olarak tanımladığı bu "zodyak ışığının" parlak bir parçasını nadiren de olsa görebilirsiniz.

Bu zodyak tozunun büyük bölümü yeni gerçekleşen sürtünmeyle oluşmuştur, ama yeni oluşmuş değildir. Asteroidler muhtemelen gezegen boyutlarına erişme yarışını kaybetmiş olan toz toplarıdır. Fakat toz toplamada geride kalmışlarsa bile, bu tozu güneş sistemine geri püskürtme konusunda uzmanlaşmışlardır. Dev komşuları Jüpiter'in kütle çekimi, yakınlarından geçerken asteroidlerin yörüngelerini bozar. Sıraları bozulan asteroidler bu yüzden birbirleriyle çarpışır. Her çarpışmayla güneş sistemine toz salınır.

Çeşitli uydular da, meteorit yağmuruna tutulduklarında bu diske katkıda bulunmuş olabilirler. Mars'ın uydusu Phobos maruz kaldığı meteorit yağmuru yüzünden yaklaşık bir metre tozla örtülüdür. Jüpiter'in çevresindeki soluk halkalar da uydu tozu

olarak tanımlanmıştır. Jüpiter'in uydularından Io'nun volkanik parçacıklar püskürttüğü düşünülmektedir; bu büyük gezegenin manyetik alanları bu parçacıkları güneş sistemine, akıl almaz hızlarla fırlatmaktadır. Bizim Ay'ımızın bile bir zamanlar büyük toz tepeleri barındırdığından kuşkulanılırdı; bu olasılık NASA'nın ilk aya iniş seferini hazırlayan uzmanlara "Ya aya inmeyi başaran astronotlar yere ayak bastıklarında toza gömülüp gözden kaybolurlarsa?" diye korkudan soğuk terler döktürmüştü.

Kuyruklu yıldızlar da güneş sistemini ziyaret ettiklerinde toz saçarlar. Linear kuyruklu yıldızı 2000 yazında Güneş'e doğru hızla yaklaşırken, Jüpiter'in yanından geçtiği sırada erimeye başlamıştı. Gün ışığı kartopunun dışındaki su, metan ve amonyak buzlarını buharlaştırmıştı. Bu da antik toz taneciklerini salıvermişti. Sonra Linear, Güneş'e oldukça yakın bir dönüş yaptığında, şiddetli patlamalar bu kuyruklu yıldızın çekirdeğini parçaladı. Linear en azından yarım düzine küçük kuyruklu yıldıza ayrılırken, büyük parlak toz patlamaları oluştu.

Zaman zaman *yabancı* tozlar da civarda dolanır. Galaksimiz ölmekte olan yıldızlarla doludur ve bunların tozları her yöne uçuşur.

Evet, uzaya tozlu diyorsak, o zaman güneş sistemi tozda boğuluyor demektir. Her küçük tanecik helezonlar çizerek Güneş'e yöneldiği için, toz hiçbir zaman ışığı karartacak kadar kalınlaşamaz. Ama, nereye bakacağınızı biliyorsanız eğer, her zaman görebileceğiniz kadar toz vardır.

Sisli zodyak tozu üçgeni en rahat kırsal kesimlerde, karanlıkta, bahar ya da sonbahar ekinoksuna yakın tarihlerde seçilir. Sonra Dünya'nın yakınından geçen gün ışığı, kardeş gezegenlerimize yönelik bir parçacıklar dilimini aydınlatır. Baharda bu ok, günbatımından sonra batı ufkunda parlar. Sonbaharda da şafak vakti öncesin doğu ufkunda belirir.

İlginçtir, zodyak ışığı bir teleskopla görülemeyecek kadar geniş ve incedir; en iyi çıplak gözle incelenebilir. Dolayısıyla bin yıl öncesinin Çinli astronomları ışıltılı misafir yıldızlar yerine uzay tozunun kozmik etkilerini araştırmak isteselerdi, bunun için ideal donanıma sahiplerdi.

3. Bölüm

Merak Uyandıran Hafif Uzay Tozu Yağmuru

Yeryüzü her gün hâlâ yüz tondan fazla uzay tozu toplamaktadır. Bilim insanları bu durumdan pek memnundur. Bir gök taşından kopan ya da bir kuyruklu yıldızın saçtığı her zerre, daha küçük yüz binlerce zerre içeriyor olabilir. Bu daha küçük noktalar arasında gezegenimizin yaratıldığı günlere, hatta daha da öncesine uzanan elmaslar ve safirler, mürekkep karası karbon ve zengin organik moleküller de bulunmaktadır. Tek bir uzay tozu parçasının içinde gömülü olan en eski tanecikler, onları ortaya çıkarmış olan ve uzun zaman önce göçüp gitmiş yıldızlar hakkında hikâyeler anlatmaktadır. Kimi zaman bu tanecikleri sarmalayan kimyasallar da, kökenlerimizdeki toz bulutunun içindeki koşullar hakkında bilgi fısıldar. En küçük tanelerin birbirine tutunma biçimi bile, Güneş ve gezegenler şekillendikçe tozun nasıl büyüdüğüne ilişkin ipuçları taşır. Astrofizikçi Don Brownlee şöyle bir açıklama yapmaktadır: "Vücut-

larımızdaki her atom yıldızların içinden çıkmış olduğu için, yıldızlardaki bu toz parçacıklarını inceleyerek kozmik köklerimiz hakkında bilgi sahibi olabiliriz."

Brownlee, uzay tozu çalışmaları alanında bir öncü, hatta kısa süre önce bu belli belirsiz tozu yakalamak için uzaya bir gemi gönderecek kadar çalışmalarında ileri gitmiş bir isim. Kabarık saç kesimi, canlı yeşil kanvas gömleğiyle Brownlee, Kozmik Tozun Babası rolü için biraz genç kalıyor. Duvarında, uzay giysileri içinde, Ay'da durmuş çişini yapan bir astronot posteri var. Ama Brownlee 1970'lerde yazdığı doktora teziyle bu konunun kapağını kaldırmıştı. Şimdi ise Seattle'da Washington Üniversitesi'ndeki mütevazı bürosunda bu alandaki araştırmalarını sürdürüyor.

Brownlee'nin incelediği toz, ilk dönemlerdeki güneş sistemini karartan birinci kuşak tozdan yüz kat daha büyük. Fakat yine de bu tozla çalışmak olağanüstü güçtür. Çevremizdeki havanın içinde her zaman bir parça uzay tozu bulunsa da, bunu bir yığın Dünya tozundan ayırmak neredeyse imkânsız. Bilim insanları bir toz zerresi yakaladıklarında bile, insan saçının genişliğinin onda biri kadar olan bir maddeyi saklamanın ve bununla çalışmanın güçlüğüyle karşı karşıya kalıyorlar. Bu durumda tek bir toz tanesini oluşturan 100.000 ayrı mikro taneciğin göklerdeki kaynağını tek tek belirleme işi bir gökbilimciyi ömür boyu meşgul edebilir.

Bu sırlar aşılmaz görünse de, bir o kadar da eğlendiricidir. Brownlee durmadan omuzlarını kaldırıp "Hiçbir fikrimiz yok. Ne *harika* değil mi?" gibi sözler söylüyor.

Ne mutlu ki, bilim insanlarına ardı arkası kesilmeyen ipuçları geliyor. Sürekli mikroskobik boyutlardaki uzay tozlarının yağışı altında kalan Dünya, her gün biraz daha şişmanlıyor. Bu toz tanecikleri nadir olsalar da, gezegenin her metrekaresi her gün bir tanecik alır. İstatistiklere göre, otomobilinizin üstünde her gün bir tane yeni uzay tozunun, evinizin çatısında da bir düzine yeni taneciğin bulunması sağlam bir tahmindir. Bir gün boyunca

çimenlerinizin üzerinde uzanırsanız, camsı mini bilyelerin ya da kuyruklu yıldız tozlarından narin bir kırıntının üstünüze düşmesi işten bile değildir.

Brownlee, "Her yerdeler," diyor. "Onları sürekli yiyorsunuz. Bütün halılarda bulunurlar."

Gezegenimizin döndüğü yörünge, az çok, zodyak tozlarından oluşan bir diskin içinde yer alır. Dünyayı çevreleyen tozun yaklaşık dörtte üçü, Mars'ın uzağında yörüngeden çıktıktan sonra çarpışan asteroidlerden dökülmektedir. Tozun dörtte biri Güneş'e doğru yol aldıkça erimeye başlayan kuyruklu yıldızlardan gelmektedir. En küçük zerreler dışında, bütün bu toz Güneş'e doğru helezonlar çizerek yol almak zorundadır ki, bu da büyük bölümünün Dünya'nın yakınından geçeceği anlamına gelmektedir.

Minik bir toz taneciğinin küçük gezegen de denilen asteroid kuşağından çıkıp Güneş'e doğru gitmesi yaklaşık 10.000 yıl alır. Yörüngesini daha büyük bir kararlılıkla izleyen büyük bir taneciğin kaderini çizecek bu dönemeçli yol ise 100.000 yıl sürebilir. Helezonlar çizen zerrelerin çoğu ise, yolda önlerine Dünya çıkmadıkça, sonunda Güneş'in eşiğinde şiddet dolu bir akıbetle karşılaşırlar. Gerçi bu akıbetin tam olarak nasıl olduğu da belli değildir.

Brownlee, "Buharlaşıyorlar mı? Kaynayıp sonra da geri mi püskürüyorlar?" diye soruyor. "Bilmiyorum. Harika! Ne olduğunu *galiba* biliyorum," diye mahcup bir gülüşle sözlerini sürdürüyor: "Çok tuhaf bazı yapılar gördük." Oyuncak Miki Fare küreleri gibi.

"Bir toz parçası çarpışıp parçalanmamışsa, eriyecek kadar ısınabilir ," diye açıklıyor Brownlee. "Silikat bir küre oluşturur. Sonra da metal, kürenin dışında küçük boncuklar ortaya çıkar. Bunlar Miki Fare'ye benzerler." Bu küçük tozlar o kadar küçüktürler ki, içe doğru döne döne ilerleyemezler. Bunun yerine dışarı püskürürler ve yanından geçerken Dünya'nın onları çekip alması için şanslarını bir daha denerler. Günün her saniyesinde,

birkaç ton uzay tozu daha Güneş'e o kadar yaklaşır ki, eriyip güneş rüzgârlarıyla gerisin geriye savrulurlar. Fakat Güneş temizlenir temizlenmez, yeni tozlar gelir. Asteroidler kafa kafaya çarpışmaya, kuyruklu yıldızlar da güneş sistemi boyunca tozlu izler bırakmaya devam ederler.

Ama bunlar "temiz" zamanlarda olur. Zaman zaman Dünya'nın etrafından helezonlar çizerek geçen toz miktarı anlaşılmaz bir doruğa ulaşır. Deniz tabanından alınan çökelti örnekleri Dünya'ya düşen tozların kalınlığının her 100.000 yılda bir üçe katlandığını göstermektedir. Dolayısıyla 20.000 yıl sonra bir gün uyandığımızda toz yüzünden Güneş'in sönükleştiğini görebiliriz.

Bu toz saldırısını açıklayan rakip teoriler mevcuttur. Bunlardan biri Yeryüzü'nün yörüngesinin zodyak diskine doğru yavaş yavaş eğilip doğrulduğunu söylemektedir. Dünya diskin iyice içinde yörüngeye girdiğinde ağır bir toza maruz kalır. Yörüngesi toz diskinin dışına doğru eğildiğinde ise toz yağmuru diner.

Bir başka teori, kabahatin Dünya'nın yörüngesinin açısında değil, biçiminde olduğunu savunur. 100.000 yıl içinde gezegenimizin Güneş çevresinde izlediği yol yavaş yavaş daha dairevi bir yörünge olmaktan çıkıp oval bir yörünge haline gelir. Yörüngenin daha dairesel olduğu evrede gezegen çok yavaş yol alır ve muhtemelen oval evrelerde topladığından iki ya da üç kat daha fazla toza maruz kalır.

Kısa süre önce gerçekleştirilmiş bilgisayar modellemesine dayanan bir deney, asıl önemli olanın gerçekten de Dünya'nın yörüngesinin biçimi olduğunu düşündürüyor. Fakat bu "dairevi yörünge" cephesinde yer alan bilim insanları verilerde Dünya ile ilgili bir çelişkiyi hâlâ açıklayamıyorlar: Denizlerdeki çökeltiler bilgisayara göre Dünya'nın kucak kucak toz topluyor olması gerektiği dönemde, ısrarla kozmik tozun en ince olduğunu göstermektedir. Gezegenin kozmik toz bulutunun yanından hızla geçmiş olması gereken dönemde ise, deniz çamurundaki kozmik içerik miktarı zirveye ulaşmaktadır.

Sırlar varlığını sürdürse de bu çalışmalar yine de Dünya'daki ritmik buz devirlerinden uzay tozu fırtınalarını sorumlu tutan te-

oriyi geçersiz kılmıştır: Bu döngünün en tozlu zamanlarında bile, Güneş'in tehlikeli bir biçimde gölgelenmesine neden olacak kadar fazla toz yoktur.

Bununla bağlantılı bir başka teoriyse buz devirlerine felaket boyutlarındaki asteroid kazalarının yol açtığını ileri sürmektedir. 100.000 yıllık döngü yalnızca tozu üç katına çıkarırken, tek bir büyük asteroid çarpışması diske normal toz oranının üç yüz katı kadar toz ekleyebilir. Bu durum güneşi ciddi ölçüde kararacaktır. Ayrıca bu durumda kırık göktaşı parçalarının yörüngelerinden fırlayıp Dünya'ya yönelmeleri de akla yatkındır. Bu teori, Dünya'da düzenli aralıklarla canlıların tükenmesini açıklayabilecek düzgün bir senaryodur: Tozla soğutursun, sonra da üzerlerine asteroid yağdırırsın.

Fakat düşen tozların daha yakından incelenmesi -en azından Dünya'yı ağır biçimde yaralayan bir olayda- bu yıkıcı şöhretin asteroidlere değil kuyruklu yıldızlara ait olabileceğini göstermektedir. Pasadena'daki California Teknoloji Enstitüsü'nde jeokimyager olarak görev yapın Ken Farley, deniz tabanındaki çamurda korunmuş olan, olağandışı derecede ağır bir tozlanma dönemi keşfetmiştir. 36 milyon yıl önce başlayan bu tozlanma, 2,5 milyon yıl sürmüştür. Aynı dönemde, bir şey bugün Chesapeake Körfezi ve Sibirya'da Popagai bölgesinde etkileyici büyüklükte kraterler açmış. Farley ile arkadaşları kraterlerde bulunan toza dayanarak bu gelişmeden kuyruklu yıldızları sorumlu tutmaktadır.

Farley bir asteroid çarpışmasının gerçekten de Dünya'nın etrafından helezonlar çizerek geçip gidecek bir toz patlamasına sebep olabileceğini açıklamaktadır. Fakat çoğu asteroid, kütle çekimine bağlı olarak güvenli biçimde asteroid kuşaklarının içinde hapis oldukları için, kopmuş büyük asteroid parçalarının tozla birlikte Dünya'ya doğru gelmesi pek olası değildir. Farley, asteroidlerin dönmeye devam ederek, asteroid kuşağının içinde yeni tozlu kazalara yol açmalarının daha muhtemel olduğunu söylemektedir. Dolayısıyla teorik olarak, büyük bir asteroid çarpışması toz oranında ani bir sıçramaya sebep ola-

cak, bunu milyonlarca yıl sürecek uzun bir uzun bir sıçramalar dizisi izleyecektir.

Oysa tersine kuyruklu yıldızlar güneş sisteminin içlerine dalarken tozlarıyla *birlikte* yol alırlar. Uzaklardaki Kuiper kuşağında ya da çok uzaktaki Oort bulutunun içinde bir grup kuyruklu yıldız bir şekilde normal yörüngelerinden çıkacak olursa, Güneş etrafındaki hızlı dönüşleri sırasında toz oranında da ani bir yükseliş gözlenmesi gerekir. Aslına bakılırsa Farley'nin tozla ilgili verileri de esrarengiz "çarpıcıların" yere vurmasıyla aynı dönemlerde zirve yapıyor. Bundan sonra okyanuslara inen toz yağmuru oldukça hızlı bir biçimde, 2,5 milyon yıl içinde azalıp gitmiştir; Güneş'in yörüngesindeki kuyruklu yıldızları tamamen buharlaştırması da hemen hemen bu kadar sürecektir.

Dünya'nın, gün ışığını gezegenden uzaklaştıran kalın bir toz diskinin içinde bir yörünge izlemesi halinde, üşüyeceğini düşünmek hiç de mantıksız olmaz. Tozun en büyük güçlerinden birinin, toplam yüzey alanında yattığını hatırlayalım. Don Brownlee Seattle'daki bürosunda basit bir örnek veriyor: "Space Needle'a° bir torba dolusu sopa koyarsanız, bu koyduklarınızı göremezsiniz," diyor. "Ama eğer bu sopaları yakarsanız, dumanı görmeniz çok kolay olacaktır." Tıpkı bunun gibi, bir kuyruklu yıldızın çekirdeğini, yani asıl toz ve buz topunu görmek zordur, çünkü yüzey alanı bir hayli küçüktür. Fakat bu kuyruklu yıldız tozunun birazını dağıttığınızda çok büyük bir yüzey alanı elde edersiniz. Bir kuyruklu yıldızın kuyruğunu oluşturan toz, kuyruklu yıldızın en küçük parçasıdır. Fakat gün ışığını yansıtan ve kuyruklu yıldızın gece gökyüzünde parlamasına neden olan kuyruğudur. Dünya böyle yansıtıcı tozdan kalın bir bulut tabakasının içine gömülmüş olsaydı, pekâlâ soğuktan titreyebilirdi.

Güneş sistemi ister bir toz fırtınası, ister toz kuraklığı çekiyor olsun, Dünya helezonlar çizen toz parçalarından payına düşeni alacaktır. Bir uzay tozu parçası, gezegenin yaklaşık 70 kilo-

° "Uzay İğnesi". Seattle kentinin simgesi haline gelmiş olan, 184 metre yüksekliğindeki kule.

metre yakınından, yani uçakların uçtuğu yüksekliğin epeyce üstünden, ama uzay mekiklerinin yörüngede döndüğü yüksekliğin epeyce altından geçmesi halinde, hızı yapışkan atmosfer yüzünden bir hayli yavaşlayacaktır. Böylece kapana kısılmış duruma düşen bir zerre, gaz atomlarıyla trilyonlarca küçük çarpışma yaşayacağı için saatte on binlerce mil olan hızı, birkaç saniye içinde yavaşlayacaktır. Atmosferde birkaç kilometre yol aldıktan sonra, toz zerresinin hızı kesilecektir.

Haftalar boyunca atmosferin içinde oradan oraya sürüklenip duracak, inecek, çıkacak, onu hapseden gazlarla birlikte doğuya ve batıya sürülecektir. Ama yalnız değildir. Dünya'nın atmosferinin yaklaşık 16 santimetreküpünde, dış uzayın 16 santimetreküpünde bulunandan milyon kat daha fazla kozmik toz parçası bulunmaktadır.

Bu egzotik toz pencere pervazınıza konmak üzere inişe geçmeden önce hayret verici bir numara gerçekleştirebilir. Geceleri ışıldayan ve parlak görünen bu bulutlar son derece yükseklerde yer alırlar. Yer değiştiren kuzey ışıklarının tersine ışıldayan bulutlar sabittir. Yazları, çoğunlukla da daha soğuk enlemlerde görülen bu bulutlar meteorologlar için bir muammadır. Çünkü su buharı genellikle tozun yardımı olmaksızın, bir bulut oluşturacak kadar yoğuşamaz. Fakat gece ışıldayan bulutlar atmosferin, Dünya tozlarının tırmanamayacağı kadar yükseklerinde –seksen kilometre yukarıda– oluşur. Bu yüzden de bir kurama göre bu tuhaf bulutların oluşumunda, yeni yakalanmış uzay tozları rol oynamaktadır.

Kıstırılmış bir toz zerreciği böyle bir yükseklikten yavaşça alçalarak, gaz atomlarının arasından kayacaktır. Dünya'nın atmosferiyle karşılaşmasından yaklaşık bir ay sonra da, ağırlığını yavaşça gezegenin üzerine bırakacaktır.

Uzay tozu parçalarının hepsinin yere iniş yolculuğu böyle güvenli olmaz. Büyük bir tane atmosfere çarptığında ısınıp erir. Kayan bir yıldız aslında kayan bir kum tanesi ya da kayan bir çakıl taşıdır; atmosferle ölümcül çatışması onu bir ışık huzmesi haline getirmiştir. Kasım Leonidleri gibi göktaşı yağmurları, bir kuy-

ruklu yıldızın, topluca düşen kum büyüklüğündeki döküntüleridir: Dünya'nın yörüngesi ne zaman bir kuyruklu yıldızın tozlu kuyruğuyla kesişse, biraz daha fazla döküntü atmosferimize girer ve sonra buharlaşır. Belki de gece ışıldayan bulutların yoğuşmasını sağlayan bu "meteor dumanı", yani kum tanesi büyüklüğündeki ya da ev büyüklüğündeki göktaşlarının buharı olabilir.

O halde, atmosfere girdikten sonra sarmal hareketlerle Dünya'nın yoluna çıkan, uzay tozları açısından küçük olmak daha güvenlidir. Genellikle atmosferde zarar görmeyen toz taneciklerinin boyutları, bir kılın genişliğinin iki katı kadardır. Tıpkı minyatür bilyeler gibi bu "kozmik kürecikler" de muhtemelen atmosfere çarpıp erimeden önce, iki kat daha büyük olan parçacıkların kalıntılarıdır. Pek fazla küçülmüş olsalar da soğuyup katılaştıkça kütlelerinin bir kısmını korurlar. Fakat en iyi korunmuş uzay tozu, en fazla bir kılın onda birinden daha geniş olmayanlardır.

Brownlee "Bu parçacıkların büyülü özelliği ancak çok yüksek irtifada yavaşlamalarıdır," demektedir. "90-100 kilometre yüksekteki havanın yoğunluğu, taneciği sarsarak parçalamayacak kadar düşüktür."

Brownlee ve birlikte çalıştığı diğer toz avcıları ne yazık ki, bütün bu minicik parçacıkları yere düşmeden yakalayamıyorlar. Ayrıca parçacıkların temiz bir yere konmasını da sağlayamıyorlar. Oysa, tam olarak nasıl bir yıldız tozundan oluştuğumuzu anlamak için, ciddi bir toz bilimcinin kusursuz toza ihtiyacı var, hem de çok miktarda.

Güney Kutbu'ndaki Amundsen-Scott Araştırma İstasyonu içme suyu ihtiyacını Antarktika'nın iki mil kalınlığındaki buz tabakası üzerinde eritilmiş, gözyaşı biçimindeki bir oyuktan sağlıyor. Yüzeyde açılmış küçük bir delikten, oyuktan yukarı pompayla çekilen su ısıtılıyor, sonra biraz daha buzu eritmesi için kuyuya geri akıtılıyor. Sıcak su antik kar tabakalarının içine işlerken, bir yandan da kar taneleriyle birlikte gömülmüş tozları da serbest bırakıyor.

Günümüzde, kutup araştırmacıları, Haçlı Seferleri zamanında kar olarak yere düşmüş suyu içiyorlar. Kuyunun tabanında yüzlerce yıllık toz birikmiş. Rüzgârların süpürdüğü Dünya tozlarının çok azı ta Antarktika'ya kadar ulaşabildiği için, bu kuyu uzay tozu bakımından nispeten zengindir. Bu yüzden de Brownlee'nin eski öğrencilerinden toz avcısı Susan Taylor 1995'te kuyuyu kazmaya karar verdiğinde doğru hedef seçmişti. Fakat tozları oradan çıkarmak öyle delikten aşağı bir kova sallayarak çözümlenecek bir iş değildi. Taylor o günleri "Aşağıya indirdiğimiz her şeyin içme suyu kadar güvenli olduğundan emin olmamız gerekiyordu. Büyük maceraydı: Gerilimi yüksek, ücreti düşüktü," diyerek hatırlıyor.

New Hampshire Hanover'da orduya bağlı Soğuk Bölgeler Araştırma ve Mühendislik Laboratuvarı'nda çalışan, Medusa gibi kıvırcık saçlı, Birkenstock marka botlu Taylor, bir ipin ucuna bağlanan çok temiz bir elektrikli süpürge yapmıştır. İpin yukarıda kalan kısmına bir kamera ve ışık asmış, böylece süpürgeyi video ekranında izleyip bir toz kütlesinden diğerine yöneltebilmiştir. Taylor, aletleri bir yere takılıp kalırsa içme suyuna erişim kesilmesin diye kuyuya inen ikinci bir delik açmıştır. Süpürgeyi kuyuda 106 metre derine indirmiş ve sonra da "çalıştır" düğmesine basmıştır.

"*Tonlarca* bulduk," diye anlatıyor. "Tamam, tonlarca değil. Bir gramdan az aslında ama binlerce parçacık. Şu ufaklıklara bakın. Onları gözle *görebiliyorsunuz*. Ne kadar da güzeller!"

Taylor'ın harika ufaklıklarının fotoğrafı, bilim dergisi *Nature*'ın kapağında yer aldı. Ufaklıklar siyah ve kızıl-kahve camdan damlacıklara benziyor. Taylor içlerinden birkaçının, erimiş molekülleri kaçıp uzaklaşırken oluşmuş küçük kuyrukları bile olduğunu söylüyor. Bu parçacıklar büyük. Kendilerini oluşturan en eski uzay tozu taneciklerinin çapının 2000 katı büyüklükteler. Üstelik atmosferin içinden hızla akıp giderken kütlelerinin yüzde 90'ını da kaybetmiş olmalarına rağmen. Taylor, kuyuda ne kadar buzun eridiğini ve bu buzun kaç yılda biriktiğini bildiği için, uzay tozunun Güney Kutbu'na düşme oranını geriye dö-

nük olarak hesaplayabiliyor. Taylor elde ettiği toz toplamını yıllara sonra yıllık toplamı, kuyunun yüzölçümüne bölmüştür. Bu ufacık bilyelerin Dünya'ya düşen 40.000 ton uzay tozunun aslan payını oluşturduğu tahminine varabilmiştir. Toza ilişkin olarak yaptığı ayrıntılı analiz henüz yayınlanma aşamasındadır.

Bunun kadar zahmetli olmayan bir toz toplama deneyi, Caltech'te North Mudd binasının tepesinde kurulu ve sığ bir çocuk havuzuna çok benziyor. Uzay tozu avcısı ve jeokimyager Ken Farley, bunun zaten bir çocuk havuzu olduğunu söylüyor. Suyla dolu plastik havuza gökten toz yağıyor. Bir pompanın sağladığı sirkülasyonla su, bir mıknatısa doğru akıyor ve bol demir içeren uzay tozları da bu mıknatısa yapışmaktadır. Küçük bir miktar Dünya tozu da mıknatısa takılıyorsa da, Farley biriken tüm tozun yüzde kaçının uzay tozu olduğunu belirleyebiliyor.

Farley, uzay tozunun Dünya'ya yılın öngörülebilir zamanlarında gelip gelmediğini anlamak için her hafta elde ettiği tozu analiz ediyor. İlk sonuçlar yaz ve kış aylarında bereketin arttığını, ilkbahar ve sonbahar aylarında tozlanmanın azaldığını göstermektedir. Ama belki de Farley'nin toz hasadı Güneş sistemindeki toz mevsimlerinden çok, Dünya'daki rüzgârların ve hava durumunun uzay tozunu Los Angeles'a yönlendirmesini gösteriyordur.

Çocuk havuzu sistemi o kadar etkili ki, Farley bu yöntem için uluslararası bir ağ kurmuştur. Şimdi Hawaii'de bir dağın tepesinde toplayıcı var, İngiltere'de Oxford Üniversitesi'nde ise bir başka toplayıcı bulunuyor. Gerçi Farley teknolojiyi yenilediğini kabul ediyor. "Bu plastik havuzlar çok uzun süre güneşin altında kalıyor ve gerçekten fena hırpalanıyor," diyor. "Bu yüzden de stok fazlası TV çanak uydu antenlerini kullanıyoruz." Yine de orijinal havuz, North Mudd binasının üstünde başköşede duruyor.

Bu arada, havuz programı bizim Dünya'mızın tozlarının Caltech'in tepesine yağma hızıyla ilgili güzel veriler de üretmiştir. Farley üç ayda bir havuzun tabanından beş gram, yani 15 adet toz haline getirilmiş aspirin kadar bir miktarda mıknatıslı olmayan toz toplamaktadır.

Eğer mideniz, bir sondaj cihazı derinlerdeki çökeltilerden örnek çekerken durmadan dalgaların üzerinde sallanmaya dayanabilirse toz aramaya uygun bir başka yer de okyanusların derinlikleridir. Ana karalara yaklaştıkça okyanusun tabanı çakıl taşları, kum, hayvan iskeletleri ve daha büyük çöplerle dolu olur. Fakat bu kadar ağır bir yük, çökmeden önce akıntıyla fazla uzun taşınmış olamaz. Bu doğal ayıklama sistemi, Dünya'dan erozyonla kopan taneciklerden ancak en küçüklerinin batmadan önce açık denizlere ulaşabileceğini gösteriyor. Bu yüzden derin denizlerdeki çamurun içinde büyük bir parça bulursanız, büyük olasılıkla Dünya'ya ait değildir ve muhtemelen doğruca gökyüzünden inmiştir.

Don Brownlee "Derin denizlerdeki çökeltide bir milyon ölçüden ancak biri gezegenler arası tozdur," diyor. "Fakat küre şeklinde ve manyetik olan, yüz ilâ iki yüz mikron (bir ya da iki kıl) büyüklüğündeki parçacıkların *yarısı*, gezegenler arası tozdur."

Yağan bu toz hemen dibe inmez. Tanecikler denizin tabanına batamayacak kadar küçüktür. Aşağıya inebilmeleri için biraz ağırlaşmaları gerekir.

Brownlee, hafif bir gülümsemeyle "Anladığım kadarıyla bütün bu parçacıkların sonu hiç de hoş olmuyor," diyor. "Şu en az dört milyar yaşındaki parçacıklar sonunda balık dışkısı olup çıkıyor."

Brownlee, tozun bir çocuk havuzuna yağmasını beklemek ya da onu balık dışkısından ayıklamak yerine atmosferde 19 kilometre yükseklikte yeni yakalanmış tozlarla uğraşmayı tercih ediyor. Bürosundaki üzeri kalabalık bir rafta, bu tozları yakalamakta kullandığı en gözde aletlerden biri bulunuyor. İskambil kağıdı destesinden küçük, saten gibi pürüzsüz alüminyumdan yapılmış bu küçük tuzağın içinde "bayrak" denilen ve yapışkan sinek kağıdının daha gelişmiş bir biçimi olan bir bant bulunuyor.

Kutuyu elinde çevirirken özür diliyor: "Temiz bir odada, tertemiz giysiler içinde olmadığımız sürece bu kutuyu açmıyorum. Bu parçacıklar için çok çalıştık, onları kaybetmek istemeyiz."

NASA 1974'ten beri en yüksekten uçan uçaklarına yapışkan bayraklar takıyor ve uzay tozu yakalamak için gökyüzünü tarıyor. 19 kilometre yükseklikte düşük hava basıncına vücutlarını hazırlamak için pilotların uçuştan bir saat önce oksijen "soluması", bol ve hantal giysiler giymeleri gerekiyor. Bu yüzden de NASA'nın altı saatlik uçuşun tamamını toz toplamaya ayırmamasına şaşmamak gerek. Bu uçaklar esasen Dünya'yı ve atmosferini incelemek için kullanılıyor. Eğer uçak uygun yükseklikte seyrediyorsa ve pilot başka işlerle meşgul değilse, o zaman toz bayrağı dalgalanabiliyor. Dalgalanıyor, dalgalanıyor, dalgalanıyor.

Brownlee uyarıyor: "Bu toz toplayıcıyı yarım saatliğine yukarıda bıraksanız büyük hayal kırıklığına uğrarsınız. Saatte ancak bir tek parçacık yakalarsınız." Bu yüzden de bayrak, uçaktan indirilinceye kadar on uçuşta kullanılabilir.

Bayrak yöntemi, örneğin sığ havuz yöntemine kıyasla daha yüksek bir oranda uzay tozu toplanmasına imkân vermektedir. Fakat yine de kusurları bulunmaktadır. Uçaklar çöllerdeki pistlerden havalandıklarında üzerlerinde ince bir toz ve polen tabakası ile topraktan gelen başka maddeleri de gökyüzüne taşıyorlar; bu toz ve mikroskobik boyutlardaki uçak boyası parçacıkları da bayrağın üzerine düşüyor. Bayrağa, roket yakıtı paçacıkları, volkanların patlamasıyla havaya püsküren sülfür damlaları, küf sporları, polenler ve rüzgârın uçurduğu başka yaşam parçaları da yakalanıyor.

Brownlee hem keyif; hem de hayret taşıyan bir ifadeyle soruyor: "Bu ilginç bir soru. Hayat acaba ne kadar yükseklere çıkabiliyor?"

Bu tür sorularla konuyu saptırmamak ve Dünya'nın atmosferi tarafından bozulmadığı kesin olan tozları yakalamak için belli ki çözüm daha yükseğe çıkmaktır. NASA Şubat 1999'da Brownlee'nin tasarladığı, kuyruklu yıldız fotoğrafı çeken uzay aracı *Stardust*'ı uzaya gönderdi. Stardust, güneş sisteminin içlerinde dolaşırken, ince pütürlü bir köpük olan aerojel yastıklarıyla toz tanelerini yakalıyor. Ocak 2004'te, Stardust asıl hedefe

yönelecek ve hızla uçan Wild 2 kuyruklu yıldızına yaklaşacak. Stardust, kuyruklu yıldızın buzlu çekirdeğini çevreleyen yoğun gaz ve toz bulutundan bir parça koparırken içindeki bir kamera da Dünyalılara canlı görüntüler ulaştıracak. Daha sonra Stardust tozla dolmuş bir kapsülü fırlatacak ve bu kapsül iki yıl sonra Utah'daki Büyük Tuz Çölü'ne düşecek.

Uzay tozu, Kozmik kökenlerimizin anahtarını taşıdığı için birdenbire çok aranan bir bilimsel malzeme haline geldi. Bu yüzden Stardust, gökyüzüne yönelmiş toz avcısı uzay araçları filosunda yer alan gemilerden yalnızca biridir. Örneğin ARGOS adlı bir uzay gemisi, SPADUS adlı bir aygıt taşımaktadır; SPADUS 2002'ye kadar Dünya'nın yörüngesinde dönecek ve gezegenimizin çevresinde kaynaşan toz tanelerinin hızını ve yoğunluğunu ölçecektir. Japonların yaptığı asteroid avcısı MUSES-C, 2003'te Nereus asteroidine yaklaşacak. Nereus'un üzerinde ve etrafında dolanırken asteoide bir kurşun atacak ve ortaya çıkan tozu bir şapka kutusu büyüklüğünde bir kapsülün içinde toplayacak; bu kapsül 2005 yılında Dünya'ya geri gönderilecek. Aynı yıl NASA'nın Deep Impact misyonu bir kuyruklu yıldızın çekirdeğine, benzer bir darbe uygulayacak. 4 Temmuz'da, düşük hızlı bir uzay gemisi Tempel I kuyruklu yıldızına saatte 22.000 mil hızla sahte bir göktaşı fırlatacak, sonra da ortaya çıkan tozu gemide bulunan aygıtlarla inceleyecek.

Bilim insanları, özel amaçlı su geçirmez süpürgelerden, uzayda dolaşan kuyruklu yıldız takipçilerine kadar, toz toplamaya yönelik yöntemleri mükemmelleştirmeye çalışıyorlar. Fakat tozu yakalamak ne kadar zorlayıcı olursa olsun, aslında işin kolay kısmı budur. Yıldızlarla başlayan geçmişimiz, ancak bu mikroskobik boyutlardaki söylentilerin üşenmeden işlenmesi ve analiz edilmesiyle ortaya çıkabilir.

Uzay tozunun bakımı incelikli bir sanattır. Öncelikle, onu öyle bir yerde saklamalısınız ki kaybolmasın. ABD'de bir toz kütüphanesi ve bir toz kütüphanecisi bulunmaktadır. NASA'nın Kozmik Toz Küratörü Mike Zolensky, Houston'da Johnson

Uzay Merkezi'nde 100.000 parçacıktan oluşan bir koleksiyonun sorumlusu olarak çalışmaktadır.

Bir NASA uçağından toz toplayan bayrak indirildiğinde, üstünkörü bir incelemeden geçirilip kısaca tanımlanıyor. Uçağın izlediği rota ya da toz parçalarının kısa bir tanımı kaydedilmiş olabiliyor. Bu notlarda tipik olarak örneğin şöyle denilebilir: "Alaska, dönüş uçuşu hariç" ya da "Zemin açık, bazı siyah küreler. Biraz kirlenme var." Bazı parçacıkları "toplayıp" yerleştirecek zaman varsa, bunlar bayrağın üstünü kaplayan silikon yağından çekilip çıkarılıyor ve küçük plastik plakaların üstüne yerleştiriliyor. Ama bu iş genellikle tozu ödünç alanlara bırakılıyor.

Zolensky: "Tüm dünyada, bütün bu parçacıkları kataloglamaya yetecek kadar para yok," "Yılda belki üç yüz tane katalogluyoruz. Genellikle bayrakların yarısı el bile sürülmeden depolanıyor." demektedir.

Güçlükle yakalanmış bu toz, içeriğinde bulunan demiri, oksijenin paslandırmasını engellemek için azot dolu dolaplarda saklanmaktadır. Zolensky'nin iki yüz bayrağının ve altı bin parçacığın tek tek tanımlandığı bir katalogu tüm dünyaya gönderilmektedir. Bir bilim insanı bu katalogdan belli bir bayrağı isteyebiliyor, sonra da çöl tozu, polen ve uçak boyasını bayrağın üzerinde bırakarak sadece istediği parçacıkları toplayıp bir çerçeveye yerleştirebiliyor.

Brownlee, tozun nasıl toplanacağı hususunu zor öğrenmiş. Uzay tozu çalışmalarının ilk döneminde çaresizlikle dolu günler yaşadığını hatırlıyor. 1980'lerde önemli bir parçacık ortadan kaybolup gitmiş. Dolayısıyla bu hâlâ büyük meşakkat isteyen hassas bir iş olarak görülmelidir.

Brownlee, yadırganan bir ciddiyetle "İnsanlar, tozun dünyanın geri kalanından tamamen farklı olduğunu bilmeli. "Toz elektrostatik güçlerden *inanılmaz bir biçimde* etkilenir. Beş mikronluk ya da on mikronluk bir parçacık olağan bir mikroskopla bakıldığında küçük siyah bir noktacıktır. Tam kaldırmakta kullandığınız iğnenin ucuna alırsınız ki birden yok olur. Bu tozlar

aniden sıçrayabiliyorlar. Sonunda laboratuvar ortamında yüksek oranda nem ve iyon jeneratörlerine gerek olduğunu anladık." demektedir.

Brownlee bir dosyanın içinden toplanıp çerçeveye oturtulmuş yüz âdet parçacığın fotoğrafını çıkarıyor. Her biri, beyaz karelerin içine yerleştirilmiş yüz adet gri renkli patlamış mısır, üzüm ve kaya parçası gibi görünüyorlar. Hepsi, yerleştirildiği beyaz kareye mikroskop altında, bir iğnenin ucunda taşınmış. 100 parçanın yer aldığı kafesin tamamı, bu fotoğrafta çok büyütülmüş olmasına rağmen ancak bir pirinç tanesinin yarısı büyüklüktedir. Peki, bu değerli patlamış mısır taneleri karelere hangi özel tutkalla yapıştırılıyor?

Brownlee neşeli bir tavırla "Onları yapıştırmıyoruz ki," diyor. "Tozun duvara nasıl yapıştığını bir düşünün. Küçük parçacıklar çıkmaz. Çıkarmak istiyorsanız onları adeta kazımanız gerekir. Onlar *toz*!"

Tozun değişmez kurallarına uymayı öğrenen bilim insanları artık tek tek parçacıkların ve bunların içindeki, antik tanelerin kökenlerini incelemeye başlayabilecekler.

Bir bilim insanı, toz yakalanıp, sıkı bir korumaya alındıktan sonra onu yıldızlardaki kökenlerimizle ilgili sıkı bir incelemeye alabilir. Yapılacak ilk işlerden biri tozun bir asteroidden mi yoksa bir kuyruklu yıldızdan mı geldiğini, yoksa daha önce hiç büyük bir cisme yakalanmamış, el değmemiş yıldız tozu mu olduğunu belirlemektir.

Brownlee masasının üzerinden toplanmış yıldız tozlarını gösteren başka bir büyük fotoğraf uzatıyor. Bu tanecikler genelde parlak siyah Hindistan cevizlerine benziyor. Aralarında insana mikroskobik boyutlarda bir sakız parçasıymış gibi gelen sarı bir madde var. Brownlee kaşlarını kaldırıyor. "O mu? Laboratuvardan olabilir. Uçaktan olabilir, bir volkandan olabilir," diyor omuzlarını silkerek. "Dünya dışından gelenleri belirlemek daha kolay."

Ama tozların geçmişlerini belirlemek o kadar da kolay bir iş değil. Brownlee uzay tozu için yapılan analık testlerinde spekü-

lasyona imkân veren büyük boşluklar olduğunu hemen kabul ediyor. "Bütün bu parçacıklar yetim," diyor. "Dünya dışından geldiklerini kanıtlayabilirsiniz. Nereden geldiklerini de *tahmin edebilirsiniz*. Ama milyonlarca kuyruklu yıldız, trilyonlarca asteroid var." Güneş sisteminin doğuşundan beri serbestçe dolaşan sayılamayacak kadar çok sayıda zerreden söz etmiyoruz bile.

Şu anda belli bir toz zerresinin geçmişini belirlemek için dolaylı kanıtları toplamak gerekir. İşe parçacığın görünümüyle başlayabilirsiniz. Bir asteroid tozu parçası pekâlâ sert bir kaya parçası gibi görünebilir. Toz toparlanarak asteroid gibi büyük bir cisim haline geldiğinde sıcaklık, kütle çekimi, hatta bazen suyun hareketi bile toz tanelerini yoğun bir kaya ve metal haline getirir. Öte yandan toz parçacığı gri patlamış mısır parçasına benziyorsa ve bir zamanlar içinde buz olan hava boşluklarıyla doluysa muhtemelen bir kuyruklu yıldızdan gelmiştir. Kuyruklu yıldızlarda bulunan tozlar ısınma ve yoğuşma işkencesinden hiç geçmemiştir. Başlangıçtaki ilk tanecikler sadece buzla gevşekçe birbirlerine yapışmışlardır.

Bu basit teşhis toz parçasının kökenine sizi inandıramadıysa, bir başka yoldan da araştırabilirsiniz: Dünya'nın atmosferine girdiğinde tanecik uzayda ne kadar hızlı uçuyordu?

Kuyruklu yıldızlar Güneş çevresinde yüksek hızlarla ve alışılmadık açılardan pike yaparlar ve döktükleri toz Dünya'ya genel olarak saatte 45.000 milden yüksek hızla yaklaşır. (Döküntüleriyle Leonid meteor yağmurlarını yaşamamıza yol açan Tempel Tuttle'ın yörüngesi neredeyse dosdoğru Dünya'ya yöneliktir, saçtığı tozlar da atmosferimize saatte 150.000 mil gibi müthiş bir hızla girer.) Fakat asteroidler yörüngelerinde Dünya ile hemen hemen aynı hızda ve aynı yönde yol alır. Bu yüzden bir asteroidden fırlayan bir toz parçası bize ulaştığında, Dünya'nın kütle çekimi onun hızını saatte 30.000 mile kadar düşürebilir. Galakside yalnız başlarına dolaşan parçacıklar olan el değmemiş yıldız tozlarının en hızlı hareket eden tanecikler olması beklenmektedir. Fakat bilim insanları ancak bin toz parçasından birinin bu tanıma uyduğunu düşünmektedirler.

Kuralın istisnaları boldur, fakat genel olarak bir parça asteroid tozu, bir parça kuyruklu yıldız tozu ve bir parça da el değmemiş yıldız tozunun hepsi atmosfere aynı açıyla çarpsa, içlerinde ısısı en çok yükselecek olan hız kazanan yıldız tozu, en düşük ısılı olanı ise hız bakımından yavaşlayan asteroid tozu olacaktır.

Parçacığınızın hızını belirlemek için atmosfere çarptığında ne kadar ısınmış olduğunu bilmeniz gerekir. Güneş alevlenmelerinin, yani Güneş'in uzaya saçtığı tüketilmiş atom parçalarının yüzeyinde açtığı ince çizgileri görene kadar mikroskobu parçacığa odaklayın. Bu çizgileri göremezseniz şu sonuca varabilirsiniz: Parçacığınız öyle hızlı hareket ediyordu ki, atmosferle çarpışması ısısını 1000 dereceye çıkardı ve çizgileri eritti. Ya da tozunuzu bir fırına atıp, yavaş yavaş ısıtarak farklı kimyasal bileşenlerin hangi ısı derecesinde buharlaştığını da görebilirsiniz. Eğer parçacığınız Dünya'nın atmosferine çok büyük bir kuvvetle çarpmış ve ısısı diyelim ki 900 dereceye kadar çıkmışsa, o zaman 901 dereceye kadar ısıtmazsanız buhar çıktığını göremezsiniz. Tozun atmosfere giriş sıcaklığı belirlendikten sonra, yetkin bir toz bilimci atmosfere giriş hızını da hesaplayabilir.

Şimdi, parçacığınızdan buharlaştırdığınız bileşenleri belirlediniz, bir sonraki soruya geçebilirsiniz: Bu tozun kimyasal şeceresi nedir?

Asteroidler belirgin kimyasal "aileler" halinde gruplandırılır. Aynı şekilde, çoğu muhtemelen asteroid parçaları olan küçük göktaşları da ailelere ayrılır. Tozlar da jeolojisine göre sınıflandırılabilir. Mineral içerikler bir parçacıktan diğerine farklılık gösterir. Dahası, bazı taneler çok fazla su içerir; öyle ki bir kıyaslama yapıldığında bu oranın Dünya'nın su oranından daha fazla olduğu görülür. Başka bazı tanelerse Dünya'daki karışımda görülenden binlerce kat daha fazla karbon içerir. Tozunuzun bileşimi belli bir göktaşının kimyasına benziyorsa, tozunuzun güneş sisteminin aynı bölgesindeki bir asteroidden kopup geldiğini düşünmeniz yanlış olmaz. Ya da tozunuzun Dünya'daki ortalama bileşimle kıyaslanması büyük farklılıklar gösteriyorsa, taneciği-

nizin genç güneş sisteminin çok başka bir bölgesinde büyümüş olduğunu tahmin edebilirsiniz.

Bir sonraki iş, toz zerreciğiniz ile *belirli* bir kuyruklu yıldız veya asteroid arasındaki ilişkiyi kurmaktır. Bu büyük cisimleri yakalayıp kimyasal yapılarını analiz edemediğimiz için, elimizde tozlarından bir parçanın bulunması, olabilecek en iyi şeydir. Elinizdeki minik parça, kökenlerimizdeki toz diskinde bulunduğu eski bölgeyi etkileyen ısı, kimyasal yapı ve başka koşullar hakkında ciltler dolusu şey anlatabilir.

Toz parçacığınızı bir kuyruklu yıldız ya da asteroidle eşleştirme olasılığı gözünüze zayıf mı görünüyor? Merak etmeyin, yalnız değilsiniz. En yetkin toz casusları bile yere inen bir uzay tozu parçası ile, düştüğü gök cismi arasında bir bağ kurmayı nadiren başarmaktadır. Fakat bu yapılabilir.

1991'in Haziran ve Temmuz aylarında bir NASA uçağı delikli ve kırılgan birkaç toz parçası yakaladı. Birkaç toz araştırmacısı bunların helyum açısından zayıf olduğunu buldu. Uzayda güneş rüzgârı belirgin bir helyum izotopu taşır. Bu helyumdan hızla fırlayan atomlardan biri bir uzay tozuna çarptığında, içine gömülüp kalır. O halde, bir bilim insanı bu uzay tozunu yakalayıp 2500 dereceye kadar ısıtacak olursa, bu kaynamayla özel helyum izotopu dışarı çıkacaktır. Böylece, toz casusları tozlarında böyle küçük miktarlarda helyum bulduklarında bu parçacıkların ancak birkaç yıl boyunca güneş rüzgârlarına maruz kaldığını anlarlar. Peki, bu durumda, tozunu böylesine kısa süre içinde Dünya tarafından çekilecek kadar Dünya'ya yakın bir mesafeden saçması en muhtemel gök cismi hangisi olabilir? Asteroid tozlarının döne döne Dünya'nın çevresine yaklaşması binlerce yıl aldığı için, bilmeceyi çözmeye çalışanlar bu tozun çevreden geçen bir kuyruklu yıldızdan, hem de yakın zamanda döküldüğü sonucuna vardılar.

Buldukları bir sonraki ipucu bu tozun Dünya'nın atmosferindeki yolculuğu sırasında çok ısınmadığı olmuştur. Bu, tozun atmosfere yavaş yavaş girdiği anlamına geliyordu. Dolayısıyla da anası olan kuyruklu yıldız Dünya'nın yörüngesinden yavaşça geçmiş olsa gerekti.

Araştırmacılar aday listesini inceledikten sonra, bu tozu bırakmış olabilecek yalnızca bir kuyruklu yıldız buldular: Bu, Mayıs 1991'de yörüngemizden geçmiş olan Schwassman-Wachmann 3 kuyruklu yıldızıydı. Bu toz casusları, minik toz tanelerini titizlikle inceleyerek uzaklardan hızla geçip giden bir kuyruklu yıldızdan örnek elde etmeyi başarmışlardı.

Bilim insanlarının bir toz tanesini, kökenlerimizdeki toz diskiyle ilişkilendirmelerinden sonra bile, geriye yapılacak çok iş kalmaktadır. Bu kez minik parçanın derinliklerini iyice incelemeleri gerekir. Bir toz parçasını oluşturan 100.000 taneciğin her biri sonuçta en eski oluşumlardır. Fakat bu yıldız tozu parçalarının çoğu sıcak ya da su yüzünden erimiş ya da kütle çekimi ile ezilerek yeni biçimler almışlardır. Çevrelerindeki kimyasallara girdikleri tepkime sonucu artık doğduklarında sahip oldukları belirtileri kaybetmişlerdir. Bu süreçten sağlam çıkarak kendilerini oluşturan o çoktan yok olmuş eski yıldızlar hakkında şaşırtıcı ipuçları verebilen çok az sayıda mikro-tanecik bulunabilmiştir.

Silikon karpit, grafit, safir ve elmas çok dayanıklı olan yıldız tozlarıdır, o kadar ki bazıları Güneş'in şiddetli doğumunun getirdiği bütün çalkantıları ve ısınmayı atlatmışlardır. Daha zayıf yıldız tozları birleşerek eriyip yeni biçimler alırken, bu dirençli tanecikler kalıcı olmuştur. Dolayısıyla bilim insanları bir göktaşının ya da bir uzay tozu parçasının içinde bu mikro taneleri bulduklarında onları uzun zaman önce göçüp gitmiş olan yıldızların küçük elçileri olarak görürler.

Ama her zaman böyle olmamıştır. Bir göktaşında keşfedilen ilk elmaslar yüzyılı aşkın bir süre önce Sibirya'da yere çakılan gizemli bir kayadan zorlukla sökülerek alınmıştı. Bu göktaşı Dünya'ya düşen bir çift göktaşından bir tanesiydi. Bir parçası bilim insanlarına teslim edildi. İkizi bu kadar saygın olmayan bir akıbete uğradı: Anlatılanlara göre, herhalde bir biçimde öğütüldükten sonra, çiftçiler tarafından yenilmiş. Yine de, keşiflerinin üstünden bir yüzyıl geçmiş olmasına rağmen uzay elmasları sırlarını sıkı sıkı koruyorlar. Onları tespit etmek öylesine zorlu bir

iş ki, bilim insanları toz tanelerinin içinde elmas bulunduğu yolunda doğrudan kanıt bile bulamıyorlar.

Don Brownlee, "Tozun içinde elmas bulunduğundan *eminim*," diyor. "İlkel göktaşlarında mikro elmaslar bol miktarda bulunur, kuşkusuz kozmik tozun içinde de varlar. Ama daha kimse onları *görmüş* değil, çünkü onları bulundukları zeminden ayırmak zor. Bu yüzden de mineral maddeyi eritip, yalnızca karbona bakıyoruz. Onları gördüğümüzü *sanıyoruz*."

Kısa süre önce Danimarkalı astrofizikçi Anja Andersen, birleşerek güneş sistemimizi oluşturan tüm karbonun yüzde üç gibi büyük bir oranının mikro elmas halinde olabileceği tahmininde bulundu. Andersen, bu oranın bozulmamış göktaşlarının içinde rastlanan oran olduğunu söylüyor. Ve bu belki de elmas buzdağının görünen ucudur. Andersen, "İlk yıldız tozunun büyük bölümü güneş sisteminin oluşumu sırasında yeniden erimiş olduğundan, başlangıçta daha fazla elmas bulunmasını beklemek akla yatkındır," diye eklemektedir.

Bir uzay elmasını daha yakından görebilmek için herhangi bir elmas mücevheri inceleyebilirsiniz. Massachusetts Üniversitesi'nde jeolog olan Stephen Haggerty, Dünya'da kazılıp çıkarılan elmasların çok küçük bir miktarda uzay cevheri içeriyor olabileceğini söylemektedir. Laboratuvarda üretilen elmaslarla yapılan çalışmalar, üzerinde kristalleşecekleri bir "tohum" sağlandığında elmasların çok kolay ve çabuk oluştuklarını göstermiş. Dünya'nın kabuğunda da uzaydan gelen "elmas tohumları" bol miktarda ve kolayca bulunuyor olabilir. Ne kadar olsa, mikro elmasları taşıyan göktaşları bunları Dünya'ya *çok büyük* yoğunluklarda bırakıyorlar; bu en kaliteli elmas madenlerinde bulunan elmastan 1600 kat daha büyük miktarda elmas demektir. Bu yüzden de bazı kozmik elmasların sessiz sedasız yeraltında gelişip bugün insanların parmakları ve kollarında gökkuşakları gibi parlayan makro cevherler haline geldiğini varsaymak mantıksız olmaz.

Uzay elmaslarını ketum ve sessiz bulduysanız GEM'leri, yani içinde gömülü metal ve sülfit bulunan camları, daha kolay anla-

şılır bulacaksınız. Bunlar duman kadar küçük, yuvarlak tozlardır; genellikle cama benzer silikadan oluşurlar ama üzerlerinde ışıldayan metal kristalleri bulunur. Bir elektron mikroskobunun altında bir GEM ışıltılı pullarla bezenmiş gri bir çakıl taşı gibi görünür. 1999'da Brownlee ile ekip arkadaşları GEM'lerin uzay tozunun içine gizlenmiş bir başka antik mikro tanecik olma niteliğini taşıdığını ve anlatacak bir hikâyeleri olduğunu açıkladılar.

Brownlee'nin ekibi GEM'leri, yakından inceleyebilmek için mikroskobik uzay tozu parçacıklarını küçük dilimlere ayırdılar. Bundan sonra da Brookhaven Ulusal Laboratuvarı'nda bulunan ve son derece hassas görüntü veren bir cihaz kullanarak dilimlerin içinde dağıtılmış gibi bulunan parlak mikro çakılların kimyasal yapısını analiz ettiler. Analiz tamamlandığında, uzak geçmişimizle aramızda yeni bir bağ kurulmuştu: GEM'lerin kimyasal imzası, uzaklardaki kozmik toz bulutlarının kimyasal imzasıyla uyuşuyordu. Ekibin yakalanmış GEM'lerle ilgili olarak öğrendiği her şey artık onlara tozun kökenlerimizdeki toz bulutunun içinde nasıl gelişmiş olduğu hakkında daha çok şey anlatacaktır.

GEM'ler sarılıp sarmalanıp gezegenimizi oluşturmuş olması muhtemel özel bileşenler hakkında belirgin bir ipucu ortaya koymuşlardır. Mikro çakıllar kalın tabakalar halinde bulunan, karbon bakımından zengin ilginç bir maddeyle kaplıdır. Ekip bu siyah örtülerin muhtemelen daha Güneş ve gezegenler şekillenmeden önce soğuk, tozlu bulutun içinde oluştuğu sonucuna varmıştır.

Toz bilimciler, tozlarıyla güneş sistemimizi oluşturmuş ve uzun zaman önce yok olmuş yıldızlar grubunu tanımlama hedefine şaşırtıcı derecede yaklaşmışlardır. Bu "ata yıldızlar" milyarlarca yıl önce sönmüş olsalar da, seslerini, geride bıraktıkları minik uzay tozu tanecikleri sayesinde bilim insanlarının kulaklarında fısıldamaktadır. Bu yıldızların kimliklerini yeniden ortaya çıkarabilmek, ağır ve uzun süren bir yolculukta atılmış devasa bir adım olacaktır.

Bilim insanları bu yola yaklaşık iki yüzyıl önce koyuldular. 1833'te görülen çok görkemli bir yıldız yağmuru Yale

Üniversitesi'nden bir gökbilimciye, buna binlerce son derece küçük göktaşının yol açmış olabileceğini düşündürmüştü. Hatta sözü geçen gökbilimci kayan bu yıldızları, kuyruklu yıldızların kuyruğunu oluşturan kırıntılarla kıyaslamıştı. Çok geçmeden başka gökbilimciler, bazı kuyruklu yıldızların yollarını, yanan tanecik yağmurlarıyla eşleştirmeye başladılar.

Son derece küçük göktaşlarının aslında Dünya'ya düştüğü yönündeki görüş de bu sıralarda sessiz sedasız yayılmaya başlamıştı. Kozmik tozun kırmızı gün batımlarının(gurubun) sebebi, yağmur damlalarını belli belirsiz renklendiren metalin de kaynağı olduğu ileri sürülmüştü. Bunun ardından 1872'de HMS *Challenger* adlı, 66 metre uzunluğundaki yüzen deniz laboratuvarı dünyanın dört bir yanından okyanus çökeltisi örneği toplamak üzere İngiltere'den yola çıktı. Gemideki doğa bilimci Sir John Murray, okyanusların en uzak köşelerinde bulunan çamurun içindeki küçük, parlak kürecikleri çekmek için bir mıknatıs kullanmıştı. Bunların kimyasal yapısını göktaşlarının kimyasıyla karşılaştıran Murray, bunların gerçekten küçük kuzenler oldukları sonucuna varmıştı.

Gezegenin etrafında dolanan, pütürlü bir bulutun var olduğu ihtimali, insanların uzaya hassas makineler göndermeye başlamasıyla birlikte yeni bir önem kazanmıştır.

Don Brownlee hafif eğlenerek "Uzay uçuşlarının başladığı günlerde, uzay araçlarının toza dayanamayacağı kaygısı taşıyorlardı," diyor. "İnsanlar akışın gerçekte olduğundan bir milyon kat daha fazla olduğunu düşünüyordu. Uyduların ancak bir yıl dayanabileceğini sanıyorlardı." 1950'lerden başlayarak uzay araçları, aşındırıcı olduğu düşünülen yoğun toz fırtınalarından koruyacak kalkanlarla donatılmaya başladı.

Artık bilim insanlarının özellikle toz toplama amacıyla uzaya makineler göndermesi, bir dönemeci geride bıraktığımızı anlatıyor: Kozmik toz artık bir tehdit değil. Bir vaattir.

Tozun, sonunda güneş sistemimizin atalarını kesin olarak belirlememize izin vereceğini umabilir miyiz? Goddard Uzay Uçuşu Merkezi'nden astrofizikçi Larry Nittler tozun, dünyamızın

ortaya çıkmasından bizzat sorumlu yıldızları değilse bile hangi tip yıldızların bu süreçte rol oynadığını gösterebileceğini söylemektedir. Nittler, göktaşı örneklerini ağır asit içinde çözündürüyor. Bu çözünme süreci sertleşmiş, eski toz taneciklerini serbest bırakıyor ve böylece Nittler onların kimyasal yapısını inceleyebiliyor. Karbon 12 ve karbon 13 izotoplarının oranlarını karşılaştıran Nittler, tozu oluşturan yıldız tipini belirleyebilmek için seçenekleri daraltabiliyor. Çünkü büyüklüklerine ve yaşlarına göre gruplandırıldığında her yıldız tipinin ortaya çıkardığı tozda, belirgin bir karbon izotopları karışımı bulunmaktadır. Bir göktaşı parçacığının içindeki alüminyum oksit izotopları da – kuyumcular buna safir diyor – belirli oranlarda bulunur. Fakat Nittler'ın ölçümleri incelikli olsa da, bilim insanları kökenimizdeki buluta toz katkısında bulunan yıldızların sayısını hâlâ belirleyememiştir. Nittler gülerek "Birden çok daha fazla," diyor. "Çoğu kişi, birkaç kanıt dizisine dayanarak bu sayının on ile yüz arasında olduğunu düşünüyor. Önemli olan bu sayının çokluğudur " Nittler, sırf safirlerin çeşitliliğinin bile, yaklaşık 30 tane ölmüş yıldıza saygı borçlu olduğumuz anlamına geldiğini söylüyor. Fakat bu yıldızlara anneler günü kartı göndermek zor olacak. Nittler "Bir taneciği, belli bir yıldızla ilişkilendirmek imkânsız," diyor. "Güneş sistemi milyarlarca yıl önce oluştuğunda, o yıldızlar çoktan ölüp gitmişlerdi."

Fakat kökenimizdeki bu yıldızlar bizlere, kendi göz alıcı hayatlarından anılar bırakmıştır. Büyükanneden anneye, anneden kızına geçen elmas yüzükler gibi, mücevherle süslü uzay tozları da Antarktika'daki buzulların üstüne, damlardaki çocuk havuzlarına ve mutfak tezgâhlarımızın üstüne konuyorlar. Bu tozun içinde, Dünya'daki her bir hayat parçası gibi, bizim de çok uzun ve sıra dışı bir hikâyenin parçası olduğumuzu hatırlatan küçücük mesajlar gizlidir.

4. Bölüm

Çöllerin Ölümcül Tozu

Büyük Ana'nın başına korkunç bir şey gelmişti.

Büyük Ana, bir dinozordu. Teknik deyimiyle bir *Oviraptor*'du; devekuşu boyutlarındaydı. Kaplumbağanınkini andıran geniş ağzını, insan parmakları kadar uzun, kıvrık pençelerini dikkate almazsanız biçimi de kabaca devekuşu gibiydi. Kâşifler 1923'te Gobi Çölü'ndeki turuncu renkli kumtaşı içinde ilk *Oviraptor* iskeletiyle karşılaştıklarında, ne yazık ki bu hayvanın kimliğini yanlış anlamışlardı. İskelet fosilleşmiş yumurtaların bulunduğu yuvarlak bir yuvanın yanında kıvrılmış bulunduğundan türü Latince "yumurta hırsızı" olarak etiketlenmişti. Ancak 1993'te, bulunan başka fosiller sayesinde bu hayvanın itibarı iade edildi. Fosillerden biri yuvadakilerle aynı tipte bir yumurtaydı ve içinde kıvrılmış halde bir *Oviraptor* embriyonu bulunuyordu. İkinci fosil ise yetişkin bir *Oviraptor*'du; bir başka yumurta yığınının üstüne o kadar kusursuz biçimde kıv-

rılmıştı ki, yapılan hata anlaşılıyordu. Bu canlı *Oviraptor* (yumurta hırsızı) değil, *Oviprotector*'du (yumurta koruyucusu). Paleontologlar cinsiyetinden emin olamasalar da fosile "Büyük Ana" adı takıldı.

İyi ebeveynlik üzerine güzel bir örnek olabilecek bu canlı, yaklaşık 75 milyon yıldır toprağın altında gömülü kalmıştı; geleceği ise üstüne yattığı oval fosillerde tükenmişti. Sonunda kazılarak çıkarılan ve üstündeki kum taneleri temizlenen bu yaratığın kemikleri ve yumurtaları, paleontologların, dinozorların yavrularına gösterdiği özeni gerektiği gibi ciddiye almadıklarını en güzel biçimde ifade ediyordu.

Fakat yüzeye çıkarılan *Oviraptor* yeni bir soruyu da beraberinde getirmişti: Bir dinozoru yuvasından fırlayıp kaçmaya fırsat bulamayacak kadar böylesine hızla ve bu kadar derine gömen şey neydi?

New York'taki Amerikan Doğa Tarihi Müzesi'ndeki meşhur dinozor salonlarını yeniden tasarlamış ve yıllarca temmuz aylarını Moğolistan'ın Gobi Çölü'nde 100 derece sıcaklığın altında geçirmiş samimi ve cömert bir insan olan jeolog Lowell Dingus "Bir anlamda bu kadim zamanlardan kalma, çözümlenmemiş bir cinayet " diyor.

Toz, elbette ki zanlılardan biri; ancak bu pek karmaşık bir cinayettir.

Öncelikle sadık *Oviraptor* yalnız değildi. Çağlar boyunca başka birçok türde dinozorlar, sürüngenler, memeliler ve kuşlar yuvasının içindeki *Oviraptor* gibi aniden öldürülmüştü. Kurbanlar, tanka benzer ankilozorlardan kaplumbağalara, küçücük ilkel memelilere dek değişiyordu. Artık Moğolistan-Çin sınırının her iki yanında uzanan Gobi Çölü'nün her tarafında rastlanan verimli kuytularda, rastgele sıkışmış olan kumtaşları ufalanıp dağılmakta ve bu kemikleri açığa çıkarmaktadır: Omurgalar, dişler, kaburga parçaları. Dingus muzip bir gülümsemeyle "Herhalde hepsi aynı anda artirit olmadı bunların" diyor. Toz, bu hayvanların ölümünde hangi yöntemi kullanmış olursa olsun, paleontologlara çok büyük bir yardımda bulunmuştur.

Oviraptor'un gösterdiği gibi, Gobi'de bulunan iskeletler aslında dinozorların *davranışlarını* korumuştur. Dinozorlar için bu alışılmış bir durum değildir. Genellikle ölü bir dinozor çiğnenmiş, parçalanmış ve geniş bir araziye dağılmış olarak bulunur. Sonra topraktaki asitler, dağılmış kemikleri yavaş yavaş bir tavuğun lades kemiğinin eğlence olsun diye bir bardak sirkeye batırılmasıyla ortaya çıkan o lastiğimsi şeyin biraz daha hafifine benzetir. Ölü bir dinozor, koruyucu görevi yapacak bir nehre yuvarlanacak kadar şanslı olsa bile, ortalamalar kanununa göre ceset çürürken kemikler de dağılacaktır. İyi bir fosilin oluşması için kemiğin gecikmeden gömülmesi gerekir. Bu ihtimal de zayıftır. İyi bir iskelet için ise hayvanın bütünüyle ve hemen gömülmüş olması gerekir. Bu yöndeki ihtimaller ise fazlasıyla zayıftır.

Fakat Gobi'de gerçek hayattaki gibi duruşlarda donup kalmış, eksiksiz dinozor iskeletlerine rastlamak olağandır. Soru işareti yaratan bir başka şey de çok sayıda olağanüstü incelikte kemiğin saklanmış olmasıdır. Fosilleşmiş parlak yumurta kabuklarının içinde, dinozor embriyonlarının oyuncak büyüklüğündeki beyaz kemikleri bulunmaktadır. Burada bizim memeli öncülerimiz olan kalemlerin içindeki kurşunlara benzeyen bacak kemikleri, pirinç tanelerini andıran omurgaları ile köstebek benzeri yaratıklar bile vardır. Fosil avcıları ellerinde ters çevirdiklerinde içinden bir memelinin ya da minicik bir kertenkelenin beyaz kafatasının seçilebildiği bir santimlik kumtaşı küreleri bulabilmek için yerin her karışını ararlar. Yaprak inceliğindeki kemikler taşlaşmış kumla kaplanmıştır, bu taş göz çukurlarında ve dişlerle kaplı incecik çenelerin arasında pembe pembe parıldar. Gobi'de bir ay süren avlanma sonucu elli tane kafatası bulunabilir. Dünyanın hiçbir yeri burayla kıyaslanamaz. Peki ama bunun sebebi nedir?

Bu tedirgin edici sorudan usanan Lowell Dingus 1996'da, Lincoln'de Nebraska Üniversitesi'nde kum tepesi uzmanı olarak görev yapan uzun boylu, az konuşan Kum Doktoru David Loope'u ekibine aldı. Loope tozu da işin içine katan bir kuram formüle etmişti. 1997'de de iki jeolog, on sekiz kişiden oluşan bir

dinozor avı araştırma ekibiyle, kumların arasında kanıt aramak için yeniden Gobi'ye gittiler.

Yolculukları hızlı olamadı. Ulan Batur'dan güneye giden toprak yol üstünde ne benzin istasyonları, ne buz makineleri, ne kartlı telefonlar ne de hayatı kolaylaştıracak başka bir şey vardı. Genel olarak seyrek yabani Frenk soğanları, çakıl, develer ve insanı kör edecek kadar güneş ışığı ve toz bulunmaktaydı. Bu yüzden yiyecekler, alet edevat, çadırlar, su depoları, yedek lastikler, motor yağı, bira ve bol miktarda tuvalet kâğıdı iki kamyonete yüklendi. Araçlar sık sık bozulup durduğunda, Dingus, Rus yapımı bir dört çarpı dördün arka koltuğunda, yeşil fötr şapkasını güneş gözlüklerinin üstüne indirmiş, sigara içiyor olurdu. Kum Doktoru ise yüzü kırmızı şapkasının gölgesi altında kestirirdi. Ellerine bir fırsat geçtiğini sezen deve keneleri, dikenli gümüşi yeşil çalılıkların zayıf gölgesinden çıkıp üstlerine gelirlerdi. Konvoy, hayret uyandırıcı kırmızı tepeciklerle dolu geniş bir vadiye bakan bir tepeye vardığında, neredeyse bir hafta geçmişti. Dinozor avcıları kamyonetlerinden indiklerinde, botlarının altında dinozor yumurtası kabuklarının parçaları çıtırdıyordu. Her yerde fildişi renkli kabuk parçaları vardı. Ve attıkları her adım küçük bir toz bulutu kaldırıyordu.

Dünya'nın her yeri gibi Moğolistan da erimiş tozdan oluşmuştur. Eriyik halini almış uzay tozu topumuz soğudukça daha hafif mineraller yükselerek yüzeye çıktı. Altta bulunan eriyik halindeki kayadaki akıntıların etkisiyle, yavaş yavaş soğumakta olan bu kabuğun parçaları deniz tabanındaki plakalarla taşınarak ağır ağır dünyanın çevresinde dolanıyordu. Yeni oluşan genç kıtalar körlemesine birbirleriyle çarpışıyor ve yeniden geri çekiliyorlardı. Sıvı haldeki kayalar yükselip soğudukça, kıtalar büyüyüp gelişiyorlardı.

Adına Asya dediğimiz kabuk parçası, yalnızca yarım milyar yıl önce Sibirya'dan başlayarak tıpkı bir sürüngen gibi denizden yükselmeye başlamıştı. Bu sürüngenin omuzlarını oluşturan Moğolistan da, bir yandan deniz düzenli aralıklarla bu omuzla-

rın üzerinden aşıp aktıkça, yükselmeye başladı. Moğolistan'ın güneyinde ve batısında bugün en yakın okyanusa yüzlerce kilometre uzakta olan bölgelerde fosilleşmiş mercanlar bulunmaktadır. Gobi Çölü'nün erozyonla aşınan dağlarındaysa, muhtemelen kadim deniz yaratıklarının iskeletlerinden oluşmuş kireçtaşı yatakları vardır.

Moğolistan'da *Oviraptor*'un evrimleşmesinden çok uzun zaman önce yaşanan ilk dinozor çağı, belki de yarı tropikal ve tozsuz bir dönemdi. Denizden gelen su buharıyla yüklü sıcak rüzgârlar, ülkenin kuzeyine doğru musonlar estiriyordu. Fakat sürüngenin karnı olan bölgenin güneyinde, volkanik ada zincirleri peş peşe okyanustan fırlıyor ama hemen ardından kuzeye doğru sürüklenip genç Moğolistan'ın kıyılarına çarpıyordu. Çin oluşmaktaydı. Ard arda taze yer kabuğu tabakaları Asya'ya ekleniyor, Moğolistan'ı sarsıyor, kayalarını parçalayıp yüksek, birbirine paralel bayırlar haline getiriyordu. Çin'de de yeni dağlar yükseliyordu; bu dağlar bir noktadan sonra o kadar yükselmişlerdi ki, kuzeye doğru yol alan ıslak muson bulutları bunların üzerinden zorlukla aşar hale geldiler. Bulutların her biri yükseldikçe soğuyor, taşıdığı su buharı da yoğuşuyordu. Bulut tepelerin güney kanadından tırmanırken yağmur bırakıyordu. Eğer hâlâ içinde su buharı kalmışsa, artık küçülmüş olan bulut dağ silsilesinin üzerinde geziniyor, güney Moğolistan'ın susamış, oyuk oyuk topraklarına yalnızca kandırıcı gölgeler düşürüyordu.

Bir çöl doğmuştu ve tozlar yükselmeye başlamıştı.

♦♦♦

Dingus, Loope ve araştırma ekibi bugünün Gobi Çölü'ndeki Ukhaa Tolgod'da gri-pembe renkli geniş bir yaylada sarı çadırlarını kurarlar. Fosil avcıları gündüzleri sıcak toz ve kum bulutlarının altında çalışır, rüzgârlı akşamlarda da yiyeceklerini uçuşan toz-topraktan korumak için yemeklerini alelacele yerler.

Kamp ateşinin birkaç adım ötesindeki bir patikadan, yaklaşık bir mil genişliğinde ve her yerinde bol bol fosil bulunan va-

di tabanına iniliyor. Vadiyi çevreleyen sarı-turuncu kumtaşı yamaçlardan ucu çıkmış daha da çok beyaz kemik gözüküyor. Bir temmuz sabahı Loope ile Dingus vadinin tabanına inerler ve çanağın sağ duvarına yönelirler. Sabahın sekizinde hava son derece sıcaktır. Havada asılı duran mikroskobik tozlar gün ışığına amansız bir parlaklık verir. Çakıltaşı kaplı zemin sıcaktan dalgalanır. Ufukta ağır ağır ilerleyen birkaç deve, rüzgârdan şekli bozulmuş çalılık kümelerinin arasından sallana sallana geçiyor.

Loope, seyrek konuşur. Dingus da konuşma konusunda aynı tutumlulukla davranır. Onlardan daha gürültücü olan fosil avcıları, Loope ile Dingus'a "Jeocular" adını takmışlar.

İki araştırmacı vadi duvarının zeminine yığılmış kayalık parçalarının üzerine tırmanıyorlar. Yakından bakıldığında yamaçtın bu kısmı eğik duran katmanlara ayrılmış gibi görünüyor. Loope, vadinin duvarlarındaki erozyonun, taşınması çok eskiden durmuş kadim bir kum tepesini ortasından yarmış olduğunu görüyor. Bu kesitteki belli belirsiz her tabaka, tepeciğin hareketsiz kaldığı ve eğik yüzeyinin katılaşıp ince bir tabakaya dönüştüğü bir zamana işaret ediyor. Bunun ardından, yine uğultulu rüzgârların estiği bir dönem gelecek ve kum tepesine beş-on santim daha yeni kum ekleyecek. "Jeocular"a göre bu tür kum taşları "katmanlı"dır.

Tırmanırken kaymamak için çabalayan Loope, bir köşeyi dönünce, yamacın tabakalı yüzeyine doğru eğiliyor. Soluk bir tabakanın alttaki daha koyu renkli tabaka üzerinde bıraktığı el büyüklüğünde bir dizi ize bakıyor. Heyecanını gizlemek ister gibi gözlerini kısıyor.

"Sanırım bunlar dinozor ayak izlerinin kesitleri," diyor.

Kadim çamurdaki dinozor izlerini belirlemek, eski kum içindeki izleri belirlemekten çok daha kolaydır. Fakat Kum Doktoru 1984'te Nebraska Kum Tepeleri'nde fosilleşmiş bizon izleri bulmuştu. Bu zorlu çölde de dinozor izleri bulan ilk kişi o oldu.

Bu izler Gobi'nin 75 milyon yıl önce ne kadar tozlu olduğunun işareti. Kum tepelerinden hiç değilse bazıları, bir süre için de olsa çıplaktı ve sabit değildi. Fakat Dingus, bu eski kumtaş-

larının içinde korunmuş küçük göller ve bitkilerin de bulunduğunu gösteren kanıtlar olduğunu söylemektedir. Bu, o zamanki Gobi'nin bugünkü Gobi'den herhalde çok değil ama, biraz daha nemli ve yeşil olduğu anlamına gelmektedir.

Bu tür iri yaratıklar, böylesine kuru ve rüzgârlarla hırpalanan bir yerde kendilerine yetecek besini nasıl buluyorlardı? Diyelim ki büyük etçil yaratıklar sadık *Oviraptor*'ları ve kolay üreyen, dolayısıyla, domuz büyüklüğündeki fosilleşmiş kıvrımlı kafalarıyla Ukhaa Tolgod'da her adımda insanının ayağına takılacak kadar bol bulunan *Protoceratops* dinozorlarını yiyorlardı. Peki, o zaman *bu* hayvanlar neyle besleniyordu?

Dingus, biraz daha dikkatli bakmamızı söylüyor. Bugün Gobi Çölü'nde kaç tür hayvanın yaşayabildiğini düşünün. Sürü halinde yamru yumru develer. Küçük evcil koyun sürüleri. Sayısız ceylan. Zaman zaman rastlanan kartallar, kurtlar ve kirpiler. Bu uçsuz bucaksız çölde, uzaktan beyaz benekler gibi görünen, *yurt* adlı keçe çadırlarını kurmuş olan bazı ilginç *homo sapiens* grupları da mevcut. Bu ayrıntılı çağdaş besin beslenme ağı, sıradan bir gözlemle görüleceği kadarıyla, sadece birkaç dikenli çalıya ve yabani soğana dayanıyor. Belli ki, tozlu bir arazi, hayatın olmadığı bir ortam değil.

Öte yandan kum tepesindeki izler muhtemelen çok kurak çağlara dağılmış, dinozor yuvalarıysa biraz daha yağışlı dönemlere uzanıyor. Bütün çöllerde ufak tefek durum değişimleri olur; tozluyken nemlenirler, sonra yine eski hallerine dönerler. Büyük iklim döngüleri çöllerde çok daha büyük değişimler yaratır. 18000 yıl önce buz devrinin buzulları gezegendeki suyun çok büyük miktarlarını dondurarak hapsettiğinde, ekvatorun çevresinde 4000 mil genişliğinde bir kuşak içinde kalan toprakların yarısı çıplak kumla kaplıydı. Bugün bu kuşağın sadece yüzde 10'u kumludur. Buna bağlı olarak da, havaya yükselip gezegenin etrafını dolanan çöl kumu bulutu artık daha incedir.

Aslına bakılırsa, Gobi'deki küçük durum değişimleri Ukhaa Tolgod'da gerçekleştirdiği kitlesel kıyımda toza yardım etmiş olabilir.

Oviraptor'un kumlu mezarı, bu yörenin o zaman da tozlu olduğunu gösteriyor. Gobi'nin hızla çözülmekte olduğu tartışılmıyor. Fakat Büyük Ana, Ukhaa Tolgod'da yumurtalarına bakarken, telaşa kapılmamıştı. Çöl tozunun oluşması kolay fark edilmeyen bir süreçtir. Aralıksız sürdüğünü unutmak kolay olur.

Rüzgâr bunu hatırlatan bir etken olsa gerekti. Hışırtı sesi çıkartacak hiç ağaç ve çimen olmamasına rağmen Gobi'de rüzgârın sesi işitilebilir. Rüzgâr kaya çıkıntıların çevresinden geçerken alçak ve uğuldayan bir ses çıkarır. Kum tanelerini çakıllara fırlattığında ise cızırtılı bir ses yapar.

Dağlardan, kireçtaşı yataklarına, hatta kum tanelerine dek kayaların çoğunda zayıf noktalar bulunur. Gezegenin kayaları, eriyik halinde kumken katılaştıkları ya da birikmiş mercan iskeletlerinden oluştukları zamanlardan bu yana, bir hayli hırpalanmışlardır. Geride kalan 4,5 milyar yıl içinde kayaların çoğu bükülmüş, kıvrılmış, ezilmiş ya da ters çevrilmiş, yamaçtan kopup düşmüş, ufalanıp toza dönüşmüş ya da eriyip lav haline gelmiştir; bazılarıysa bu saydıklarımızın hepsine dayanmıştır. Dolayısıyla bir kaya, ille de kaya gibi sapasağlam değildir; üzerinde özürler ve ince çatlaklar bulunur. Bir kireçtaşı yamacı, eninde sonunda çökecektir. Bir kum tanesi, rüzgâr üzerine küçük bir el bombası fırlatmaya hazırlandığında parçalanmaktan kurtulamayacaktır.

Rüzgârın yerden kum kaldırabilmesi için saatte en az 20 mil hızla esmesi gerekir. Rüzgâr etrafında uğuldarken, çöl zeminindeki bir kum tanesi ileri geri titreyip duracaktır. Ondan sonra da kanatlanacaktır. Kısa bir mesafe boyunca yaklaşık iki metre yüksekte yol alacaktır. Sonra yere düşecektir. Yere konarken bir başka kum tanesinin köşesine çarparak daha küçük parçacıklar yağmurunu başlatabilir: İşte, toz doğmuştur.

Dahası, bu bombanın etkisi, çarptığı kurbanı yerden yükseltip rüzgârın içine savurmak için gereken hamle olabilir. Böylece yeni bir bomba döngüyü devam ettirir. Rüzgârın üflediği kum, çakıllardan ve parça kayalardan da toz zerrecikleri koparabilir. Bir dağın yamacından soluk renkli bir kireçtaşı tozu yağmuru başlatabilir.

Başka çöllere kıyasla aslında kum bakımından oldukça fakir olan Gobi'de buzlanma, tozun üretilmesinde daha etkili olan bir araçtır. Gobi Çölü kışları orta miktarlarda yağmur ve kar alır. Bu nem, kayalardaki ince çatlaklar ve oyukların içine sızar. Sonra ısı düştüğünde su buza döner. Suyun kristal yapısı kayadaki çatlaktan dirseğini çıkarır ve çatlağın daha da genişlemesine yol açar. Su ister bir yamaçtaki, ister kopmuş bir kayadaki, ister bir kum tanesindeki çatlağa yerleşmiş olsun, sonunda barındığı şeyi parçalayıp dağıtacaktır. Bunu ilk buzlanmada başaramazsa, bir sonraki ısınmada eridiğinde daha derinlere inecek, yeniden donduğunda daha üstün bir kaldırma gücüne sahip olacaktır. Er ya da geç mikroskobik boyutlarda bir tozlardan bir çığ düşecektir.

Tuz da, kayalardan toz koparmak için benzer bir yönteme başvurur. Dünya'nın kabuğunda sık rastlanan çeşitli tuzlar, doğal olarak yaşlanmakta olan kayalardan dışarı sızar. Ancak suyun akıtma gücünden yoksun olan çöller özellikle tuzludur. O halde belki de *Oviraptor* yuvasında hayallere dalmış otururken havadan inen bir tuz kristali yuvanın yakınındaki kireçtaşı çakılının üstüne konmuştur. Gece olduğunda tuz, bir çiğ tanesiyle nemlenmiştir. Eriyen tuz çakıldaki bir çatlağın içine sızmıştır. Ertesi sabah güneş doğduğunda çiğ buharlaşıp bu çatlaktan uçmuştur. Tuz bu yeni konumunda kristal formuna geri dönmüş ve dirseklerini çakıldan dışarı itmiştir. Eğer Büyük Ana o çakıldaki bu küçük kanyonun içinde olabilseydi, duvarlarının iki yana doğru açılmak için zorlanırken çıkardığı küçük bir inlemeyi duyabilirdi.

Bugün Gobi'nin dehşet verici üçlüsü budur işte: rüzgâr, tuz ve buz. Bu üçlü, içinde faaliyet gösterdikleri tehlikeli ortamdan da özel bir yardım alır. Sürekli hırpalanmakta olan kayalar, parçalayıp ufalanması en kolay olanlardır. Ayrıca son 50 milyon yıldır Himalayalar'da oluşan Hindistan-Asya çarpışması, Everest Dağı'ndan en az bin mil uzakta olan Moğolistan'ı da sıkıştırmaktadır. Gobi'nin gri, akordeon gibi kat kat dağlarından çöl tabanına sürekli kaya düşer. Ve rüzgâr, tuz ve buz burada kayaları toza dönüştürmeye başlar.

Bazı kayalar, toz üretmeye doğal olarak diğerlerinden daha yatkındır. Kireçtaşı, feldispat ve alçıtaşı kolayca toz haline dönüşür. Öte yandan kuvars serttir. Yaşlı kum tepeleri ve pek çok sahil, aşınarak yuvarlak biçim almış son derece sert kuvars toplarından oluşmaktadır. Fakat bu dayanıklı mineral için bile toz haline gelmek kaçınılmazdır. Kuvarsın kristal yapısının ta içine sızmak için biraz çiy yeterlidir. Su, kristaldeki düzensizlikleri izler ve molekülleri birer birer eritir. Büyütülmüş haliyle, yaşlanmakta olan bir kum tanesi yaşlanmakta olan bir dağa benzer: tepesi yuvarlaktır, fakat minik "nehirlerin" açtığı "koyaklarla" oyulmuştur. Ve bir "yamacın" tabanına "talus" denilen, saç telinin yüzde biri genişliğinde aşınmış kaya parçaları dökülmüştür.

Kadim Gobi'de bir gün, sert bir esinti birden Ukhaa Tolgod'da uğuldadı. Tozlaşmış kireçtaşı, alçıtaşı, tuz ve başka tozlalarla karışmış mikro taluslar sıcak rüzgârda döne döne havalanmıştı. Rüzgâr dindiğinde bir *Oviraptor* başının üstünde toz yükseliyordu.

Büyük Ana'nın başının üstündeki toz özellikle bu yöreye ait değildi. Erozyon dünyanın her yerinde sürekli toz üretiyordu. Gezegenin daha yeşil kesimlerinde toz çabucak bitkilere ve nemli toprak tarafından tutuluyordu. Fakat gezegenin kuru kesimlerinde oluşan tozun rüzgâra kapılması daha muhtemeldi. Bu tozun küçük bir bölümü o kadar yükseğe çıktı ki, ancak binlerce mil yol aldıktan sonra yere inebildi. Geri plandaki bu pus, rüzgârın Dünya'nın yüzeyinden toplayabildiği her şeyden bir parça taşıyordu.

Milyonlarca yıl önce yükseklerde uçan bu toz bulutuna Dünya'nın hangi tozlu kesimlerinin en fazla katkıda bulunduğunu belirlemek ancak bir tahmin işi olabilir. Fakat bugünkü Dünya'nın üzerindeki tozlu bölgelere yapılacak bir gezinti *Oviraptor*'un üzerindeki kadim gökyüzünde bulunan toz çeşitlerini bize gösterecektir. Bugün en büyük toz üreticisi Büyük Sahra'dır. Pek çok çöl, kaya yatakları, taşlar ve çakıllarla döşelidir, köşelerine de biraz kum serpilmiştir. Sahra'nın ise beş-

te biri kumla kaplıdır ve kum tepelerinin yüksekliği 300 metreyi aşabilir. Dört Texas büyüklüğünde bir alanın beş katlı bir bina yüksekliğinde kumla kaplandığını düşünün. Ve bütün bu kumun dönüp dolanıp diğer kum kardeşlerini bombaladığını, bir yandan da sürekli olarak tuz ve güneş tarafından parçalandığını gözlerinizin önüne getirin. *Oviraptor*'un zamanında Gobi Çölü kadar uzaklara Sahra'dan ne kadar kumunun gittiğini söylemek zordur. Fakat bugün Kuzey Afrika'dan muazzam altın tozu bulutlarının kalktığını biliyoruz. Bilim insanları hemen Dünya'nın yüzeyinden kalkan toz miktarının ağırlığını tahmin etmenin çetrefil bir iş olduğunu vurgularlar. Fakat geçmişte, bazı cesur kişiler tahmin yürütmüşlerdir. Popüler olan tahminlerden biri Sahra'nın gökyüzüne her yıl 600 milyon ton toz fırlattığı yönündedir. Başka bir tahmin, her yıl oluşan bu bulutun bir *milyar* ton olduğunu söyler. En düşük tahmine göre her dört saniyede bir bir vagon dolusu Sahra tozu Afrika'dan uçmaktadır. Her dakikada on altı vagon. Her saatte bin vagon dolusu. Her gün, her yıl bu böyle.

Çin'in geniş –ve genişlemekte olan– çölleri de gökyüzüne benzer bir miktarda toz kaldırıyor olabilir. Amerika Birleşik Devletleri'nin orta ve batı bölgelerinde erozyona maruz kalan tarım arazilerinden de, he ne kadar uzaklara kadar gitmeye yatkın değilse de, her yıl yaklaşık bir milyar ton toprak havalanıyor olabilir. Bugün bir başka zengin toz kaynağı da *kadim* çöl kumudur. Gobi'nin güneyinde Çin Lus Yaylası adı verilen harika bir tarım alanı yer almaktadır. Taş içermeyen lös, milyonlarca yıl içinde Gobi ve Taklamakan çöllerinden savrulmuş olan saf tozdur. Her iki buçuk yüzyılda 2,5 cm kadar yağan bu toz tabakası, 100.000 mil kareyi aşkın bir alan üzerinde hiç kalkmayan ince bir kar tabakası gibi birikmiştir. Bu alanın büyüklüğü Colorado eyaletinin büyüklüğüne yakındır. Çin'in kuzeyine dağılmış diğer lös alanlarını da eklerseniz, tozlu toprak bütün ülkenin beşte birini kaplamaktadır. Yerleşim yerlerinin artması ve erozyon, toz örtüsünü inceltmiş olsa da, bu tabaka birçok yerde hâlâ yaklaşık 100 metre, hatta bir noktada 330 metre derinliğindedir.

Tüm dünyada lös, Yerküre'nin toplam yüzeyinin yüzde 10'unu kaplar. Bu kadim çöl kumunun bir bölümü, rüzgâr geçirmeyen bitki zırhının altında güvendedir. Ama başka bölgelerden, çok kez de insanların kötü kullandığı yerlerden, rüzgârlara hesaplanamayan miktarda kadim toz savrulmaktadır. Buzullar çöllerin tersiymiş gibi görünebilir, ama buzul tozu da mutlaka *Oviraptor*'un üstünü örtmüş olsa gerek. Derin bir buz nehri bir dağ silsilesinin içinden yavaş yavaş akarken "kaya unu" denilen mikroskobik parçacıkların yanı sıra ev büyüklüğünde kayaları da sıyırır alır. Tıpkı bir kokarcanın üzerindeki şeritler gibi, buzul boyunca uzanan siyah çizgiler halindeki bu kazınma izlerini görebilirsiniz. Buzullardan akan erimiş buz dereleri çok kez taşıdıkları kaya unu yüzünden çok hoş bir gri-yeşil tonunda olurlar. Bu dereler taşıdıkları ufalanmış kaya yükünü bir düzlüğe bıraktıklarında, bu toz da artık etrafa yayılmaya hazırdır. Ama toz bilimi henüz gençtir: bilim insanları bugün buzulların ne kadar toz ürettiğine dair bir fikre sahip olmadıkları gibi, milyonlarca yıl önce ne kadar toz ürettiklerini de tahmin edemiyorlar.

Playa adı verilen kurumuş göller de toz bakımından cömerttir. Sadece Amerika Birleşik Devletleri'nin batısındaki çöllerde yüzden fazla kurumuş göl bulunmaktadır. Son buz devri sona erdiğinde su kaynaklarından yoksun kalan bu göller buharlaşarak kurumuştur. Uçaktan bakıldığında tuzlu yüzeyleri arazinin üzerinde solgun ve yassı yara izleri gibi görünür. Ancak tuzun altında kadim nehirlerin içlerine akıttığı, derin ince mil yatakları barındırmaktadırlar.

Bazı playalar tozlarını kolay kolay bırakmazlar. Uzay mekikleri bazen bunlardan birinin, California'daki Mojave Çölü'nde bulunan eski Rogers Gölü'nün üzerine iner. Bu trafik gölün yüzeyindeki koruyucu tabakayı kırsa da, kışın yağan yağmurlar her yıl yüzeyi yeniden düzler ve çatlaklarını kapatır. Yüzey tabakaları daha gevşek olan başka nehirler sulu zamanlarında toplamış oldukları ince çökeltiden büyük miktarları havaya salabilir. Bugün bu tozlar çok büyük zararlara yol açmaktadır.

Rogers Gölü'nün 80 mil kuzeyindeki Owens Gölü, ülkenin en hayret verici toz kirliliği kaynağı olarak istenmeyen bir ayrıcalık kazanmıştır. 110 mil karelik bu gölün suyu 1920'lerde Los Angeles halkının büyüyen su ihtiyacını karşılamak için bilerek çekilmiştir. Gölün ölümünden bu yana rüzgârlar inanılmaz miktarda toz havalandırmış olabilir: Tahminler *her yıl* 400.000 ton ile 9 milyon ton arasında değişmektedir. İki buçuk kilolun bir torba unu rüzgâra savurduğunuzu düşünün. Sona da, en düşük tahminlere göre, bütün bir yıl boyunca her dakikada 300 torba boşalttığınızı düşünün. Göl kenarındaki Keeler kasabasının sakinleri "Keeler sisi" dedikleri şeyle yaşamak zorundadırlar ve bundan hiç memnun değillerdir. Keeler sisi evlerinin içine işleyecek kadar ince ve tuzlu bir tozdur. 1995 yılında Keeler kasabasındaki hava, ulusal sağlık standartlarının öngördüğünden 23 kat daha fazla toz içererek bir rekor kırmıştır. Los Angeles zararlı toz alanlarını çakıl, su ve bitkilerle onarmayı ancak 1998'de kabul etmiştir.

Daha büyük göller rüzgâra daha fazla toz bırakır. Devasa boyutlardaki Aral Gölü, sulama yüzünden ciddi boyutlarda küçülmüş, çökeltileri üzerinde rüzgâra dayanıklı bir kabuk oluşturamamıştır. Kaba bir tahmine göre, Aral Gölü'nün toz üretimi yılda 150 milyon ton gibi dudak uçuklatacak boyuttadır. Aral'da, playa tozuna modern çeşni katan bir etken de, uçuşan çökeltilerin yoğun olarak zehirli böcek ilacı içermesidir.

Bütün bu mineral tozları, yükseklerden uçan parçacıkların oluşturduğu pusa katkıda bulunur. Kayalardaki mineralleri ve metallere deniz tuzu zerreciklerinden mikroskobik boyutlardaki camsı volkanik kül süngerlerine dek başka binlerce doğal toz katılır. İşte *Oviraptor*'un çağında da böyle olmuştur. Dünya'nın derisi dökülüyordu ve her şeyden küçük parçalar havada uçuşuyordu.

Oviraptor'un yaşadığı çağda dünyayı yükseklerden dolaşan bu toz bulutu bugün olduğundan belki biraz daha kalın, belki de biraz daha ince bir tabaka halindeydi. Ama vardı. Rüzgârın uçurabildiği yalnızca Moğolistan'ın hırpalanmış kayaları ve es-

ki mercan resiflerinden oluşan tozlar bile olsaydı, yine de havadaki toz yoğunluğu epeyce olması gerekirdi. Yağmur nasıl düzenli yağarsa, rüzgâr da aynı düzenli aralıklarla esiyor ve yerden toz kaldırıyordu. Pembe ve turuncu renkli bu karışım, rüzgâr en sonunda dinene kadar havayı dakikalar, hatta günler boyunca ağırlaştırıyordu.

Ukhaa Tolgod'daki dinozorların ölümüne böyle toz fırtınaları mı sebep olmuştu? Jeocular haklıysa, gerçekten toz fırtınaları dinozorların havasızlıktan boğularak ölmesine yol açmıştı ama, bu dolaylı bir yoldan olmuştu.

Toz fırtınalarının kısa vadeli etkileri bugüne kadar genelde ölümcül tehdit olmaktan çok, bir rahatsızlık boyutunda olmuştur. Yine de bir toz fırtınasının ani etkileri öyle hafife alınacak bir şey değildir. Etkileri öylesine rahatsız edici olabilir ki, Orta Asya ve Arabistan çöllerinde yaşayan insanlar, toz fırtınaları getiren rüzgârlara özel isimler vermiştir. Bu rüzgârların, insanın boğazını tıkayan toz fırtınalarına yol açtığını bilmezseniz, isimleri kulağa gayet romantik gelebilir: *hamsin, harmattan, habub, afganet, şimal.*

Toz yüklü bu rüzgârların fiziksel etkileri, güneş koruyucusu da kullansanız yüzünüzün harçla sıvanmış gibi, burnunuz ve kulağınızın da içi kabuk bağlamış gibi hissetmesiyle bitmez. Yazın bir kumsalda yalınayak yürüdüyseniz, kumun havadan çok daha fazla ısındığını biliyorsunuzdur. Kızgın kum ve toz zerrecikleri havalandıklarında, havada asılı radyatörler haline gelerek; havayı ve aynı zamanda çevrelerindeki insanlarla hayvanları da ısıtırlar. Dahası, kum ve toz rüzgârının yarattığı sürtünmeden statik elektrik doğar ve statik elektriğin de ağır baş ağrılarına neden olduğu söylenir. Kum ve toz fırtınaları hem bitkiler, hem de hayvanlarda çok ciddi boyutlarda su kaybına yol açar. Bütün bunlar yetmezmiş gibi, yerel havanın tozla yüklenmesi, aslında yağmurun yağıp ortamı serinletmesi ihtimalini de azaltır. Toz fırtınaları hayvanlara eziyet çektirmenin yanı sıra, bitkilerin yapraklarını parçalayabilir, modern cihazları tıkayabilir, hatta uçak bile düşürmesi mümkündür.

Ocak 2000'de Kenya Havayolları'na ait bir jetin okyanusa düşmesi ve uçakta bulunan herkesin ölmesi toz sebebiyle olabilir. Yerel haberlere göre uçak, Nijerya'nın başkenti Lagos'un toz rüzgârları nedeniyle kapalı olan havaalanının üzerinden uçmuştu. Uçak o gece daha sonra Abidjan'dan kalkış yaptıktan hemen sonra düşmüştü. Bazı toz uzmanları, toz birikiminin motorlarda türbülans oluşturup, güçten düşmelerine yol açmış olabileceği tahmininde bulunuyorlar.

İyi tarafından bakarsak, tam tekmil bir toz fırtınası kolay kolay başlamaz. Küçük bir toz girdabının tetiklenmesi daha kolaydır. Minyatür hortumlar gibi, bu toz girdapları da sıcak zemin üzerindeki ince bir hava tabakasının, daha serin havanın içinden yukarı doğru köpürerek kendi çevresinde dönmeye başlamasıyla oluşur. Hızla yükselen sıcak hava zeminden tozları ve aynı zamanda kanguru faresi denilen hayvanları da kaldırır. Kanguru farelerinin, bir toz girdabının yükselme hızının ölçümünde çok yararlı bir birim olduğu anlaşılmıştır. Daha doğrusu bilim literatüründe 1974 yılında bu kanıya varan bir araştırmacıdan söz edilir. Toz girdaplarının bazen bu talihsiz hayvanları kaptığını fark eden bir bu araştırmacı, bir kanguru faresinin bir kulenin tepesinden yere düşme hızını ölçmüş. Bu gözleme dayanarak da, toz girdaplarının yükselme hızının saatte en az 25 mil olduğunu hesaplamıştır. Bir de kanguru faresinin bu işten hiç hoşlanmadığını, ancak bu deneyden pek bir zarar görmediğini de gözlemlemiştir. Örneğin California'nın Mojave Çölü'nde günde binlerce toz girdabı meydana geldiğinden, belki de evrimleşme, sık sık havaya uçurulan kanguru farelerine yere çarpmalara dayanıklı bir anatomi kazandırmış olabilir.

Toz şeytanları yüzeydeyken bir metreye yakın çapta olmalarına rağmen, yine de havaya çok miktarda toz kaldırırlar. İyi bir ortam bulduklarında toza iştahları sınır tanımaz. Toz şeytanlarıyla ilgili bilimsel literatürde anlatılan bir vakada, bir toz şeytanı bir inşaat yerindeki açık bir çöp yığınının üstüne yerleşmiş ve göğe doğru saatte bir yard(91.4 cm) küpten fazla toz toprak havalandırmaya başlamıştır. Dört saat sonra, çalışanlar, toz şeyta-

nının sofrasını, üzerine bir buldozer park ederek kapatmayı akıl etmişlerdir.

Tam oluşmuş toz fırtınalarının başlaması zorsa, durdurulmaları imkânsızdır. Dünya'nın tozlu kesimlerinde çok büyük toz fırtınaları Alplerdeki şiddetli kar fırtınaları kadar kaçınılmazdır. Alplerde kar fırtınası mevsimleri olduğu gibi, çöllerde de toz mevsimleri vardır. Örneğin Mısır'da tozlu mevsim Aralık'ta başlar ve beş ay boyunca devam eder. Suudi Arabistan'da bahar, toz mevsimidir. Arizona'da Mayıs ile Eylül ayları arasında tozuyla ünlü 10. Interstate karayolunda seyahat eden sürücülere radyolarını, çölde sarı-kahverengi toz duvarlarının yaklaştığını uyaracak bir kanala ayarlamaları salık verilir. Arizona'daki toz fırtınaları yılda ortalama kırkı aşkın kazaya, çok sayıda yaralanmaya ve bir-iki de ölüme yol açmaktadır.

Arizona eyaletinin Phoenix kenti yılda yaklaşık on beş kez bu fırtınalardan etkilense de, yine de ucuz atlatıyor sayılır. Dünya'da toz fırtınasının en fazla yaşandığı yerlerden biri İran'ın doğusundaki Seistan Havzası'dır. Burada bir yılda seksen ayrı günde görüş mesafesini bir milin üçte ikisi oranında azaltan seksen büyük toz fırtınası rekoru yaşanmıştır. Karakum ve Kızılkum gibi çok güzel isimleri olan çöllerin bulunduğu Türkmenistan, Özbekistan ve Tacikistan'da yılda 40 kadar toz fırtınası yaşanır. Çin'in muazzam Taklamakan Çölü gibi, Pakistan, Afganistan ve İran sınırlarının bitiştiği kurak bölge de, yılda 30 kadar fırtına yaşar. Bunlar ortalama rakamlar olup havanın ve iklimin keyfine bağlıdır. 1970'lerin başında alt-Sahra'da Sahalin'i vuran korkunç kuraklık Sudan'da kopan toz fırtınası sayısını olağanın beş katına çıkarmıştır.

Toz fırtınaları 75 milyon yıl önce muhtemelen *Oviraptor* için yaşamın olağan bir parçasıydı. Belki bir bahar öğleden sonrası, yeni ısınmış bir hava tabakası soğuk bir tabakayla şiddetle çarpıştığında kadim Gobi Çölü'nün üzerinde bir toz fırtınası kopmuştur. Şiddetli bir kum fırtınası, çölün yüzeyine gömülmüş olan tozu çarpa çarpa gevşetmiştir. Yerde yuvarlanan toz taneleri bile sarsıldıkça üzerlerine tutunmuş toz parçacıklarını dökmüşlerdir.

Kum yerde kalmış ve toz havalanıp yüzlerce metre yüksekliğinde bir duvar oluşturmuştur. Bu tozdan duvar, zeminden ayrılmadan turuncu bir fırtına halinde kabararak ilerlemiştir.

Bu rüzgâr çok güçlü olsaydı, bu Gobi tozunu o kadar yukarıya kaldırırdı ki, toz ancak bir hafta sonra ve Kuzey Amerika'da yere inebilirdi. Rüzgâr ılımlı esmiş olsaydı, toz Çin 'deki Lös Yaylası'na gidebilirdi. Ama rüzgâr çabucak dinmiş ve tozun Gobi'nin üzerinde berrak havada asılı kalmasına yol açmıştır.

♦♦♦

Çok şiddetli kum fırtınaları, Gobi'deki bazı dinozorların ölümüne doğrudan yol açmış olabilir; bu uzun zamandır varlığını sürdüren bir teoridir. Loope ile Dingus fırtına gibi esen kum ve tozun Ukhaa Tolgod'daki hayvanları öldürmekte doğrudan rol aldığına artık inanmıyor ama, bu teori belki başka yerlere uyabilir.

Ukhaa Tolgod'un kuzeyine doğru, ağır bir sürüşle bir kaç günlük yoldan sonra varılan bölgede, Rus ve Polonyalılardan oluşan bir ekip kumtaşının içinde Moğolistan'ın ünlü "dövüşen dinozorları"nı bulmuştur. Bu fosil ortaya çıkarıldığında, etobur bir *Velociraptor*'un kıvrılmış pençeleri domuza benzer, kanca burunlu bir *Protoceratops*'un iskeletine geçirmiş olarak bulunmuştur.

David Fastovsky, Rhode Island Üniversitesi'nde görevli eskinin çevre koşullarına ilişkin ipuçları bulmak için çökelti kaya katmanlarını inceleyen bir jeologdur. Fastovsky, savaşçı dinozorların bulunduğu kumtaşın bölgesini inceden inceye araştırdığında rüzgârın taşıdığı kumların oluşturduğu belirgin katmanlara rastlamıştır. Fastovsky, kum ve toz fırtınalarının öldürücü olabileceği kanaatindedir. Bugün elbette öyledir.

Toz Çanağı kuraklığı sırasında, milyonlarca insan, ince toprak taşıyan o amansız "kara tipiler" karşısında evlerini terk etmiş, binlerce sığır ve tavşanın havasızlıktan boğularak ya da yedikleri otlarla birlikte çok fazla toz yutmaktan dolayı öldüğü ha-

ber verilmişti. Bazı insanların da toza dışarıda yakalandıklarında havasızlıktan öldükleri yolundan seyrek de olsa bazı haberler duyulmuştu. "Toz zatürresi" denilen, çabuk müdahale edilirse tedavi edilebilen ateşli bir hastalık yüzünden daha çok sayıda insan hayatını kaybetmişti. Daha 1998'de bile muazzam bir toz fırtınası Çin'in batısındaki çöl bölgesinde en az 12 kişinin ölümüne yol açtı. Ancak haberlerde bu insanların tozun yol açtığı trafik kazaları ya da başka kazalarda mı öldüğü belirtilmemiştir.

Uçan kum bile tek başına öldürücü olabilir. Moğolistan'da çırılçıplak soyunup uçan kuma göğüs germek ciddi bir erkeklik gösterisidir. Uçan kum kanamaya yol açabilir. Dikkat dağınıklığına yol açabilir, su kaybından ölüme neden olabilir.

"Çöldeki bir kum fırtınasında iki dinozorun uçan kuma yenik düşüp kum altında gömülmesi çok kolaydır," diyor Fastovsky. "Bu çok, çok hızlı gerçekleşebilir."

1997'deki keşif gezisi sırasında Loope ile Dingus'un araştırma kampına uğrayan küçük kum fırtınaları bile öldürücü olmayı akıllarına koymuşlardı sanki. Sarı bir ılgım gibi döne döne ilerleyen rüzgârlar, çakıllı zeminden kum ve toz kaldırıyor, sonra bunu acımasızca kamyonetler ve sarı çadırların arasında her yana çarpıyorlardı. Kum taneleri insan derisinde iğne gibi batıcı bir etki yapıyordu. Kısılmış gözlerden içeri giriyor, kulakların derinliğine iniyor, çınlamaya sebep oluyordu. Kazıklarını çöle tutunacak şekilde yerleştirmeyen çadırların içleri bile sonradan ince pembe bir tozla kaplanmıştı. Fastovski, Gobi'nin bu değişken jeolojisinin buna benzer başka gösterilerine de tanık olmuştur.

"Bu beni, kum fırtınasında kalmış bir dövüşen dinozor olsaydım, bu durumdan hiç de memnun kalmayacağıma inandırdı," diyor gülerek.

Ancak Loope ile Dingus, Ukhaa Tolgod'da kumun bir işbirlikçisi olduğuna inanıyor. Sıcaklık giderek artarken vadi duvarı boyunca ilerleyen iki Jeocu, Loope'un teorisinin dayandığı bir kesime ulaşıyor.

Vadi duvarının bu kısmı boydan boya kırmızı ve hiçbir tabaka görülmüyor. Yakından bakıldığında, büyük ve küçük kum

tanecikleri, hatta çakılların birbirine rastgele karıştığı bir bileşim görünüyor. Düzgün tabakaların ve dinozor izlerinin görüldüğü daha soluk kumtaşları fosil bakımından fakir, ama korunmuş kum tepecikleri *arasındaki* boşluğu dolduran bu daha koyu renkli, karışık kumtaşı kemiklerle dolu.

Ukhaa Tolgod dinozorlarının katliyle ilgili kum fırtınası teorisinin Dingus'u rahatsız etmeye başlamasının nedeni de bu ayırım. Dingus'un telaşsız tavrıyla açıkladığı gibi, bu teoriye göre şaşkın *Oviraptor* yuvasında otururken bir kum fırtınası sürüp gelmiş ve onu kumla kaplamıştır. Açıklamak için ne kadar çaba gösterilse de, tonlarca kumun araziye boşaltılması için başka akla yakın bir yöntem görülmüyor. Güneş gözlüklerinin ardından kaşlarını çatan Dingus, "Önceden bu çökeltilerin göl birikintisi olabileceği söyleniyordu, ama bu pek olası bulunmadı," demektedir. "Nehirler mi? Genellikle nehirler, dinozorlar kemiklerini bir yerden bir yere taşıyacak ivmeye sahiptirler. Ama bir kum fırtınası, iskelet parçalanmadan bir örneğin hızla gömülmesinin mümkün olan birkaç yolundan biridir."

Kum uzmanı Loope'un da bu senaryoyla bir sorunu var. "David'in kum fırtınası teorisini sorgulamaya başlamasının nedenlerinden biri kum fırtınalarının birkaç metreden fazla kum biriktirmediğinin anlaşılması," diyor Dingus gülerek. Dingus'un bunu eğlendirici bulmasının nedeni, *Oviraptor*'ların omuz yüksekliği bir metreye ulaşan *Velociraptor* tarzı dinozorlardan olmaları. *Oviraptor*'ların uzun, güçlü bacakları, ürkütücü pençeleri vardı. Oviraptor iskeleti akla, yuvasına bir parça kum düştüğü için yere yatıp ölüverecek bir hayvanı düşündürmüyor. Üstelik bunlar, karmakarışık kumtaşlarının içinde bulunan başka bazı dinozorlara kıyasla narin, küçük hayvanlardı. Jeocular ve dinozorları kazıp çıkaran yoldaşları da, bu kum fırtınası öyküsünü hikâyesini düşündükçe, bu açıklamada bir terslik olduğu kanısına varıyorlar.

Loope, kırmızı duvara eliyle vuruyor ve esen rüzgâra karşı sesini yükselterek, "Sanırım bu yapılanmamış birimler akmış çökelti, bu bir kum kayması" diyor.

♦♦♦

Yaklaşık 75 milyon yıl önce bir bahar günü aniden, Gobi'den bir rüzgâr esip geçti. Kumları kaldırıp eski bir kireçtaşı, yani kalsiyum karbonat yatağına doğru fırlattı. Bu beyaz tozdan oluşan ince bir akıntı gökyüzüne doğru yükseldi. İncecik parçacıklar, bahar yapraklarından renk alan seyrek bir örtüyle kaplı devasa kum tepelerinin üstünde havada sanki dans ediyordu.

Bir kaç gün sonra geçen bir bulut bir yağmur damlası bırakmıştı. Damla toz bulutunun içinden geçerken havada asılı duran bir kireçtaşı tozu parçacığını içine aldı.

Yağmur damlası bir kum tepeciğinin dik yüzeyine çarptığında erimiş kireçtaşını, artık sabitleşmiş kumlardan oluşan, yaklaşık 250 metrelik bir kum tepesinin içine savurdu. Bu yağmur damlasının içindeki suyun çoğu çabucak buharlaştı ve yeniden berrak havaya yükseldi. Ama geride, aşağıdaki toz tanelerinin arasından akan, mikroskobik ölçeklerde bir nehir kaldı. Erimiş kireçtaşı, bu nehrin içindeydi. Bu incecik nehir, kum tepesinin yüzeyinin bir metre altında tükendiğinde, kireçtaşı bir kum tanesinin sıcak, düz yüzeyinde yeniden katılaştı.

Yukarıda ise çok sayıda yağmur damlası daha fazla kireçtaşını aşağıya, kum tepesine doğru çekiyordu. Zerrecik üstüne zerrecik birikerek, kum tepesinin yüzeyinin altında ince bir kireçtaşı tabakası oluştu. Sanki biri bir kum tepesi yapmış, onu ince bir alçı tabakasıyla kaplamış, sonra bunun üstüne bir metre yüksekliğinde kum yığmış gibiydi. Fakat kum tanelerinin arasındaki deliklerin doldurulması yüzlerce yılı almıştı.

Loope, "Hatta *binlerce* yıl," diyor. "Bu, çıplak gözle yapılan bir tahmindir, tozun taşınma hızına göre yapılan tamamen rastgele bir tahmindir. Eğer zengin bir kalsiyum kaynağınız varsa, bunu daha hızlı bir biçimde de gerçekleştirebilirsiniz."

Kireçtaşı tabakası, kum tepesinin içinde katılaşırken, başka tip tozlar da üste yığılmış kumu dönüştürüyordu. Her seferinde bir yağmur damlası, çözünmeyen bir toz zerresini aşağıya bıraktığında bu parça kum taneciklerinin üzerinde kurumaya ka-

lıyordu. Yavaş yavaş bu mikroskobik boyutlardaki tozlar her kum zerresini kaplayan bir kil tabakasına dönüştü. Zamanla, bir *Oviraptor*'un fark edemeyeceği kadar ağır gelişen bir süreç içinde bu kum tepesinin üzerinde kaygan bir kireçtaşı tabakası gelişti. Bu tabakanın üzerinde de, küçücük bilyelerden, yani düz kil mantolarla kaplanmış kum tanelerinden ağır bir örtü oluştu.

Kum tepesi hareket edip çölde ilerlemiş olsaydı, bunların hiçbiri olmazdı. Kum taneciklerinin birbiriyle çarpışması, kireçtaşı tabakasını kırar, kumların üzerindeki kilden mantoları da dökerdi. Kum tepelerini iten güçlü rüzgârlar, tozu da uçururdu. Fakat bu dönem, Gobi'nin sakin bir dönemiydi. Çocuk yetiştirmek için ideal bir zaman dilimi gibi görünüyordu. Kum tepelerinin arasındaki vadilerde, kısa ömürlü göletler parlıyordu. Kum tepelerinin içine bitkiler yerleşmiş, tozun içindeki minerallerle beslenip büyüyorlardı. Bu bitkilerin küçük dalları rüzgârı yavaşlatıyor, kıpırdayan kumları dizginliyordu. Bitkiler, hayvanlar âleminde bir besin ağının oluşmasını davet ediyordu. Dinozorlar ve kaplumbağalar, kertenkeleler, minik memeliler ve kuşlar hep birlikte bu çevreye yerleşmişti.

Loope'un tahminine göre, bir gün kadim Ukhaa Tolgod'a gerçekten yağmur yağdı. Bu yağmur damlacıklarıyla yağan toza gelene kadar,tek başına su, zaten Big Mama'nın başına gelecek akıbeti kolaylaştıracaktı.

En son bu kadar ağır bir yağmur yağdığında, kum tepesinin sarp yüzeyinin altındaki kireçtaşı tabakası daha fazla su geçirir durumdaydı. Su, deliklerin arasından sızarak kum tepesinin içinde yoluna devam etmişti. Fakat o zamandan beri yavaş yavaş biriken kireçtaşı da daha fazla boşluğu doldurmuştu. Bu yüzden hızla inen yağmur, kireçtaşı tabakasına çarpıyor ve duruyordu. Kum ile kireçtaşı arasında kısılıp kalan su birikmeye başladı. Kum tepesinin içinde gömülü kireçtaşı tabakasının yüzeyinden ince sızıntılar yol yol akmaya başlamıştı ama su yeterince hızlı bir biçimde çekilmiyordu.

Kütle çekimi uzun süredir bu kum tepesinin yüzeyini aşağı doğru çökmeye zorluyordu. Fakat oyun parkında kuru bir kay-

dırağa yapışmış kalan bir çocuk gibi, kum direniyordu. Ancak o gün su, kaydırağı kayganlaştırmıştı. Yaklaşık 250 metre yükseklikteki kum tepesinin sarp yüzü aniden tepeden aşağıya doğru kaymaya başladı. Kil kaplı milyonlarca bilye, birlikte yuvarlanmaya başladı. Düzgün kum tabakası koparak, tıpkı ağır ilerleyen bir çığ gibi kum tepesinin tabanına doğru yuvarlanmıştı. Bir çamur heyelanı gibi, bu ıslak kum heyelanı da bir insanın koşabildiğinden daha hızlı kayabilir. Hızla inen sulu kum çöl zemini üzerinde yayılırken, çakılları, kayaları, bitkileri ve hayvanları da toparlayıp kendisi ile birlikte sürükleyebilir.

Enerjisi giderek azalan kum heyelanı yuvasındaki Büyük Ana'ya doğru akmıştır. Kum gürleyip tıslıadıysa da Büyük Ana bu işareti almamıştır. Daha biraz önce üstüne düşen yağmur damlalarını silkip yumurtalarının üstünü örtmek için yer değiştirmişti. Hemen ardından da ağır bir kum duvarı yukarıdan üzerine doğru yuvarlanmaya başlamıştır. O aşamada artık kumun enerjisi azalmış, dinozoru yuvasından fırlatmaya yetmeyecek hale gelmiştir. Fakat ağırlığı dinozoru milyonlarca yıl boyunca kalacağı yere çivilemeye yetmiştir.

Kum heyelanını izleyen aylarda böcekler, kumun altında kalmış hayvanların leşleriyle beslenmek için kumda oyuklar açarak aşağıya inmiş olabilir. Bundan sonra da, gömülmüş kemikler arasındaki boşlukları yavaşça dolduran, kille kaplı kum tanecikleri, fare büyüklüğündeki memelilerin mikroskobik ölçeklerdeki kulak kemiklerinin bile korunarak saklanmasını sağlamıştır. Fosilleşme çok sonradan gerçekleşmiştir: yağmur erimiş mineralleri kumun içinde taşımayı sürdürmüş; gömülmüş kemikler çözünürken, her bir molekülün yerini bir kaya molekülü almıştır. Sessiz sedasız akıp giden çağlar boyunca soluk renkli kum, beyaz kemiklerin şeklini alacak biçimde dönüşmüştür. Kil mantoların içindeki demir, pas kırmızısına dönüşmüş, bu da bazı kemiklerin içine işleyip bunların kızıl kahverengi renkli kemik şekilleri olmasına yol açmıştır.

Kemiklerin fosilleşmesi birkaç bin yılda gerçekleştiyse, o halde yüzeyde, bir hava değişimi tüm bölgede etkili olmuş olabi-

lir. Belki iklim serinlemiştir. Belki kum tepeleri üzerlerinde yerleşip kendilerini bağlayan bitki parçacıklarından kurtulmuşlardır. Belki hayvanlar daha yeşil otlaklar bulmak için yer değiştirmişlerdir. Belki Ukhaa Tolgod bir süreliğine bir hayalet kasaba haline gelmiş olabilir. Fakat yağmur yeniden yağacak, bitkiler geri dönecek ve hayvanlar yeniden buranın cazibesine kapılacaktı. Loope, kumların içinde kalmış hayvanların burada dizi dizi istiflenmesi için milyonlarca yıl geçmiş olması gerektiğini tahmin ediyor.

Acıtıcı rüzgârda kemiklerin ortasında duran Loope, botuyla yeri eşeliyor. Bir toz bulutu kalkıp rüzgâra karışıyor. İnce sarı bulut, kuzeye doğru yol alıyor, vadi duvarının tepesini aşıp kamp çadırlarının üzerinden geçerek ilerliyor.

5. Bölüm

Yukarı Doğru Yağan Toz Yağmuru

Birinci bölümde, dünyanın yukarıya doğru yağan tozlarıyla ilgili hızlı bir sayım yapmıştık. Okyanusların saldığı büyük miktarlarda tuz, okyanus yüzeyinden damlacıklar halinde kalkar ve havada küçük kristaller oluşturur. Kuru göl yataklarından büyük miktarlarda cam kabuklu daitomlar bırakılır. Orman yangınlarından kara is parçacıklarının oluşturduğu dumanlar yükselir. Bakterilerden virüslere, küfe polenlere, böcek parçacıklarına kadar pek çok canlı parçası havaya karışır. Penguenler, hatta ağaçlar bile havaya kimyasal damlacık bulutları salabilir. Bu doğal tozların yanı sıra, insan eliyle yaratılan sanayi tozları da, kimi zaman ölümcül sonuçlar doğuran kalın bulutlar halinde havaya yükselir. Bütün dünyada sürekli, incecik bir parçacık yağmuru yukarı doğru yağar. Ancak doğal kaynaklar arasında, bir yanardağdan püskürenler kadar etkili ve yaygın olan toz tanesi pek azdır.

Karayipler'in Montserrat Adası'nda ormanlarla kaplı yeşil tepeler 1977 yılında ciddi biçimde sarsılmaya başladığında, dünyanın dört bir köşesinde yanardağ bilginleri de bavullarını toplamaya başladılar. Rock yıldızlarının ve büyük iş adamlarının Montserrat'nın güzelliğiyle meşhur tepelerindeki tatil evlerini kısa süre içinde terk edecek olmaları önemli değildi. Montserratlı çiftçilerin kısa süre sonra yemyeşil tarlalarında ölecek olması da önemli değildi. Vokan bilimciler kopacak patlamayı görmek istiyorlardı.

25 Haziran günü, ufacık tarım kasabalarının ve pastel renkli başkent Plymouth'un gerisinde uzun yıllardır yeşil ve sessiz duran Soufriere Hills volkanı patladı. Bir erimiş kaya öbeği, Dünya'nın kabuğundan yukarıya ağır ve uzun bir yolculuğun ardından nihayet zorlayarak dağda bir çatlak açmıştı. Erimiş kayadan ayrılan gazlar çatlaktan dışarı çıktığında birden serbest kalınca genleşiyordu. Patlayan gaz kabarcıkları kızgın lavları ufaladığında minik kül parçacıkları ve ponza t taşı kürecikleri havaya fırlıyordu. Hava daha fazlasını alamayacak kadar ağırlaştığında, küller kaynar bir yağmur gibi yanardağın yamaçlarına yağıyordu. Hâlâ 540 derece sıcaklıkta gaz fışkırtan küller saatte en az 150 kilometre hızla aşağı doğru akıyordu.

Yanardağ ile mavi okyanus arasında kalan zümrüt yeşili tarlalarında çalışan çiftçiler ne olduğunu anlamaya bile vakit bulamamış olsa gerek. Kaynar tozlar, tıpkı sakin köylerini, değdiği her şeyi kavurarak gömdüğü gibi, insanları da gömmüştü. Gümbürtülü sarsıntı durduğunda, gri örtünün üstünde görülen sadece kilise kuleleri ile taştan inşa edilmiş şeker değirmenlerinin kuleleriydi. Dağın tepesinde, bir kuş tüyünü andıran gri-beyaz küçük bir kül ve gaz bileşimi, masumca mavi göğe yükseliyordu.

Ertesi bahar geldiğinde Montserrat Yanardağ Rasathanesi kurulmuş ve adanın kuzey ucunda bir zamanlar zarif bir yapı olan sıva duvarlı bir eve yerleşmişti. Bilim insanları ve öğrenciler dönüşümlü olarak burada çalışıyor, veri toplamak için bir ay ya da daha fazla süreyle burada kalıyor, sonra geldikleri yere geri dönüyorlardı.

Bu öğrencelerden biri de İngiltere'de Yorkshire'dan gelen Hayley Duffell. İnce yapılı ve gür, siyah saçlarını rahat kullanabileceği biçimde at kuyruğu yapmıştı. Canlı bir tebessümle kendini Toz Kız olarak tanıttı. Sıradan bir gündü, rasathaneye gelip sismograf odasındaki meslektaşlarına dağda her an beklenen bir patlamaya dair kanıt olup olmadığını sordu. Hiçbir şey olmadığını öğrenince, portakal rengi kanvas kumaştan ısı elbisesi'ni giyip bekleyen bir kamyonetin içine atladı. Rasathanenin o ayki kıdemli bilim adamı, Cambridge Üniversitesi'nde yanardağ bilimi profesörü olan David Pyle direksiyona geçti ve birlikte yola çıkıp "kül tablalarını", yani düşen tozları toplamak için en uygun yerlere yerleştirilmiş yağmur ölçerleri boşaltmaya gittiler.

Duffell, kamyonet güneye, boş evlerin, otellerin ve çiftliklerin bulunduğu girilmez bölgeye doğru yöneldiğinde havaya kalkan ince gri toza karşı camını kapatırken, "Kül tablalarının bazıları aslında masa çekmecesi," diye gülüyor. Duffell ve Pyle yüzlerine boyacı maskesi takıyorlar ve yanından geçtiğimiz barikatın bekçisine el sallıyorlar. Pyle'ın düşük vitese aldığı kamyonet, toprak yolun içi kül dolmuş çukurlarından geçerken toz kaldırıyor. Camların kapalı olmasına rağmen, tebeşir tozuna benzer toz, kamyonetin kapalı bölmesine kadar sızmış. Aşağıdaki vadide, iki inek leşi, küllerle kaplanmış bir golf sahasında çürümeye terk edilmiş.

Kamyonet tekerlek oyuklarının üzerinde sıçradıkça Pyle, "Eve döndüğümde arazi aracı sürme dersi almalıyım," diyerek özür diliyor. Gözleri pırıl pırıl, yakışıklı, çok kibar, tam bir İngiliz.

Duffell Pyle'a şöyle bir bakıyor. "Baş parmaklarını direksiyondan çek. Direksiyon savrulursa parmakların kopar Bilmen gereken her şey bundan ibaret. Yoğunlaştırılmış ders bu kadar işte" diyor.

Duffell'in ilk kül tablası, bir otelin yakınına bırakılmış küçük bir şifonyer çekmecesi.

Duffell kirli odaları masmavi denize bakan terk edilmiş otele göz atarak "Kimse bir şey demez," diyor. "İş bittiğinde ge-

ri vereceğiz." Hava sülfür kokuyor, kocaman yanardağ Toz Kız'ın omuzlarının ardında yükseliyor. Dağın tümü şimdi çimento rengi ama kararmış ağaç gövdeleri üzerinde uzamış sakal gibi duruyor. Yanardağın engebeli boğazından sürekli bir toz ve gaz bulutu çıkıyor ve Plymouth kentinin küllerle kaplı enkazının üzerinden denize doğru yol alıyor. Pyle çekmeceyi eline alıyor ve bir resim fırçasıyla hafifçe incecik tozu bir kenara itiyor.

"Deliğe dikkat" diye uyarıyor Duffell; elinde akan tozları toplayacağı plastik bir torba tutuyor. Anlaşılan bu kül tablası, o gün hiç dokunulmamış olanlardan. Bir sonra baktıkları boya tenekesi, yeni düzeltilmiş bir çayırdaki bir çalının üzerine fırlatılmış. Kutuyu ayakta tutan sopayı yeniden toprağa saplarken "Adi vandallar!" diye homurdanıyor Duffell. Bir başka kül tablasını kahverengi bir inek tekmelemiş. Toz Kız, gözlerini iri iri açmış, sahipsiz dolaşan ineği parmağını sallayarak azarlıyor. Bir plastik kova olan sonraki kül tablası ise, turistlerin bir hafta önce Güneş tutulmasını izlemek için toplandığı tepenin üzerinde baş aşağı çevrilmiş duruyor. Duffell, "Biri *üstüne oturmuş,*"diye haykırıyor. "Ah, bu güneş tutulması meraklıları!"

Son durak rasathanenin ilk yerleştiği bina; artık yanardağa tehlikeli derecede yakın sayılan bir başka tropikal saray. Duffell'ın çimenlerin üzerinde attığı adımlar küçük kül bulutları kaldırıyor. Yerdeki güzel seramik karolar külden gıcır gıcır ötüyor. Havuzun kenarları yosunlanmaya başlamış, tabanı da simsiyah bir kül tabakasıyla kaplanmış. Terasta Duffell, Dust Trak dedikleri bir cihazdan bir sayı okuyor; Dust Trak gece gündüz bir bahçe iskemlesinin üzerinde duran küçük bir metal kutu; Duffell cihazdaki bir boruya üfleyip cihazın elektronik ciğerlerinden geçen mikroskobik parçacıkları sayıyor. Yanardağ sakinleştikçe, ölçümde çıkan sayılar da düşüyor.

Tozun daha yoğun olduğu dönemlerde Duffell, Dust Trak'in küçüklerini bir günlüğüne insanlara takıp ne kadar kül soluduklarını ölçmeye çalışmış. Şimdi bile, adada çimenleri biçen bahçıvanlar çok kez soluk bir toz bulutunun içinde kayboluyorlar.

Jeolojik olarak ifade edecek olursak kül, toz haline getirilmiş cama benziyor ve birçok bakımdan da hiç hoş değil. Gözlüklerin üzerini kalıcı bir beyaz tozla kaplıyor. Burnun içini o kadar tahriş ediyor ki, kanamalara yol açıyor. Saçlar sertleştirip cansız ve berbat bir yumak haline getiriyor. Bir keresinde bir jeoloji öğrencisi "Montserrat'da her gün berbat saç günü," diye homurdanmıştı. Toz evlerin içine girip dergilerin, tabakların ve bilgisayarların hassas iç kısımlarını kaplıyor. Toza su katarsanız ki bunu çiy yapıyor, tozun sülfür içeriği aside dönüşüp evlerin ve otomobillerin boyalarını eritiyor. Hâlâ evlerinde yaşayan pek az sayıdaki Montserratlı, bir gece önceki kül tabakasını yok etmek için her sabah evlerini hortumla yıkıyor.

Ama en derin kaygı, tozun akciğer dokusuyla nasıl bir etkileşime girdiği. Kristobalit, bir yanardağdaki kızgın kayaların içinde oluşan kristalli bir mineral. Bu sıcak kaya bir sonraki patlamada parçalandığında, bu kristaller de ufalanıp minicik, solunabilir parçacıklar haline geliyor. Bunlardan yeterince solursanız, madencileri elden ayaktan düşüren silikoz hastalığına yakalanma riskine girersiniz. Bu yüzden de Duffell analiz edilmesi için İngiltere'ye Montserrat tozundan numune gönderiyor. İngiltere'den gelen ilk yanıt da sonrakiler de, tozda Montserrat'da akciğer hastalığı salgını yaratmaya yetecek kadar kristobalit bulunmadığı gibi, havada da buna yol açacak miktarda toz bulunmadığı yönünde.

Fakat bu yanardağ tozu hikâyesinin yalnızca bir parçası. Soufriere Hills yanardağı küçük bir volkan. Patlamalar 1998'de yatıştığında, bilim insanları bu yanardağın ancak 150.000 vagon doldurmaya yetecek kadar toz çıkardığı tahmininde bulunmuşlardı; bu vagonlar arka arkaya dizildiğinde ancak New York'tan Denver'a uzanabiliyordu. Gücü bu kadar zayıf olan bir yanardağ, tozunu çok yükseğe fırlatamaz. Montserrat'nın tozu muhtemelen civardaki adaların ötesine gidememiştir. Fakat daha büyük bir yanardağ, çok daha yükseğe ve Soufriere Hills'den çok daha uzağa toz fırlatabilir.

ABD Jeolojik Araştırmalar Kurumu'nda (USGS) yanardağ uzmanı olan Rick Hoblitt, David Pyle'ın dönüşümlü görev süresinin sona ermesinin ardından kıdemli bilim adamı olarak Montserrat'ya gelmiş. Hoblitt klasik bir jeolog görünüşünde; etkileyici bir bıyığı var ve deri botlarını, öldüğünde ayağından çıkarmak için bir cerrah ekibi gerekecek. Dünyayı dolaşan bir yanardağ uzmanı olarak, Saint Helens hem de Pinatubo yanardağlarındaki patlamaların izlenmesinde görev almış.

Hoblitt, "Küçük patlamalarda kül yere inmeden ancak 20-30 kilometre yol alabilir," diyor: "Daha büyük patlamalarda bile, ancak çok küçük miktarlarda kül havada daha uzun süre kalabilir." Fakat bu küçük miktar havada günlerce, hatta yıllarca bile kalabiliyor. Ortalama olarak yılda bir kez, herhangi bir yerde bir yanardağ, troposfere, oradan da stratosfere kadar gaz ve kül püskürtecek büyüklükte bir kuvvetle infilak edecektir. Atmosferin aşağı yukarı en alçak 11 kilometresini oluşturan hareketli troposfer, yağış ve fırtınalarla doludur. Ama onun üzerindeki tabaka olan stratosfer sakin ve kurudur. Toz, kaotik bir ortam olan troposfere geri dönmeden önce burada günlerce, haftalarca, yıllarca dolaşabilir.

Rick Hoblitt'in görev yaptığı Washington'da bulunan Saint Helens Dağı 1980'de patladığında kuşkusuz bir rekor kırmıştı. Bir felaket doğuran bu patlama Montserrat'daki Soufriere Hills yanardağının pükürttüğünden elli kat daha fazla toz bırakmıştı. Tozun büyük bölümü kısa sürede Dünya'ya tekrar yağmış, on eyalette kirlenmeye yol açmıştı. Fakat sadece 15 dakika içinde muazzam bir buhar ve gaz sütunu, taşıdığı tozla birlikte atmosferde 24 kilometre yükselmişti. Stratosferin güçlü kuru rüzgârlarıyla taşınan bu tozlar üç günde ABD'yi aşmış, iki hafta içinde de dünyanın çevresini dolaşmıştı.

Filipinler'deki Pinatubo Dağı'yla kıyaslandığında Saint Helens Dağı bile süs kabilinden küçük bir toz üretme makinesidir. Pinatubo Dağı denilen canavar Haziran 1991'de patladığında bir 4 kilometreküp küp toz püskürtmüştü. Pinatubo'nun dumanları 45 kilometre yükseğe çıkmış, stratosferin ortasında

sandviç peyniri gibi yatmakta olan ozon tabakasına dalmıştı. Uydular Pinatubo'nun püskürttüğü tozların gezegenin etrafında birkaç kez döndüğünü tespit etmişti.

Fakat ortalama şiddetteki bir toz patlaması bile, havaya yükseldikten sonra bir uçağı felakete sürükleyebilir. 1998'de Montserrat Yanardağı Rasathanesi'nde sismograf odasındaki masanın tam üstünde, bölgedeki hava trafik kontrol bürosunun telefon numarasının bulunduğu bir kağıt asılıydı. Bir yanardağ öksürdüğünde, volkan bilimcilerin aradığı ilk numaralardan biridir bu.

Soufriere Hills'deki kraterden çıkan küçük bulut nasıl kar beyazı görünüyorsa, gökyüzünde dolanan muazzam boyutlardaki volkanik kül bulutları da öyle beyaz görünür. Kuşkusuz ki KLM havayollarının 867 uçuş sayılı uçağının mürettebatı da 1989 yılında Alaska'nın karlı ve sarp Talkeetna Dağları'ndan geçerken karşılaştıkları beyaz bulutlardan işkillenmemişlerdi. 240 kilometre uzaktaki Redoubt Yanardağı'nın, Anchorage Uluslararası Havaalanı'na yaklaşırken içinden geçerek alçalacakları ince bulut tabakasının kaynağı olduğundan kuşkulanmak için hiçbir nedenleri yoktu.

Sonra bulutun içinde girdiler ve pilot kabini karardı. Ateş böceklerini andıran kıvılcımlar ön camım dışından hızla geçiyordu. Uçağın içine toz ve çürümüş yumurta kokusu dolarken, kaptan pilot temiz havaya yükselmek için dik bir tırmanışa kalktı. Fakat çok geç olmuştu. Motorlara daha fazla hava çekerken, daha fazla kül giriyordu. Bu külün yalnızca 10 saat önce volkandan püskürdüğünde sıvı halde olması, Dünya'daki her şeyin bir kaynama noktası olduğunu gösteren bir uyarıydı. Toz sıcak motorların içine çekilirken yeniden eridi ve bulunduğu yere yapıştı. Sonunda hepsi peş peşe alev alana kadar motorların içinde birikti. Uçuş cihazlarının da birçoğu çalışmaz hale geldi.

Uçak 25.000 feet yükseklikten dağlara doğru süzülmeye başladı. Pilot tekrar tekrar motorları çalıştırmayı denedi. Uçağın karanlık, sülfür kokan kabininde yolcular sessizdi. Dağların zir-

velerinden birkaç bin feet yüksekteyken motorların ikisi kendine geldi ve uçak istikrar kazandı. Fakat işleri karıştıracak bir gelişme olmuş, ön cam kumlar yüzünden ciddi biçimde hırpalanmıştı; Anchorage Havaalanı'na inerken bir de bu nedenle heyecan yaşanmıştı. Teknisyenler daha sonra motor yağında, hidrolik sıvısında, su deposunda, halılarda, yastıklarda ve birçok cihazda Redoubt Yanardağı tozu buldular. Uçağın tamir edilmesi iki ay, dört motor ve 80 milyon dolara mal oldu.

867 uçuş sayılı uçağınki olağandışı bir öykü değildir. İki gün sonra aynı kül bulutu Texas'a doğru 4800 kilometre ilerlemiş, bir 727'nin bir motorunu tıkamış, Deniz Kuvvetlerine ait bir DC-9 uçağını da kum yağmuruna tutmuştu. Dünya genelinde yılda ortalama beş jet uçağı, tehlikeli bir biçimde tozlanmaya maruz kalır. Volkanik toz bulutlarının havacılık açısından yarattığı tehlike birkaç etken yüzünden artabilir. Karanlık bunlardan biridir. Gün ışığında bir kül bulutu tehlikeli derecede normal bir buluta benzer, geceleri ise bir kül bulutu kesinlikle görünmez. İkinci olarak, kül uyarısı yayınlamaya yönelik haberleşme ağları henüz tamamlanmamıştır. Üçüncüsü, pilotlara alarm vermek için uyarı sistemleri çalışıyor olsa bile, uzaklardaki bir yanardağın patlamasını, tozlar, insan yerleşimlerinin bulunduğu yerlere ulaşıncaya kadar hiç kimsenin fark etmemesi, olmayacak bir şey değildir. Son olarak, külleri izlemek zor olabilir. Bir kez rüzgârın önüne katıldığında toz hızla yol alabilir ve beş-on dakika içinde yön değiştirebilir. Sonuç olarak, çok büyük bir volkanik patlama bile pilotları habersiz yakalayabilir. Pinatubo Dağı'nın zamansız bir tayfun yüzünden derinlere ve geniş bir alana dağılan tozları, üç gün içinde 20 uçağa bulaşmış ve 100 milyon dolarlık hasara neden olmuştur.

İkinci tip bir volkanik toz uçaklara dokunmaz ama bütün Dünya'nın üşümesine yol açar. Dünya, Pinatubo'nun patlamasının ardından ölçülecek derecede soğuduğunda, burada suç cam sı kül paçacıklarında değildi. Kabahatli, Dünya'yı saran ve gelen gün ışığını uzaya geri yansıtan sülfürlü toz kürecikleriydi.

Tıpkı Montserrat gibi, Filipinler'deki adalar da gezegende bir fayın üstünde yer almaktadır. Aslında bütün Pasifik Okyanusu'nun altında Yerküre kabuğunun özellikle hırçın bir kesimi yatar. Bitişik plakalarla giriştiği, kayaları eriten çatışmalar bu bölgeye "Ateş Çemberi" adının takılmasına neden olmuştur.

Haziran 1991'de büyük bir erimiş kaya balonu Filipinler'de yüzeye çıktı. Pinatubo Dağı'ndaki çatlaklardan çıkan magmadan yayılan sülfür gazının bilinen berbat çürük yumurta kokusu havayı kapladı. Nihayet dağ 15 Haziran'da patladığında havaya yükselen kurşuni sıcak kül sütunuyla birlikte 20 milyon ton sülfür dioksit de püskürmüştü. Sülfür miktarı açısından Pinatubo, yüzyılın en büyük patlamasıydı. Bu gazın yaklaşık yarısı kısa süre içinde jelleşip küçük toplara dönüşecekti.

Gaz troposferde yükselirken soğudu. Sonra dondurucu soğukluktaki stratosferde soğumuş moleküller yoğuşmaya başladı. 1991 yazı boyunca sülfür gazı yavaş yavaş birikip minik küreler oluşturdu. Stratosferde nem bulduklarında bu toplar nemi topluyor ve sıvılaşıyordu. Nem olmadığında, kuruyorlardı. Fakat stratosferde hiçbir zaman yağmur oluşturmaya yetecek kadar su buharı bulunmadığı için bu toplar öylece kaldılar ve rüzgârlarla sürüklendiler. 1992'nin başlarında, sülfür toplarının oluşturduğu incecik bir bulut tabakası, Dünya'nın büyük bölümünün üzerinde dolanıyordu.

Toplar, kısa süre içinde ciddi miktarlarda gün ışığını yansıtacak kadar büyüdü ve normalden yaklaşık yüzde beş daha fazla sıcaklık veren gün ışığını uzaya yansıtmaya başladı. Dünya titriyordu. Kış özellikle de Ortadoğu'da soğuk geçti. Yaz da, özellikle Kuzey Amerika'da serindi. Bu soğuma etkisinin en derin hissedildiği noktada, tüm dünyada termometrelerin ortalaması, sıcaklığın normalin 1,3 derece altına düştüğünü gösteriyordu.

Sülfür toplarının başka marifetleri de vardı. Bir yandan Dünya'yı soğuturken atmosferi ısıtmışlar, bu da gezegenin rüzgâr örüntülerinin değişmesine yol açmıştı. Stratosferdeki koruyucu ozon moleküllerini birbirinden ayıran karmaşık kimyasal süreci hızlandırmışlar ve Dünya'ya daha fazla oranda zarar-

lı mor ötesi ışın ulaşmasına yol açmışlardı. Belki de gün batımlarının güzelliği bu zararı telafi ediyordu. Farklı dalga boylarındaki görünen ışık yanardağın toz tabakasından farklı yansıyor, akşamları gökyüzüne eflatun ve kırmızı huzmeler saçıyordu.

Fakat sülfür topları bir araya gelmeye devam ettikçe, sonunda stratosferde dolaşamayacak kadar ağırlaştılar. Pinatubo patlamasından iki-üç yıl sonra sülfür topları troposfere doğru inmeye başladılar; burada başka tozlarla birleştiler ve yeniden Dünya'ya yağdılar. Küresel sıcaklıklar 1993'te normale döndü, ama Pinatubo'nun sülfür toplarından bir kısmı bir dört yıl daha stratosferin yükseklerinde dolaşmaya devam etti.

Kısa süre sonra yeni bir sülfür dioksit bulutu Pinatubo'nun kül ve sülfürünün yerini alacaktı. Ortalama bir yılda yanardağlar yaklaşık 10 milyon ton sülfür dioksit sızdırır ya da püskürtür. Belli ki Pinatubo sülfür bakımından çok zengindi, çünkü bir tek gün içinde bu ağırlığın iki katını püskürtmüştü. Montserrat'daki yanardağ daha tipik bir örnektir, sarsılmalarla geçirdiği aylar boyunca yalnızca 1 milyon ton sülfür katkısında bulunmuştur.

Uçakları tıkamasına, Dünya'yı üşütmesine rağmen volkanik toz, Dünya'daki sistemlerin sorunsuz bir biçimde işlemesi bakımından önemlidir. Herhalde Dünya'da sülfürlü bir gökyüzü olmasaydı, yaşam saf ve katıksız yağmur suyunu kullanacak biçimde evrim geçirecekti. Fakat tuhaf görünse de, canlılar yükselen sülfürün yağan yağmura kattığı hafif asitlilikten yararlanacak biçimde oluşmuşlardır.

Yanardağlar tozlarını büyük bir gösterişle havaya fırlatırken, okyanusların üretimi böylesine göze batmaz. Okyanusun tozu olan tuzlu hava bile pek fazla kendini göstermez. Fakat bu sizi aldatmasın. İnsanın hayal gücü pek kabul etmese de, dünyanın denizlerinden havaya 3 milyar ton toz yağabilir ve bu çöllerden yağan toz miktarından bile fazladır.

Hızlanan rüzgâr okyanusların yüzeyinde köpüklü dalgalar oluşturur. Köpüklü dalgalar kabarcık kitleleridir. Bu kabarcık-

lar patladığında, küçük tuzlu su damlacıkları havaya uçar. Su buharlaşır ve geriye havada küçük bir tuz kristali kalır.

Seattle'daki Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi'nin araştırmacılarından Patricia Quinn güney denizlerinin üzerindeki havanın hayli tuzlu olduğunu söylüyor. "Orada neredeyse hiç kara kütlesi bulunmaz," diyor. "Rüzgâr öyle bir hızlanır ki, onu durduracak hiç kara parçası yoktur."

Çünkü tozlar arasında uçan tuz kristalleri, genellikle biraz büyük kalır ve dolayısıyla çoğu, fazla yol gidemeden gerisin geriye okyanusa düşer. Deniz kenarındaki yerleşimlerin havası genelde koku taşır. Ama hava kıtaların ortalarına doğru gidildikçe daha az tuzludur. Örneğin Los Angeles'ın havası tuzludur. Ama yalnızca en küçük kristaller Chicago'ya ya da Nashville'e kadar gidebilir. Quinn, "Küçük parçacıklar günlerce yol alabilir," diyor. "Bunların bir bölümü troposferin yükseklerine çıkabilir ve uzun bir yol kat edebilir." Tam şu anda çok yükseklerde başınızın üstünde bir tutam deniz tuzu olabilir.

Peki ya bu deniz tuzunda belli belirsiz bir sülfür tadı varsa? Bu durumda başka tip bir okyanus tozu bulaşmış demektir. Bilim insanları 1972'ye kadar gökyüzündeki o kadar sülfür topunun nereden geldiğini bilemiyorlardı. Yanardağların arada büyük miktarlarda sülfür gazı çıkardığını, bataklık arazilerin de buna katkıda bulunduğunu biliyorlardı. Ama bu kötü kokulu yerler yağmur damlaları halinde gökyüzünden düşen bu kadar sülfürü açıklamaya yetecek kadar sülfür üretmiyordu.

Bu arada atmosfer kimyasıyla ilgilenen bilim insanı James Lovelock, plankton aramak üzere denizleri dolaşmaya çıktı ve bir planktonun çoğalmasından sonra suda çok miktarda sülfür bulunduğunu gördü. Fitoplanktonlar (Yunanca "gezgin bitki") büyüyüp çoğalmak için Güneş'in enerjisini kullanan tek hücreli organizmalardır. Çok farklı şekillere sahiptirler; bazıları zincire benzer, bazıları mavi-yeşil incilere; kimi dantel gibi kılıfları vardır, bazılarıysa diatom denilen mikroskobik boyutlarda cam süslerin benzer alglerdir. Sadece diatom çeşitlerinin sayısına ilişkin tahminler bile, bir milyon gibi yüksek bir düzeye varmaktadır. Ve

henüz açıklanmamış nedenlerden dolayı, bazı fitoplankton türleri çok fazla sülfür taşır. Bu sülfür, dimetilsülfoniopropionat'ın kısaltılmışı olan DMSF adındaki kimyasal halinde bulunur.

Fitoplanktonlar okyanuslarda her zaman mevcuttur, fakat en kolay ve gerçek anlamda çoğalmaları okyanuslardaki akıntılar derinlerdeki besin bakımından zengin suyu yüzeye taşıdıklarında görülür. Planktonlarda nüfus patlaması olduğunda, suyun rengi de bu canlılarla birlikte sütlü yeşile ya da kahverengiye, hatta kırmızıya döner.

Bunun hemen ardından ikinci bir patlama gerçekleşir: Zooplankton (Yunanca "gezgin hayvanlar") fitoplanktonlara saldırarak çoğalırlar. Bu saldırganlar fitoplanktonları tüketirken, DMSP'yi de kısaca DMS olarak bilinen dimetil sülfata çevirirler; bu kıyım sürerken dimetil sülfat da denize yayılır. Fitoplankton nüfusundaki patlamanın zirveye ulaşmasından bir ya da iki gün sonra, sudaki DMS yoğunluğu da zirveye vurur. Fitoplanktonlar güneş ışığına muhtaç olduklarından, bütün bu dram denizin en üst tabakasını oluşturan birkaç metre içinde yaşanır. Nüfus çoğalması sona erdiğinde DMS'nin kaldığı bölge de burasıdır.

Denizin rüzgârlı yüzeyindeki kabarcıklar patladıklarında, atmosfere hem toz hem DMS gazı salacaklardır. Havanın yukarı kesimlerinde DMS başka gazlarla karışır, bunların bazıları yoğuşarak parçacık haline gelirler. Bugün bilim insanları atmosferde belki de yılda yarım milyon tona ulaşan sülfür parçacığı zenginliğinin planktonlar tarafından beslendiğini biliyorlar.

Fakat bu tür küçük çaplı süreçleri suçüstü yakalamak kolay değildir. Bazen havadaki yeni bir parçacık kaynağını keşfetmek bir şans işidir. Hawaii Üniversitesi okyanus bilimcilerinden Barry Huebert, sıcak bir tebessümü olan, sakin bir insan. Huebert "penguen parçacıklarıyla" tesadüfen karşılaşmasını hatırlıyor. Bilimsel alıcılarla yüklü bir uçaktaymış, Tazmanya ile Antarktika arasında, temiz olduğu bildirilen okyanus havasından numuneler topluyormuş. Uçak ıssız Macquarie adasının üzerinden geçerken, Huebert'in kulaklığından sesler gelme-

ye başlamış. Arkadaki araç gereç yığını arasından seslenen bir meslektaşı "Hey, bir yerleşim bölgesinden mi geçtik?" diye sormuş. "Demin amonyak göstergesinde şiddetli bir yükseleme oldu!" diye bağırmış.

Aynı anda parçacık sayımı yapan bir cihaz da hareketlenmiş ve gerçekte büyücek atom yumağına benzeyen, bir bulut yoğunluğunda, çok küçük parçacıkların varlığını göstermeye başlamış. Uçak yol almaya devam ederken, sayaçtan geçen parçacıklar giderek daha büyümeye başlamış. Amonyak gazı küçük toplar halinde yoğuşuyormuş. Peki bu amonyağın kaynağı neymiş dersiniz? Amonyak bulutları genellikle insan ve hayvan nefesinden, gübresinden ve bayat yiyeceklerden çıkar. Ama Macquarie Adası'nda, Antarktika'nın 1600 kilometre kuzeyinde, Tazmanya'nın1600 kilometre güneyinde pek insan bulunmaz. Huebert, gülerek "Penguenler," diyor. "O zamanlar penguenlerin üredikleri yerlerdeki amonyak kokusunun burada çalışan insanları kelimenin tam anlamıyla boğduğunu bilmiyorduk. Zoologların bu dışkının içinde yürümek zorunda kaldıklarında uzun lastik çizmeler giydiğinden de haberimiz yoktu."

Penguen dışkısının toza dönüştüğü bir ortamın üzerinden tesadüfen uçan Huebert ve arkadaşları gazın parçacık haline geldiği o büyülü dönüşümü tam oluşurken yakalamışlar. Galiba Güneş'in altındaki her şey geçekten başınızın üstünde dolanıyor. Plankton sıvıları, deniz tuzu ve penguen dışkısı; havada uçuşan tuhaflıklar deyince bu kadarı da fazla gelebilir artık. Ama Dünya'nın her köşesinin yapacağı bir katkı vardır. Ve bu katkıların bazıları da canlıdır.

Tulsa Üniversitesi'nde "aerobiyolog" olarak görev yapan Estelle Levetin yukarı doğru yükselen ancak ne mineral, ne de kimyasal olan tozların oluşturduğu bir yağmuru inceliyor. Bunlar bitkisel, gezegenin yüzeyinde bir noktadan diğerine gitmek için havayı kullanan yaşam parçaları. Levetin, "İki büyük kategori bulunuyor," diyor. "Küf ve polen." Bunların her biri yüz binlerce, muhtemelen milyonlarca çeşit içeriyor. "Sonra bakteriler

var. Virüsler. Ben alglerden ve diatomlardan yakalamıştım. Sonra böcek parçaları; kanatlar, kıllar, bazen bütün bir bacak yakaladığım oldu," diyor neşeyle. "Böcek parçaları çok yaygındır."

Mantar olarak da bilinen küf, gezegenin nemli yüzeyinin büyük bir bölümünü kaplar. Yaprakları düşünün. Ağaçlar yapraklarının üstüne her türlü madde salgılar, mantarlar da hiç itirazsız bunları temizler; bunu yaparken de yüzeyde köke benzer mikroskobik bir ağ örüyorlar. Mantarlar üremeye hazır olduklarında bir parti spor hazırlayıp bunları rüzgâra bırakıyorlar. Levetin'in tahminlerine göre, mantarla ilgilenen bilim insanları bir gün dünyada bir milyon farklı mantar türü belirleyecek olsa, bunların 950.000'inin sporlarını yaymak için rüzgârı kullandığı görülecektir. "Bazıları bunu edilgin bir biçimde yapar," diyor Levetin. "Rüzgâr yaprakların ya da toprağın üzerinden eserken, küflerden sporlar alır ve havaya karıştırır." Diğerleri işlerini şansa bırakmaz. Bu minicik organizmalar sporlarını basbayağı havaya fırlatırlar. "Bu işlem genellikle nem ister, bu yüzden de genellikle sabahları gerçekleşen bir işlemdir," diyor Levetin. "Üreme organı biraz nem çeker. Sonra şişer, ki bu da baskı yaratır. Bu baskı da sporları dışarı fışkırtır. Bilirsiniz, insanlar yağmurdan sonra havanın gerçekten temizlendiğini söyler ya? Ama aslında hava sporlarla *doludur*. Yağmurdan sonra binlerce ve binlerce sporla dolar hava."

Havada polen olduğunda hapşıran insanların artık şikâyetleri önemsendiği için, artık pek çok kurum havadaki polen miktarını izlemektedir. Fakat Levetin, bir insanın mantar sporlarına alerjik olup olmadığını belirlemeye yönelik testler hazırlamanın çok daha zor olduğunu söylüyor. Bu yüzden , "biyoaerosoller" grubu, reddedilemeyecek iki kanıt bulunmasına rağmen gözardı edilmiş. Kimi zaman 15 santimetreküp başına 5000 mantar sporundan fazlasını içeren bir havayı soluyoruz. Bu sporların birçoğu gerçekten öyle ufak ki, polenden bile, yani akciğerlerimize girebilecek kadar küçük.

Levetin, "Sanki çorbayı solumak gibi," diyor. "Kimse bana biyoaerosol yükünün ne kadar zengin olduğundan söz etmemişti,"

diye hayretle anlatıyor. "Şimdi ders verirken bu konuyu özellikle vurguluyorum. Öğrencilerin mantarlar ve kurt mantarlarından örnekler toplayıp getirmesi gerekiyor. Ama artık beş tane de küf kültürü hazırlamaları gerekiyor. Bir tabağı havaya tutarak kampüste dolaşıyorlar. Sonra da kolayca kültürünü hazırlıyorlar.

Fakat polenler aerobiyolojinin altın sembolü olmayı sürdürüyor. Polenlerini dağıtmak için böceklere ve kuşlara ihtiyaç duyan bitkiler, genellikle büyük dikenli ya da oyuklu taneler üretiyor. Ama rüzgârdan yararlanan bitkiler daha hafif, daha düz taneler üretiyor. Bir çiçeğin stamenleri olgunlaşmış poleni rüzgâra bırakıyor, rüzgâr da onu uzaklara taşıyor.

Saman nezlesine sebep olan yaygın üzüm otunu ele alalım. Uzun ve sevimsiz bu ot en sert, en verimsiz topraklarda yetişebilir; yani genelde insan yerleşimlerinin yarattığı türden topraklarda. Amerika Birleşik Devletleri'nde ağustos ayı bu otun çiçek açma dönemini başlatır; ama sevgi dolu botanikçilerden başka kimse bu küçük, yabani ot yeşili çiçekleri takdir etmez. Bu çiçekler her sabah yeni polenler salarlar. Çiçeklerden her biri bir milyon küçük tane çıkarabilir. Bu polenler son derece küçük ve hafif olduğundan, rüzgârda yüzlerce kilometre yol alabilirler. Levetin Tulsa'da hapşırmaya yol açmasıyla meşhur bir tür olan ve kent insanlarının ciğerlerine ulaşabilmek için 600 kilometreyi aşkın yol yapan dağ sediri polenlerinin oluşturduğu yoğun bulutlar yakalıyor. NASA'nın kozmik tozlar toplayan uçaklarının stratosferden getirdiği polenler, bu tür tozların ne denli hareketli olabileceğinin göstergesi.

Yukarıya doğru polen yağışı belki artık çok daha yoğunlaşmıştır. İnsanların toprağı kullanma biçimleri, özellikle Batı'da polen hacmini artırmış olabilir. ABD Tarım Bakanlığı'nın çiftlik arazisi ekolojistlerinden Dennis Thompson, "Batı'da yüz yıldan bu yana polen hacminde muhtemelen bir artış oldu," diyor. Hayvancılar bu süre zarfında, hızla artmakta olan insan nüfusunu doyurmak için batıda yetiştirilen hayvan sayısını aşırı artırdılar. İnekler gördükleri her şeyi, ya da hemen hemen her şe-

yi yiyordu. "Eğer izin verirseniz, hayvanlar en sevdikleri bitkileri tüketene kadar yerler." diyor Thompson. "Ve tükenen bitkinin yerini de, o kadar tercih edilmeyen başka bir bitki alacaktır." Hayvanların aşırı otladığı bir tarlayı işgal eden bitkiler de kökleri kışa da dayanıklı olan çok yıllık bitkiler yerine genellikle yıllık olanlardır.

Thompson, "Bir bitki yıllıksa, çok tohuma ihtiyacı vardır," diyor. "Bu yüzden de çok fazla polen üretmesi gerekir. Örneğin altınbaşak ve üzüm otu bitkileri gibi." Thompson, sığırların otların büyüme aşamalarına göre bir otlaktan diğerine taşınmalarının, polen üreten bitkilere zarar verip verimliliklerini azaltabileceğini ileri sürüyor. Hayvan yetiştirenler toz kontrolüyle ilgili bu yöntemi henüz denemiyorlar.

Denemiş olsalardı dahi, küresel iklim değişikliği, polen fazlası yaratan çok daha güçlü bir etken olabilir. ABD Tarım Bakanlığı kısa süre önce fazladan karbon dioksit (küresel ısınmaya neden olan baskın gaz) püskürtülen bir serada üzümotu yetiştirmeyi denedi ve bitkinin daha fazla polen ürettiği görüldü. Bakanlıktaki araştırmacılar tüm dünyada üzümotu bitkisinin polen üretiminin geçen yüzyılda iki katına çıktığından kuşkulanıyorlar ve karbon dioksit fazlasının atmosferde değişime yol açması sürdükçe, bunun gelecek yüzyılda da devam etmesinin muhtemel olduğunu düşünüyorlar.

Mantar sporları ve polenler havaya ne kadar ağırlık katar? Bunu kimse bilmiyor. Fakat başka bir tuhaf bitkinin, çıkardığı tozlarla her yıl yüz milyonlarca ton katkıda bulunduğu biliniyor. Bu parçacıklardaki bazı kimyasal bileşenler Başkan Reagan yönetiminde, çevre konusunu ciddiye alan bazı yetkililerin dikkatlerini yeşil alanlara yöneltmesine neden olmuştu. Gerçekten de ormanlardan ve çayırlık arazilerden yükselen küçük kimyasal damlaları bir fabrikadan çıkıyor olsaydılar, birçoğu havayı kirleten madde olarak tanımlanırdı. Fakat bilim insanları Reagan döneminde üstünde durulan "katil ağaçların" neden izopren, doygunlaşmamış hidrokarbonlar, alkol ve formaldehit gibi kimyasallar saldığından hâlâ emin değildir.

Washington Eyalet Üniversitesi'nde görevli kimyager Brian Lamb, "İzopren temelde yaprak döken ağaçlar tarafından salınır," diyor. "Yalnızca gün ışığının bulunduğu zamanlarda, gündüzleri salınır. Bu yüzden belki de ısının yarattığı baskıya verilmiş bir tepkidir. Terpen denilen doymamış hidrokarbonların ise kozalaklı ağaçlardan çıktığı biliniyor; bu da ısıya bağlı olabilir. Heksanol, bildiğimiz yeni kesilmiş çimen kokusu ise bitkinin kesilerek yaralanmış olmasına verdiği bir tepki olabilir."

Bu kimyasalların sebebi ne olursa olsun, yarattıkları etki aynıdır: Dünya üzerindeki tüm bitkiler, bu kimyasalları gerçeğinden farksız bir sis gibi havaya salar. Bu buharın yalnızca bir parçası yoğuşarak küçük damlacıklar oluşturur ya da havadaki başka toz tanelerine yapışır. Çam, limon ve nanenin kendilerine özgü buharları, havada katı parçacıklar oluşturması en muhtemel olanlar arasında yer alır. Ve bu parçacıklar birikir. Büyük Dumanlı Dağlar denilen Great Smokey Dağlarının adı, yangınlar yüzünden dumanlıya çıkmamıştır. Buralarda görülen o ünlü pusun bir bölümü gerçekten de kirlenme yaratan damlacıklardan kaynaklanmaktadır. Fakat "dumanlı" halinin en büyük nedeni ağaçların doğal damlacıklarıdır. Sahra Çölü her dört saniyede bir, bir vagon yükü toz salıyorsa, dünyadaki bitkiler her sekiz ilâ yirmi dört saniyede, bir vagon dolusu parçacık salıyor olabilir.

Katil ağaçlar demek doğru mudur? Ağaç tozunu, yanardağ tozu ve başka doğal parçacıkları değerlendirdiğimiz gibi görmek herhalde daha gerçekçi olacaktır. Bunlar kaçınılmazdır. Bunun da ötesinde, dünyada yaşayan insan toplumu, bu karmaşık bitki parçacıklarından yararlanmak için bazı yaratıcı yöntemler bulmuştur. Lamb ile meslektaşlarının ilgilendiği soru, insanların kuru temizleme, gemi yapımı ve elektroliz gibi faaliyetlerinin havaya büyük miktarlarda kattığı benzer kimyasallara dünyanın nasıl uyum gösterdiğidir.

Bazı biyoaerosoller bütün halinde ya canlı ya da ölüdürler. Uçan diatomlar havadaki bitki maddesine, sadece ağırlık açısından ciddi bir katkıda bulunmaz. Ama diatomlar yani cam ka-

buklu mikroskopik büyüklükteki algler atmosfere çıktıklarında, ilginç sorular doğuyor. Örneğin bunlar tozların uzaklara uçması için uygun büyüklük ölçülerine meydan okuyorlar sanki. Üstelik bazen de belli bir amaçla uçuyor olabilirler.

Buffalo Üniversitesi'nde fizik profesörü olan Michael Ram, Antarktika ve Grönland'daki buzların içinden bu minik organizmaları ayıklamakta uzmanlaşmış. Derin buzullar, her biri bir yıla denk gelen binlerce ince tabaka barındırır. Her tabakanın içinde, yere inmiş çöl tozu, yıldız tozu, volkanik kül, polen, böcek parçacıkları ve diatomlar bulunur. Ram bir parça buz eritiyor, sonra ortaya çıkan çökeltiyi mikroskobun altına yerleştiriyor. Diatomların kusursuz geometrilerinden dolayı hemen göze çarptıklarını söylüyor. Çöl tozuysa mikroskop altında parçalanmış kayayı andırıyormuş. Fakat diatomlar genellikle üzerinde ince çizikler bulunan ve kısa boylu silindir biçimlerine ya da böyle bir biçimin kırılmış parçalarına benziyormuş.

Diatomların çoğu kısa süren ömürlerini nehirlerde, göletlerde, göllerde ve okyanuslarda sürüklenerek geçirir. Öldüklerinde de minik kabukları dibe batar. Ram, diatom tozu için ideal kaynağın, kurak mevsimlerde suyu çekilen ve kıyısında oluşan çökeltiyi rüzgâra açık bırakan sığ göller olduğunu söylüyor; Afrika ile ABD'nin batısı bu tür göllerin en uygun örnekleriyle doluymuş.

Ram, ilk başta bulduğu diatomları, her örnekteki tozun ve diatomun kaynağını izlemek için kullanmayı düşünmüş: Bir yüzyıla ait buz Kuzey Amerika kökenli diatom bakımından zenginse ve bir sonraki yüzyıla ait buz Afrika kökenli diatomlar taşıyorsa, sürekli esen rüzgârın yön değiştirdiği sonucuna varabilecekmiş. Bu sonuç, iklim değişiminin dinamiklerine dair bir şeyler açıklayabilecekmiş. Fakat Ram'in diatomları kökenlerini açıklama konusunda pek ipucu vermemişler. Bunların birçoğu birbirine benziyor. Ancak diatom konusunda daha uzman olan bilim insanları bu yöndeki araştırmaları sürdürüyorlar.

Ram'in diatomları başka konularda da kafasını karıştırmış. Genelde bilim insanları bir kılın birkaç yüzde birinden daha bü-

yük nesnelerin uzun mesafelere uçmasını beklemez. Fakat Ram, 100 hatta 200 mikron genişliğinde diskler görmüş ki bu çaplar, iki kıl genişliğine eşittir. Ram, "Bu diatomlar büyük ama , yüzey alanları geniş ve ağırlıkları da az" diyor. Mısır'da yetişmesinden kalan bir aksanla konuşurken şu saptamayı yapıyor: "Frizbiye benziyorlar ve çok aerodinamikler."

Diatomların büyüklüğü, onları kaldıran rüzgârın gücüyle de ilişkili olabilir. Dolu tanelerine ilişkin araştırmaların düşündürdüğü gibi, olağanüstü güçlü bir rüzgâr, olağanüstü boyutta toz kaldırabilir. Bir fırtına bulutuna kapılıp ardından yere düşmeden önce buzla kaplanmış bu tür tozlar arasında küçük böcekler, kuşlar, hatta en az bir tane de kara kaplumbağası görülmüştür. Büyük de olsa, bir diatomun kaldırılması herhalde pek zor olmasa gerek.

Dört yüz yıl önce Grönland buzulunun tepesinde yaşadığı anlaşılan ve eksiksiz bir koloni olduğu düşünülen bir diatom grubu da üçüncü bir merak konusu olmuştur. Canlı diatomların buzulların kenarında eriyen suların oluşturduğu göletlere düşmeleri ve burada bir aile kurmaları olağandır. Fakat Ram'in bulduğu bu küçük klanın kurucusu olan diatom, koskoca Grönland Adasının merkezinden uçup gelmiş ve bir su birikintisine düşmüştü. Ve bu lider diatom hâlâ, orta büyüklükte bir hanedan kuracak kadar sağlam durumdaydı.

Ram, "Genellikle diatomların öldükten *sonra* rüzgârlarla uçtukları kabul edilir," diyor. "Çoğunlukla kırılmış, parçalanmış olurlar. Ama bu diatomlara baktığımızda tıpkı bir aileye benzediklerini görüyoruz; aynı tür, aynı büyüklük, her şey aynı. Büyüklükleri, hepsinin yaşadığı sürenin aynı olduğunu anlatıyor. Demek ki, burada hâlâ canlı bir diatom olması gerekiyor, değil mi?"

Tamam, bir iğne başı büyüklüğünde, birbirinin eşi diatomların bir buzulun tepesinde bulunması bilimsel olarak hiçbir şeyi kanıtlamaz. Ama bazı diatomların, "uçurulabilir" olma özelliklerinden en fazla yararı sağlayacak biçimde evrimleştiklerini de düşündürüyor.

Elbette ki, diatomlar rüzgâra kapılıp oradan oraya uçuşan ilk bütün, canlı organizmalar değildir. Hatta bu organizmaların en büyükleri bile değildir. Dünya üzerindeki en sert, en kuru çöller olan Antarktika'nın McMurdo Kuru Vadileri yaşamdan yoksun değildir. Doğrudur, buranın "en büyük yırtıcıları" bakterilerin peşinden gidip onları öldüren nematod adlı yuvarlak solucanlardır. Sıcak günlerde bu muhteşem ama gözle zor görülebilen solucanlar toprak parçacıklarını kaplayan su tabakasının içinde çevrelerini araştırırlar. Bu kurtçuklar ıssız Kuru Vadilere nasıl mı gelebilmişler? Öyle görünüyor ki rüzgârlarla gelmişler. Bir araştırmacı, geçen buz devrinde buzullar Antarktika'yı baştan aşağı temizlediği için, kıtadaki küçük hayvancıkların birçoğunun buzun geri çekilmesinin ardından başka kıtalardan uçup gelmiş olması gerektiğini ileri sürmüştür. Canlıların uçarak bir yerden bir yere taşınması için geçerli olan boyutların sınırları henüz araştırılmamıştır.

Doğanın virüsler ve bakterilere getirdiği uçuş kısıtlamaları çok daha iyi bilinmektedir. Talihliyiz ki, öldürücü derecede tehlikeli ve saldırgan mikroplar genellikle hastalıkları çok uzaklara taşımadan önce yanarlar. Maryland Üniversitesi'nde Uluslararası Araştırmalar ve Güvenlik Araştırmaları Merkezi'nde silah denetçisi olan Milton Leitenberg, "Etkisiz hale gelmeleri çok kolay oluyor," diyor. "Neden sadece mor ötesi ve oksijen değil. Kuruyuveriyorlar da. Bazı durumlarda bu birkaç dakika, hatta saniye içinde gerçekleşiveriyor. Ama şarbon bir istisnadır."

Şarbon, sporları sert, koruyucu mantolar içinde dolaşan yaygın bir toprak bakterisidir. Doğal döngüsü içinde şarbon, genellikle enfeksiyon kapmış hayvanlarla doğrudan temas halinde çalışan insanları tehdit eder. *Doğal olmayan* yöntemlerle bir silah olarak kullanıldığında, bir grup bakteri sporu düşmanın üzerine fırlatılır. Fakat yine de, yalnızca o yöredeki insanlar bu sporları soluyacaktır. 1979'da Rusya'da bir şarbon tesisinde meydana gelen sızıntıyla, şarbon sporları bir duman halinde serbest kaldı. Fabrikanın yakınlarında 96 kişi enfeksiyona yakalandı ve bu insanların üçte ikisi öldü. Rüzgârın estiği yönde yaklaşık 40 ki-

lometre mesafede ise duman seyreldikçe yalnızca koyunlar ve inekler hastalandı. Ama bu dayanıklı mikrop bile haftalar ve aylarca gün ışığında kalırsa, rüzgârda sürüklenen cansız parçacıklardan biri olup çıkar.

Gerçekten havada yaşayan bir bakteri türü ise daha istisnai bir grup olarak görülebilir. Avusturyalı araştırmacılar kısa süre önce Alpler'de yakaladıkları bulut damlacıklarının içinde uçuş sırasında üredikleri anlaşılan canlı bir bakteri kaynadığını keşfettiler. Bakterilerin yaşadığı bulut damlacıklarının onları mor ötesi ışınlardan koruyacağını dikkate alan bilim insanları, Dünya'nın büyük bölümünün bulutlarla kaplı olduğu ve bu bulutların "yaşam alanı" olduğunun kabul edilmesi gerektiği sonucuna vardılar.

Sağlık uzmanları artık havanın hem canlı, hem cansız sakinleri, bunların insan akciğerlerini nasıl etkileyeceklerini giderek daha çok sorguluyorlar. Daha sonraki bir bölümde göreceğimiz gibi, astım oranları tüm dünyada hızla artmakta ve bu hastalığın havadan gelen bir nedenine yönelik arayışlar giderek yoğunlaşmaktadır.

Estelle Levetin, bugün birçok bilim insanının "aerobiyoloji" teriminden bile haberi olmadığını söylüyor. Fakat aerobiyoloji büyüyen bir sektör. Levetin, uzun süre yalnız kalmayacak.

Genç bir bilim insanı, aerobiyoloji kadar bile gözde olmayan bir alanda ün yapmak hevesindeyse, unutmamalılardır ki dünyanın toz üreten en ilginç organizmalarından bazıları hâlâ aerobiyologların gözünden kaçmaktadır.

Örneğin algler ve mantarların bir araya gelmesiyle oluşan kırışık likenler, hayatlarını üzerinde yaşadıkları kayalardan yavaş yavaş çektikleri besinlerle sürdürürler. Hypha denilen lifli saçakları kayalardaki çatlaklara yerleşir ve burada mineralleri eriterek çıkarmak için asit salgılarlar. Kaya zayıfladıkça toz salar. Kullandıkları kimyasal silahların yanı sıra likenler kayaları kırmak için kaba kuvvete de başvururlar. Bir çatlağın içine toplanan saçakları kurak dönemlerde küçülür, nemli dönemlerde ge-

nişler, tıpkı tuz ve buz kristallerinin yaptığı gibi çatlakları yarmak için zorlar.

Kayaları "yiyen" mikroskobik bakteriler ve mantarların değeri ise bu kadar bile bilinmemektedir. Likenler ve mikroplar birlikte el değmemiş kayaların içine girerek tarım işçileri gibi çalışırlar; kendileri için mineral toparlarken yavaş yavaş kayayı da başkalarının yararlanması için parçalarlar.

Fakat en ilginç canlı toz üreticiler herhalde dinozorların torunları olan kuşlardır. Dünyadaki kuş tozunun kesin ağırlığı hâlâ, bir öğrenci tarafından doktora tezi olarak seçilmeyi beklemektedir. Fakat Amerika Birleşik Devletleri Jeolojik Araştırmalar Kurumu'ndaki (USGS) araştırmacıların da zor yoldan öğrendiği gibi, kuş tozları konusu bir deneyi pekâla mahvedebilir.

USGS araştırmacıları 1980'lerde ABD'nin batısında bir dizi "toz tuzağı" kurduklarında her şeyi hesap ettiklerini sanıyorlardı. Niyetleri gökyüzünden ne kadar toz düştüğünü ölçmekti. Deneyin yürütüldüğü yerlere yerleştirilen teflondan yapılmış yuvarlak kek kalıpları toprağa saplanan kazıkların ucuna sabitlendi, yağmur suyunun buharlaşmasını hızlandırmak için siyaha boyandı; ayrıca konan tozları süpürüp götürecek rüzgârdan korumak için kalıpların içine bir sıra da bilye yerleştirilmişti.

Fakat araştırmacılar, ağaçtan yoksun bir arazide bu toz tuzaklarının kuşlar için ne kadar cazip tünekler olacağını düşünmemişlerdi. "Değirmen taşı" denilen ve kuşların yedikleri besini öğütmek için yuttukları çakılları da unutmuşlardı. Besinlerin öğütülmesi sırasında bu değirmen taşları da yavaş yavaş toza dönüşüyor ve sindirim sisteminden geçiyordu. Sonuçta ortaya çıkan "kuş kaynaklı çökelti" kek kalıplarının ortaya koyduğu tabloyu karmakarışık etmişti: küçülmekte olan değirmen taşlarının tozu iki katına çıkmış, toplanan toz oranı da böylece üç katına yükselmişti.

Denver'da USGS araştırmacılarından deneyimli bir toz tuzakçısı olan Marith Reheis "Kuşların yaptığı sadece bu değil," diyor. "Kuzgunların açıkça takas yaptığına inanıyorum. Benim bilyelerimi alıp onların yerine bir şeyler bırakıyorlar. Genellik-

le bilyelerle aynı büyüklükte kayalar bırakıyorlar. Aldığım hediyeler arasında kopmuş bir kertenkele kafası, bir kanguru faresi kuyruğu, haa, bir de eşek dışkısı vardı." Elbette deneyi kuşlardan korumak için gerekli değişiklikler daha sonra yapılmış. Gökyüzü çöl tozlarının, volkanik küllerin, deniz tuzunun, ağaç sızıntılarının, sinek bacaklarının, diatomların ve benzeri şeylerin uçuştuğu, doğal olarak tozlu bir yerse, aynı zamanda doğal olmayan tozları da barındıran bir yerdir.

Ateş her zaman gökyüzüne siyah toz bırakan bir kaynak olmuştur. Primatlar ağaçlardan inip kayaları birbirine sürtmeye başlamadan önce, ateş yakma gücü yalnızca şimşeklerde ve kendiliklerinden çarpışan kayalardaydı. Güney Afrika'da yuvarlanan kayaların kıvılcımlar çıkarması ve büyük çayır yangınları başlatması hâlâ son derece olağandır. Fakat kayaları birbirine sürtmeyi öğrendiğimizden bu yana, ateşi, hayatımızı sürdürmemizi sağlayan bitkileri ve havanları denetlemek için kullanıyoruz. Artık ateş tozunun başlıca nedeni biz insanlarız.

Panama'nın başkenti Panama City'deki Smithsonian Tropikal Araştırma Enstitüsü'nde arkeobotanikçi olarak görev yapan Dolores Piperno, eski devirlerde kasten çıkarılan yangınları inceliyor. Kısa sarı saçları, köşeli çenesiyle ciddi görünüşlü bir kadın olan Piperno, eski devirlerdeki çevre ortamını yeniden kurmak için göl yataklarındaki çamurun ince tabakalarından yararlanıyor. Bir de, Panama'da paleolitik dönemlerde yaşamış yerlilerinin çevre koruma açısından davranışları hakkında hiç de olumlu düşünmüyor.

Pipero 11.000 yıl önce Orta ve Güney Amerika'da yaşamış olan bu halk hakkında "Bunlar gayet yetkin avcı-toplayıcılardı," diyor. "Ateşi denetlemeyi biliyorlardı. Buraya geldiler ve her yeri tutuşturmaya başladılar."Kanıtları laboratuvar masasının üzerine sertçe koyduğu plastikle kaplanıp bantlanmış, soğuk, siyah bir çamur silindiri. Katmanlarının arasında fitolit denilen ve yapısında pek çok bilgi taşıyan bir toz bulunuyor. Fitolitler kelimenin tam anlamıyla "bitki taşları"dır. Birçok bitki yapraklarının, meyve ve tohum kabuklarının hücrelerinde mikroskobik boyut-

ta taşlar üretir. Bu camsı taşlar muhtemelen saldırgan tırtıllar ve benzerlerine karşı bir caydırıcı görevi görmektedir. Piperno'nun söylediğine göre yediğiniz kepekli tahıllar gırtlağınızı tahriş ederse anlayın ki, bir fitolit etkisi yaşıyorsunuz.

Bu tozlar insanı hayrete düşürecek kadar çok çeşitli biçimlerde bulunur; basit kelebek ve çiçek biçimlerinden küçük halterlere, golf toplarına, mısır tanelerine, hatta kenarları tırtıllı lazanya hamurlarına kadar değişen biçimlere benzerler. Birçokları bir kılın onda biri büyüklüğünde olsa da, bazı "lazanya hamurları" bu uzunluğun on katına ulaşabilir; bu da kemirici bir böcek için olsa olsa bir tabaka pencere camı kadar iştah açıcı olabilir. Bu küçük taşlardan her biri, birer bilgi kaynağıdır. Her biçim, farklı bir bitki türü tarafından üretilir. Fitolitler bir organik madde parçacığının etrafında oluştukları için, radyokarbon yönetmiyle yaşları belirlenebilir. Yandıklarında ise renkleri siyaha döner.

Dolayısıyla Piperno eski devirlerden kalma göl çamurundaki fitolitleri yalıttığında, eski çağ insanlarının toprağı nasıl değiştirdiğine dair belirgin bir tablo çizebiliyor. 11.000 yıl öncesine kadar çamurda ağaçlar ve çalılar gibi orman bitkilerinin fitolitleri daha baskın olarak bulunuyordu. Sonra, yavaş yavaş azalmaya başlamışlar. 4000 yıl içinde bu orman fitolitlerinin pek çoğu tümüyle kaybolmuş: yani ormanlar yok edilmiş.

Peki onların yerini ne almıştır? Ormanlar gerilerken onların yerine ayak otları ve çayır gibi açık arazi bitkilerinin fitolitleri gelir. Genellikle bu minik taşlar kararırlar. Piperno, 4000 yıl önce bugün mısır olarak bilinen otun, fitolitlerini düzenli olarak döktüğünü anlatıyor. Mısır fitolitleri ve balkabağı fitolitleri de sayı bakımından hızla artmış ve giderek büyümüştür ki, bu ehlileşmeye işaret etmektedir. Piperno bu yeni tozlardan hareket ederek, tarımın yaygınlaşmış olduğunu söylüyor. Ve bu çiftçiler, toprağı temiz tutmak ve besin maddelerinin toprağa geçmesini sağlamak için birkaç yılda bir arazilerini ateşe veriyorlardı.

Derken, birkaç yüzyıl ortada görünmeyen orman fitolitleri, beş yüz yıl önceden kalan çamurda yeniden belirir; bu tarih İspanyolların Orta Amerika'yı işgal ettiği döneme denk gelmekte-

dir; Piperno üzgün bir tebessümle, bu kez ateş yakan çiftçilerin kendilerinin yok edildiği sonucuna vardığını söylüyor. Gelgelelim yangınlar, tropikal bölgelerde tarım açısından temel önemdedir. Afrika savanalarından Güney Amerika ormanlarına kadar, çiftçiler tarım arazilerini temizlemek, sığırlar için otlaklar ve yeni yollar açmak ve yerleşimler kurmak için düzenli olarak ateşe başvururlar.

Fakat ateşe verilmiş yeşilliklerin ne kadarının gaz, ne kadarının kurum olarak taşındığı ise tartışmalıdır, çünkü bilim insanları bu konuya henüz yeni el atmaktadırlar. Örneğin Afrika savanalarındaki çayır yangınları çok sıcaktır ve bu yüzden de nispeten temizdir. Ağaçların sık olduğu, rutubetli ormanlarda çıkan daha serin yangınlarsa daha fazla duman ve küçük kurum parçacıklarını kaplayan daha çok sayıda karmaşık kimyasallar üretir. Hayvan dışkısının yakılması da kara bir duman oluşmasına katkı yapar; sadece Asya'da yemek pişirmek ve ısınmak için her yıl 118 milyon ton hayvan dışkısı kullanılmaktadır.

Duman üretimiyle ilgili genel bir tahmine göre, yanmakta olan 2,5 kilometre karelik bir arazi her saat bir buçuk ton duman parçacığı üretecektir. Buna karşı çıkan bir başka tahminse, bu miktarın saatte 20 ton olmasını daha muhtemel görüyor. Her iki miktar da çok büyüktür. Uzaydan bakıldığında, duman sütunları, uçakların arkalarında bıraktığı geniş gri izler gibi, yüzlerce kilometre genişliğinde kara ve denizin üzerinde kolaylıkla görülebilir.

Tropik bölgelerin dışındaki bitkiler de insanların yakıp kül etme arzularından kesinlikle yakayı sıyırmış değildir. Yangın tarihçisi Stephen Pyne'ın deyişiyle "kabahatli olduğunu bile kabul etmeyen bir alışkanlıkla", ABD'li çiftçilerin birçoğu yeni ekim yapmadan önce bir önceki yılın anızlarının yakılması biçimindeki eski uygulamayı ısrarla sürdürmektedir. Giderek daha ciddi bir kaygıyla dile getirilen sağlık uyarıları sayesinde, nihayet bu ülkedeki yakma hevesi yatışmaya başlamıştır.

En kuzeydeki ormanlar da şaşırtıcı bir başka kurum kaynağıdır. Kanada ile Rusya dünya ormanlarının neredeyse beşte biri-

ne sahiptir. Tropik bölgelerde olduğu gibi, kuzeydeki yangınların birçoğu, hatta yarısı Kanada'da olmak üzere, insanlar tarafından çıkartılıyor. Bu uzak ve kuru ormanlarda başlayan yangınları genellikle kontrol altına almak mümkün değildir.

Kanada'da, muhtemelen Rusya'da da neredeyse bütün yangınlar "taç yangınıdır." Bu yangınlar, topraktan başlayarak ağaçların en tepedeki taçlarına kadar her şeyi yakan son derece yüksek ısılı yangınlardır; yerden yayılan bir yangına göre çok daha fazla duman çıkarırlar ve bu dumanı daha yükseklere yayarlar. Özellikle yağışsız geçmiş bir yılda yangın orman zemininin bir metre aşağısına kadar inebilir ki, bu da özellikle çok yoğun bir duman yaratır. Görünüşe göre iklim değişimi kuzeydeki bölgelerin daha hızlı bir biçimde ısınmasına sebep olduğundan bu ormanların giderek daha fazla kuruması ve giderek artan miktarlarda duman salması gibi bir ihtimal de mevcuttur.

Savana yangınları, tarımsal yangınlar ve orman yangınlarıyla birlikte NASA'nın tahminlerine göre her yıl bir ilâ 12 Texas büyüklüğünde arazi yanmakta, sonuçta 2 ilâ 11 milyar ton bitki tahrip olmakta, milyonlarca ton kurum gökyüzüne fışkırmaktadır. Bir yangının sıcaklığı dumanı troposfere kadar gönderir ama kurumlar da büyük mesafeler kat edebilir. Örneğin Meksika'dan kaynaklanan dumanın Kuzey Dakota'da, Wisconsin'de ve Florida'da yaşayanların genizlerini yaktığı bilinmektedir. Kanada'da çıkan yangınlar güneye New England, hatta Lousiana eyaletlerine kalın duman bulutları taşır.

İnsanların yoğun etkisine rağmen, orman ve çayır yangınlarının tozları hâlâ aynı doğal kurum parçacıkları ve organik bileşenlerden oluşmaktadır. Yanabilecek bitkilerin ilk ortaya çıktığı çağlardan beri, şimşekler, bu tozların bulutlar halinde oluşmasına yol açıyor.

Savaş yangınları ise, kesinlikle insan kaynaklı ve doğal olmayan kurum parçaları üretir. Saddam Hüseyin'in ordusu Kuveyt'ten çekilirken 613 petrol kuyusunu ateşe vererek, savaşın etiği sorununu yeniden canlandırmıştı. Bu yangınlar, büyük petrol göllerini açıkta bırakmanın yanı sıra, ölçülemeyecek mik-

tarlarda kurum ve başka kimyasalları gökyüzüne salmıştı. Kapkara bir yağmur yağdıran, koyu bir bulut Kuveyt'in üzerine yayılmış, sonra komşu ülkeleri de içine alacak şekilde genişlemişti. Yangınlar devam ederken, kurum bulutunun altında ısı 18 derece kadar düşüş göstermişti.

Bu amansız orman yangınları ve acımasız savaş yangınları çok büyük yangınlardır. Fakat her gün çıkardığımız kontrollü yangınlar bile havaya toz bırakır. Çaktığımız her kibritten kurum çıkar. Izgaraya attığımız her hamburger, yaktığımız her kamp ateşi çok daha fazla miktarlarda ince siyah toz salmaktadır.

İnsanlığın tozlu tarihi ateşle başlamıştır. Fakat artık hiçbir şey dünya üzerindeki tozlu etkimizi bir otomobil gibi simgeleyemez. İlk akla gelen otomobil tozu, benzin ya da dizel yakıtı yakılmasıyla oluşur. Fosil yakıtların yakılması genelde hiç sağlıklı bir işlem değildir. Fosil yakıtlar, karmaşık bileşiklerle doludur ve ancak çok yüksek ısılarda tam olarak yanabilirler. Bu yüzden de otomobil ve kamyonların motorları, egzoz borularından çok miktarda kısmen yanmış yakıt atmaktadır.

Genellikle uzun mesafe ve nakliyat kamyonlarında, inşaat ve tarım makinelerinde, otobüslerde ve trenlerde bulunan dizel motorları, özellikle fazla toz üretirler. Kentlerin havası, çoğu zaman yarı yanmış yakıt parçacıkları yüzünden, mavi bir ton alır ve bu kurum kentin pencerelerinde genellikle siyah bir kurum olarak pervazlara yerleşir. Federal Çevre Koruma Ajansı'nın (EPA) tahminlerine göre, eski bir dizel kamyonu bir yılda sekiz ton kurum ve yanmış yakıt dumanı üretebilir. Hafif güçte bir dizel motor bile normal bir benzin motoruna kıyasla 30 ilâ 100 kat daha fazla parçacık çıkarır.

İster benzin, ister dizel olsun bir egzoz parçacığının kalbini oluşturan bir karbon kurumu çekirdeğidir. Fakat dizel kurumu, yanma sonucu ortaya çıkan başka yüzlerce yan ürünle kaplanmış ve kirlenmiştir. Sağlık araştırmaları yapan uzmanlar, bu küçük tanelerin, kanserden, akciğer ve kalp hastalıklarına kadar bir dizi sağlık sorununa yol açtığı konusunda her geçen gün biraz daha kaygılanmaktadır.

Benzin motorları bu kadar tozlu olmayabilir, ama sayı bakımından çok daha fazladırlar. Yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde, benzinle çalışan motorlar her yıl havayı kirleten milyonlarca ton madde salmaktadır; bu maddeler cıva ve kurşundan, benzen ve arseniğe kadar varan bir çeşitlilik göstermektedir. Bu dumanın büyük bir bölümü buhar halinde ortaya çıksa da, yeni oluşmuş kurumun ve havadaki başka tozların üstünde yoğuşup son derece küçük zehirli bombalar oluşturabilir.

Bu motorların hepsi ayrıca sülfür ve azot gazlarından oluşan bulutlar da salabilir. Ve tıpkı bir yanardağdan çıkan sülfür gazının bir bölümünün yoğuşarak parçacıklar oluşturması gibi, otomobilinizin motorundan çıkan gazlar da aynısını yapar. Amerika Birleşik Devletleri'nde otomobiller, kamyonlar ve arazi araçları her yıl göğe bir milyon ton sülfür gazı bırakır; bu miktar dünyanın bütün yanardağlarının saldığı miktarın yaklaşık onda biridir. Motorlu araçlar ayrıca Amerika Birleşik Devletleri'nde azot gazı salımının sanayiden doğan başlıca kaynaklarıdır.

Dumanlar çıkaran bir egzozun zararlı olduğu hemen anlaşılabilir. Ama otomobilinize biraz daha yakından bakın. Lastikleriniz aşındıkça kauçuk nereye gidiyor? Küçücük kauçuk parçaları, otomobiliniz ilerledikçe arkasında görünmez bir bulut oluşturur. EPA, bu tozun yalnızca en küçük parçacıklarını, bir kılın onda birinden daha ince taneleri saymakla ilgileniyor. Bu büyüklükte lastik tozuna gelince; ABD'deki otomobiller aynı büyüklükteki kauçuk tozundan her yıl havaya 25.000 tondan fazla salıyor. Bu da toz haline getirilmiş iki milyon lastik demektir.

Lastik ile yol arasındaki sürtünme otomobilinizin ileri doğru gitmesini sağlar. Tekerlekler ile fren balataları arasındaki sürtünme sizi durdurur. Frene basmak, yalnızca Amerika Birleşik Devletleri'nde, eskiyip dağılan lastiklerin ürettiğinden çok daha fazla toz üretmektedir: Her yıl yaklaşık 35.000 ton fren balatası tozu havaya karışmaktadır. Eskiden asbestten üretilen balatalar artık çok çeşitli malzemelerden yapıldığından, fren balatası tozu giderek daha renkli bir hal almaktadır. Bu tozda seramik, karbon, sentetik elyaf ve fiberglasın yanı sıra bir dizi metal de

bulunabilir. Kamyonlara ve otomobillere, özellikle asfaltlanmamış yollarda giderken biraz uzaktan bakın, başka bir büyük toz kaynağı göreceksiniz. Amerika Birleşik Devletleri'nin batı bölgelerindeki kuru yollarda giden araçlar, genellikle önce yuvarlanan bir toprak tozu bulutu olarak görünür. Toprak yollar, kırsal sadeliği gösterdikleri için beğenilse de, temiz hava uzmanları bunları giderek daha fazla kötülemektedirler. Bu yollar çok büyük bir toz kaynağıdır. EPA her yıl ABD'de trenler, uçaklar, orman yangınları ve odun sobaları, kömür madenleri, çimento yapımı gibi onlarca kaynağın çıkardığı tozun toplamını hesaplar. Bu kaynaklar hep birlikte havaya her yıl 33 milyon ton toz bırakır. Ve toprak yollar, bu toz dağının oluşumunda, üçte bir paya sahiptir.

Eski zamanlarda tozlu yollar için en fazla tutulan çözüm, üzerlerine kullanılmış makine yağı püskürtmekti. Kulağa biraz Exxon Valdezvari gelse de, bu yöntem gelişmekte olan ülkelerde hâlâ uygulanmaktadır. Fakat tozlu yolları yağlamanın sakıncalarını en iyi bilenler herhalde, Missouri eyaletinde, St. Louis'nin yaklaşık 30 kilometre güneybatısında kalan Times Beach'in eski sakinleridir.

1970 ile 1972 arasında yolları yağlama işinde çalışan bir yüklenici, her zamanki kullanılmış makine yağı bileşimine bir ilaç şirketinin diyoksin taşıyan tehlikeli atıklarını ekledi. Bu karışım Times Beach'deki döşenmemiş yollarda ve park yerlerinde bol bol uygulandı. On yıl sonra EPA Times Beach'teki yolların, banketlerin ve şarampollerin çok güçlü bir kanserojen olan diyoksine batmış olduğunu fark etti. Kasaba sakinleri tahliye edildi ve kendilerine tazminat ödendi. Evler yıkıldı, döşenmemiş yolların toprağı, kürek kürek bu iş için getirilen tehlikeli atık imha edicisinden geçirildi. Bu örneğe bakıldığında, toprak yollarda biraz da toz bulunmasının o kadar da kötü olmadığı söylenebilir herhalde. Missouri, tozun bastırılması için yağ kullanılmasını derhal yasakladı.

Yol yapma seferberliği giderek daha yaygınlaşıyor. Fakat yolların kaplanması da 1.6 kilometre başına 500.000 dolara mal ola-

bilir ki, bu da yolların yapımından sorumlu olan kasabalarda bir itiraz yaratıyor. Örneğin tozlu Phoenix kentinin bulunduğu Arizona eyaletindeki Maricopa County, döşenmemiş 1.100 kilometrelik kamuya açık yolu döşemekten sorumlu. Bütün bu yollar yarın döşenecek olsa bile, kırsal kesimdeki 4.800 kilometrelik döşenmemiş özel yollardan toz kalkmaya devam edecek. Üstelik yolları döşemek bile otomobillerin toprak tozu kaldırmasını engelleyemeyecek. Döşenmiş yollar her yıl ABD'de havaya 2,5 milyon ton toz salıyor.

Bütün kurum ve sülfür damlaları, fren balataları ve lastik parçacıkları, bildiğimiz toprak tozu; bunların hepsi otomobiller ve kamyonların kabahatini ortaya koyuyor. Üstelik Tayvan'da bir atmosfer bilimci de bir otomobilin kendi başına hiç toz üretmese bile, havadaki toz miktarına muazzam bir katkıda bulunacağını kanıtladı. Otomobil motorları, önceden mevcut tozları çektiklerinde, bunları korkunç bir biçimde değiştiriyor.

Jen-Ping Chen, sıcak bir motorun içinde tozların buharlaştığını söylüyor. Bu buhar egzoz borusundan çıkarken, yeniden yoğuşuyor ve insanların kolayca soluyabileceği küçük parçacıklar haline geliyor. Bu, tıpkı bir çim biçme makinesiyle cam bir şişenin üzerinden geçmeye benziyor: otomobil kullanmak, nispeten zararsız tozları, ürkütücü birçok küçük parçaya ayırıyor.

Chen'in araştırması, bu yeni parçacıkların bir otomobilin ardından nasıl ışık hızıyla oluştuğunu ortaya koyuyor. Bir otomobilin egzoz borusunun yalnızca 10 santimetre uzağındaki parçacıkların yoğunluğunu ölçen Chen, 15,5 santimetreküp havada yaklaşık 200.000 parçacık bulunduğunu görmüş. Egzoz gazı, egzoz borusundan 40 santimetre uzaklaştırıldığında 15,5 santimetreküplük havadaki sayı 6 milyonu aşkın yeni oluşmuş parçacığa ulaşıyormuş. Chen rutubetli havada bu parçacıkların da nemleneceğini, hatta sıvılaşacağını söylüyor. Kuru havadaysa otomobilden çıkan egzoz gazı, toz kadar kuru oluyor. Her iki durumda da bu dönüşmüş tozlar son derece küçük ve kolay solunabilir parçacıklar.

Elektrikli bir otomobil bile dolaylı olarak, kirlenmeye yol açan tozlar üretiyor. Aslına bakarsanız, standart elektrik şebekesine bağlanan her türlü elektrikli alet havadaki fosil yakıt tozunu artırıyor. Kahve makinesini her açtığınızda, elektriği üretebilmek için uzaklarda bir yerlerde fosil yakıtlar tüketiliyor olabilir. Fosil yakıtlar yandığında da toz kaçınılmaz oluyor.

Kömür, en tozlu yakıttır ve zengin ülkeler de bolca kömür yakıyor. İnsanların yakarak ürettiği sülfür damlacıklarının yüzde 90'ı kuzey yarıküredeki sanayileşmiş ülkelerin üstünde yükseliyor. Gökyüzünde, insanların ürettiği bu sülfür damlacıkları, doğal yollarla oluşan damlacıkların sayısının iki katıdır. Ve bu yoğunluk, dünyanın birçok bölgesinde, asit yağmurunu doğal bir gereklilik olmaktan çıkarıp çürütücü bir lanete dönüştürmüş durumdadır. Yanan kömürden, parçacık üreten nitrojen oksit gazları da büyük miktarlarda çıkıyor. Kömür dumanı zehirli cıva ve başka metaller bakımından zengin olduğu gibi, yanan kömürden çıkan radyoaktif radyum ve toryum da bir nükleer santralin atığıyla kıyaslanabilecek düzeydedir.

Fakat fosil yakıtların yanması konusunda *ne yaparsak yapalım*, hepsi havaya toz salacaktır. Uçaklar göğü yarıp geçerlerken arkalarında tozdan bir iz ve daha fazla parçacık üretilmesine yol açan hızlı yoğuşan türden gazlar bırakırlar. Gemiler okyanuslarda yol alırken, bilinmeyen nedenlerle bazen günlerce gökyüzünde kalan toz bulutları bırakırlar. Roketler ise görkemlerine yakışır bir biçimde, atmosfere alüminyum yakıtı yakmanın bir ürünü olan safir tozu dökerler.

İnsan faaliyetlerinden çıkan bu tozlar, ömür boyu sürecek bir yolculuğu, doğanın ürettiği küçücük parçacıklarla birlikte sürdürürler.

6. Bölüm

Rüzgâra Kapılmış Toz Sınır Tanımaz

Bothell Washington Üniversitesi'nde çevre bilimleri profesörü olan Dan Jaffe, 1998 yılının bir Nisan günü göğe baktı; bir şeyler oluyor galiba, diye düşündü. "Güzel, gökyüzünün masmavi olduğu bir gündü," diye hatırlıyor. "Daha doğrusu, gökyüzünün masmavi olması *gereken* bir gündü." Bir önceki gün çıkan fırtınanın, peşinden, temiz, berrak hava getirmiş olması gerekiyordu. "Ama göğe baktım ve süt gibi, soluk bir mavilik gördüm. İlk aklıma gelen bir yanardağ patlaması oldu."

Tesadüfen değil elbette ama, Jaffe, Washington Eyaleti'nin Pasifik Okyanusu'yla buluştuğu Cheeka Zirvesi'nin tepesinde havadan örnek alabilen cihazlar yerleştirmiş. Jaffe, bu cihazların eski bir öyküyü belgeleyebileceğini umuyormuş: Asya'dan gelen tozların Kuzey ve Güney Amerika kıtalarına taşınmasının öyküsü. Fakat öykünün, bu bölümü dolduracak kadar büyük boyutlara varacağını da hiç beklemiyormuş.

Dünyanın çevresinde, görünmez hava akımlarıyla taşınan toz ırmakları akar. Toz ırmakları gezegenin öyle ayrılmaz bir parçasıdır ki, onlar olmazsa yağmur da, kar da nadiren yağar. Fakat artık bu görünmez nehirlerin haritasını çizen bilim adamları, doğal tozlara insanların yaptığı bir katkıdan dolayı kaygılılar. Toz ırmakları artık tehlikeli olmaya başlıyor ve ayrım gözetmeden bir ülkeden diğerine akıyorlar.

Yere yerleştirilmiş makinelerinin yoğun bir Asya esintisi yakalamasından bir yıl sonra Jaffe, küçük bir uçağa havayı koklayan makineler monte etti; bu uçak Pasifik Okyanusu semalarında dolaşarak buraya gelen yeni tozlu hava akımlarını arıyor.

Jaffe, çamurlu beyaz Toyota'sını Seattle'ın kuzeyindeki bir havaalanına doğru sürerken "Kuzey yarıkürede en temiz hava nerededir?" diye soruyor. Washington semalarına doğru elini sallayarak, "Muhtemelen burada diye düşünürüz. Alabildiğimiz en temiz hava santimetreküp başına 100 parçacık." Fakat: "Cihazlar sayesinde hafif bir sis gördük; şimdiye kadar sadece dört gün oldu bu," diyor otomobilini park edip sırt çantasını arka koltuktaki çocuk oyuncağı yığınının arasından alırken. "Bu toz kesinlikle Asya'dan geliyor."

Pilot Mark Hoshor ve Jaffe'nin yüksek lisans öğrencilerinden Bob Kotchenruther çoktan hangara varmışlar. Pembe yüzlü, sarışın Kotchenruther barlarda kullanılan bir buz öğütücüsüyle kimyasal buz kalıplarını parçalamakla meşgul. Uçağın içindeki on iki koltuk çıkarılmış, yerlerinde, keskin kenarlı konsollar üzerine yerleştirilmiş cihazlar var ve bazıları güne hazırlık olarak çalışmaya başlamış bile. Bir cihaz, tanktan oksijen çekiyor; bu, onu Dünya'dan gelen maddelerle bulaşmaktan koruyacak.

Koyu renk saçlı, çekingen mizaçlı Hoshor, uçağın arkasına tırmanıyor ve cihazlarla bilgisayar ekranları arasında kalan koridordan ilerliyor. Alçak tavanın altında eğilerek güvenlikle ilgili bir özelliğe dikkat çekiyor: plastik bir torba içinde şişirilebilir bir cankurtaran botu. Kotchenruther de koridordan sürtünerek geçiyor ve cihazların arasında yer bulup oturuyor. Uçmak-

tan pek de hazzetmeyen Jaffe, küçük uçak pistte ilerleyip bir zamanlar temiz havasıyla meşhur Puget Boğazı üzerinde yükselirken el sallıyor.

Hemen ardından Kotchenruther'ın bilgisayar ekranı dışarıdaki göze görünmez milyonlarca tozu saymaya başlıyor; parçacık sayısı yükselip alçaldıkça, zikzaklı çizgiler oluşuyor. Bilgisayar en yeni dillerden birinde, Dünya'nın en eski destanlarından birini, kıpırdayan kayanın öyküsünü anlatıyor.

Bahar zamanı kurak toprakların üzerinde güçlü rüzgârlar estiğinde kopan toz fırtınaları Asya'da olağandır. Fakat Nisan 1998'de meteorologlar, rüzgârların özellikle çok şiddetli olduğu sonucuna varmışlardı. 15 Nisan 1998 günü sabahın erken saatlerinde Moğolistan ile Çin'in kuzey ve orta bölgelerindeki geniş çöller ve lös bölgelerinde esen soğuk rüzgârlar belki de saatte 70 kilometreyi aşan hızlara erişmişti. Bunun üçte biri kadar hızlı bir rüzgâr, toz kaldırmaya yeterlidir. 16 Nisan günü öğle saatlerinde Pekin semaları karardı. Ardından toz yüklü dolgun yağmur damlaları yolları ve otomobilleri sarı çöl çamuruna buladı. Bu, ne anormal, ne de olağandışı bir olaydı. Aşırı işlenmiş löslü topraklar kurak çöllere dönüştükçe, "çamur yağmuru" denilen sarı yağmur da giderek daha sık görülmektedir. Bu tür devasa kum fırtınaları Asya'yı her yedi-sekiz yılda bir etkilerdi. Artık her yıl gerçekleşen olaylar halini aldılar. 2000 yılı baharında, buna benzer ondan fazla daha küçük fırtına Pekin'i toza bulamıştı.

Sarı yağmur, bir gün önceki güçlü fırtınanın ardından gökyüzündeki toz ırmağının yalnızca bir bölümünü aşağı indirmişti. Uzaydan bir uydunun çektiği fotoğraflara göre, geride kalan tozlar gezegenin mavi-beyaz yüzeyinin üzerinde hızla doğuya doğru akıp giden düz, kahverengi bir ırmak oluşturuyordu. Bu ırmak Pasifik Okyanusu'un aştı. British Columbia'yı hafifçe yalayıp geçti, sonra da dağılıp kayboldu. Ama arkasında ikinci bir fırtına kabarıyordu.

19 Nisan'da bir başka şiddetli rüzgâr pençelerini Gobi'ye geçirdi. Hızla savrulan tozların içinde, görüş mesafesi 50 metreye düşecek kadar azaldı. CNN haberlerine göre doğuya doğru uza-

nan fırtına Çin'de 12 kişinin ölümüne, yaklaşık 9000 ineğin telef olmasına yol açtı ve Moğolistan'da yaklaşık bin kişiyi evsiz bıraktı. 21 Nisan'a gelindiğinde bu yeni ırmak bir dil gibi Pasifik Okyanusu'nun üzerine uzanmıştı.

Sayılamayacak kadar fazla olan toz taneleri hayatlarının son derece şiddet dolu bir aşamasına geçiyorlardı. Bazıları, içinde milyonlarca yıldır yuvarlanıp durdukları kıpırdayan kum tepelerinden kalkmıştı. Bazıları Gobi dinozorlarının eski mezarlarından kurtulmuştu. Bazıları da ilkel dağlardan yuvarlanıp düştükleri kuru dere yataklarından geliyordu.

Fakat bu ırmak saf kaya tozundan oluşmuyordu. Rüzgâr yalnızca büyüklüğe bakarak seçim yapar. Çöllerin üzerinde estiğinde bu rüzgârlar, parçalanabilen her şeyden bir parça koparmıştı: deve ve at kemikleri, beyaz fosil kırıntıları, Moğol çobanların renkli ipek şapkalarından lifler, ölmüş yaban soğanlarının kâğıtsı parçaları, budaklı ağaçların yandığı bir kamp ateşinin külleri, deve tüyü iplerden lifler, bir dağ geçidinde kutsal bir kaya yığınına adak olarak bırakılmış sarı bir çay kartonunun lifleri, hatta belki Cengiz Han'a bile ait olabilecek parçalar.

Bu rüzgâr, fabrikaların ve kentlerin üzerinden eserken, Çin'i örten kalın kirli hava örtüsünü de uçlarından kaldırıyordu. Sülfür damlaları ve dizel kurumları, gazlar ve zehirli metaller havaya yükselip bu dönen ırmakla birleşiyordu.

Öyle anlaşılıyor ki, yalnızca Çin değil, Asya kaplanının tamamının soluğu kötü kokuyor. Singapur'dan Tayland'a, Kore'den Çin'e kadar ülkeler, ekonomileri büyürken, fosil yakıtlara karşı doymak bilmez bir iştah geliştirmişlerdir. Ne yazık ki, bu yakıtların yanmasıyla ortaya çıkan dumanı filtreleyen teknolojiler pahalıdır. Bu yüzden de Bangkok'un romantik manzaraları genellikle gözleri sulandıran, boğazı tıkayan parçacıklardan oluşan bir sise bürünmüştür. Hong Kong limanında, gemiler bazen görüş mesafesini 1,5 kilometreden aza indiren sapsarı bir gaz ve toz bulutunun içinden geçerken sis düdüklerini kullanmak zorunda kalırlar. Ama Çin'de fosil yakıt çılgınlığı, muazzam bir nü-

fusla birleştiği için, inanılmaz boyutlarda kirli tozlar üretir. Bunun sonuçlarına ilişkin tahminler ise çok, çok karanlık görünmektedir.

Çin, kaplanını büyük ölçüde kömürle, hem de yumuşak kömürle beslemektedir. Yumuşak kömür yandığında büyük bir kirliliğe sebep olmasıyla ünlüdür; bilinen kurum, radyoaktif elementler ve zehirli gazlar kokteylinin yanında fazladan bir de sülfür salar. Pekin'in havası, çöllerin ara sıra verdiği katkı olmasa bile, ABD'nin havasından çok çok daha kirlidir. "Pekin sisleri" giderek daha sıklaşmaktadır ve kirlilik yaratan bu puslar kimi zaman peş peşe trafik kazalarına yol açabilecek kadar yoğun olmaktadır.

Çin'in sanayi ateşini besleyen kömür, daha da kötüsü, tüm ülkede evleri ısıtan ve yemekleri pişiren küçük sobalarda da kullanılmaktadır. Dolayısıyla küçük köyler bile kömür tozundan bir sis tabakasıyla sarmalanmış durumdadır. Hava kirliliği ölçümleri genellikle günlük toz sayımında iki zirveyi işaret etmektedir: biri kahvaltı saati, diğeri de akşam yemeği saatidir. Çin, yavaş yavaş kaplanını daha temiz yakıtlara yöneltme çabası içindedir. Fakat böylesine büyük bir ülkede, bu işi bir süper tankere manevra yaptırmaktan farklı olmayacak, yani kolay kolay gerçekleşmeyecektir.

Yumuşak kömürün yanı sıra, bol kurum çıkaran dizel yakıtı da Çin'de çok tutulur. Tarım arazilerini yakma geleneği de göklere savrulan toz miktarını artırmaktadır. Yan ürünleri arasında cıva ve kurşun gibi zehirli tozlar bulunan fabrikalar ise, bu tozları denetim altında tutmak için pek para harcamazlar. Bilim insanlarının tahminlerine göre Asya'nın genelinde kirlilik bulutu her yıl yüzde 4 büyüyecektir; bu durumda yaklaşık 20 yıl içinde havadaki bulanıklık iki katına çıkacaktır. Bazı gözlemciler, bunun yarısı kadar bir sürede Asya rüzgârlarının, ABD'nin batı sahillerine doğru, düzenli olarak, hatırı sayılır miktarlarda zemin seviyesi ozon gazını taşıyacağını tahmin ediyorlar. "Smog" adı verilen dumanlı sisin en önemli bileşenlerinden biri bu gazdır.

Çin'deki rüzgârların *ihraç ettiği* bu nahoş ürünleri bir anlığına unutalım. Çin'in kendi halkı bu tozları, atmosferde dağılıp hafiflemeden de önce, en yoğun haliyle solumaktadır. Çin'de sağlığa zararlı tozlar, her on dört kişiden birinin ölümüne yol açmaktadır. Çoğu kez kirli hava solumakla başlayan zatürre Çinli çocuklar arasında başlıca ölüm nedenidir. Genelde Çin'de her yıl yaklaşık bir milyon insanın havadaki ölümcül tozlar yüzünden öldüğünü söyleyebiliriz. Bu, Maine eyaletinin toplam nüfusunun her yıl tozdan zehirlenip ölmesi ve bunun durmadan tekrarlanmasından farksız...

Çin'deki toz rüzgârlarının beklenmedik yan etkilerinden biri de, ülkedeki tarım ürünlerinin zayıflıyor olmasıdır. Bir süre önce NASA'nın finanse ettiği bir araştırmada her yere nüfuz eden tozların, bitkileri gerçek anlamda gölgelediği ortaya çıkarılmıştır. Çin'in tarım arazilerinin büyük bölümünde hasat yüzde 5 civarında gerilemiş olabilir; ülkede kurum miktarının en fazla olduğu kesimlerde gıda arzında yüzde 30'luk bir daralma olabilir. Bu bulgu Hindistan ve Afrika'nın geniş bölümleri ve ABD'nin doğu sahilleri de dâhil olmak üzere, pusla kaplı bütün tarım arazileri açısından ciddi sonuçlar doğurabilir.

1998'de bu sanayi pusunun bir bölümü çöl tozlarıyla sarmalandı ve Pasifik Okyanusu'nun kuzeybatısına doğru ilerledi.

Mark Hoshor, toz koklama uçağını batıya doğru çeviriyor. Hava trafik kontrol görevlileriyle yaptığı kısa kısa konuşmalarla, bir uçuş rotası belirlemeye çalışıyorlar. Çünkü uçak havalanmadan önce bir sorun çıkmıştı.

Jaffe, "Anladığım kadarıyla sahil şeridindeki hava sahasının büyük bölümü ordunun elinde. Bazen kullanmamıza izin veriyorlar. Bugün de askerler sahil şeridine çok yaklaşamayacağımızı söyledi." Yüzünü buruşturuyor. Sonra yeniden düşünüyor. "Aslında bizim de işimize gelir. Bugün doğudan esen rüzgârlar var, bu da bize Kuzey Amerika'dan biraz kirlilik getirdi. Biz daha uzağa uçtukça rüzgârların daha kuzeye ve kuzeybatıya doğru yöneleceğini umuyorum." Bunlar Asya'dan gelen rüzgârlar.

Böylece Hoshor ve Kotchenruther hava sahasının izin verilen bölümüne doğru uzun bir uçuş için hazırlanıyorlar. Uçak buzullarla kaplı Olympic Yarımadası'nın üzerinde yükselirken, toz çıplak gözle görülebiliyordu. Kuzeybatıya doğru koyu renkli şeritlerden bir tabaka uzanıyordu; suluboyayla vurulmuş fırça darbeleri kadar silik olan bu şeritler Dünya'nın yuvarlağını çiziyordu. Kuzeye doğru şeritler daha da koyulaşıyordu; batıya doğruysa daha çok sarı-kahverengi görünüyorlardı.

Kotchenruther bilgisayar başındaki tüneğinden "*Doğal* aerosoller pek ışık çekmezler", diyor. "Kirlilik yaratan maddeler daha koyudur. Koyu renk, insan kaynaklı olduğunu ya da biyolojik kütle yakılmasından ileri geldiğini akla getirir," diyor. Biyolojik kütle yanması, bilimin yangınlar için kullandığı tabir.

Uçak yoluna devam ederken, bilgisayarın gösterdiği grafikte çizgiler yükseliyor; mavi bir çizgi ozon alanlarını, sarı bir çizgiyse mikroskobik parçacık bulutlarını gösteriyor.

Gökyüzünde her zaman bir miktar toz bulunur. Kayalar kurşun içerdiği ve parçalanıp ufalandığı için havada hep küçük bir miktar kurşun öylece durur. Aynı nedenden ötürü, eser miktarlarda cıva ve radon da havayı lekeler. Yanardağlardan kadmiyum, talyum ve indiyum sızar. Okyanustaki kabarcıkların patlaması selenyum salınmasına yol açar. Çok miktarda silisyum ve alüminyum, kalsiyum ve demir de havaya yükselir, çünkü kayalarda bu bileşenlerden bol miktarlarda bulunmaktadır. Demek ki dünyanın havasının en temiz yerlere dahi yaklaşık 15 santimetreküplük hava içinde farklı kökenlerden gelen 1500 zerrecik bulunabilir. Fakat Seattle'ın batısında, sarı çizgi bu taban çizgisinin epeyce üstünde seyrediyordu. İnsanoğlu buradaki havaya bir şeyler eklemiş.

Hoshor'un, uçuş için gökyüzünde belirlenmiş bloka varması bir saati alıyor. Suluboyayla çizilmiş gibi duran şeritler uzakta, hâlâ ufkun üzerinde salınıyor. Hoshor uçağı sınırları belirlenmiş bu kutunun altına doğru yöneltiyor. Uçak 300 metrede bulut tabakasındaki bir delikten alçalırken, bilgisayar grafiğindeki sarı çizgi sıçrıyor; parçacık seviyesinin olması gerekenden birkaç kat daha fazla olduğunu gösteriyor.

Kotchenruther, "Bu yükseklikte, bunun nedeni deniz tuzu olamaz, Okyanusun yüzeyinde sıkışıp kalmış soğuk hava var, üzerinde de sıcak hava esiyor. Bunlar karışmaz." diyor. Cihazları uçan parçacıkların ne olduğunu belirleyemiyor. Bu zerrelerin doğası tam olarak, daha sonra toplanan verilerden ortaya çıkabilecek.

Köpüklü Pasifik Okyanusu'nun yalnızca 300 metre üstünde Hoshor uçağı düzeltiyor ve rotayı Asya'ya çeviriyor. Bir "bacak" başlıyor. Aynı irtifada dümdüz ilerleyen uçak, 20 dakika boyunca havadan örnek topluyor. Kotchenruther düğmelere dokunuyor. Bacak tamamlandığında Hoshor uçağı 600 metreye yükseltiyor. Washington'a doğru çeviriyor ve yeni bir uçuş bacağı başlıyor.

Berrak mavi gökyüzünde, 1,5 kilometreden biraz daha yüksekte uçulan dördüncü bacakta, sarı çizgi daha en baştan sıçramaya başlıyor. Jaffe'nin de tahmin ettiği gibi rüzgâr artık kuzeybatıdan geliyor. Gerçi hava bundan daha temiz görünemez ama uçak yine de bir toz bulutunun içinde yol alıyor. Bacağın sonuna doğru sarı çizgi, temiz hava düzeyinin neredeyse otuz kat üzerini gösteriyor.

Kotchenruther kesin bir şey söylemeden omuz silkiyor. Veriler analiz edilip bu hava parçasının geçmişi yeniden canlandırılmadıkça, bu bulut Moğolistan'dan gelen tozlardan mı, Alaska'daki yanardağ sülfüründen mi yoksa planktonların üremesine eşlik eden gazların yoğuşmasından mı kaynaklanıyor, bunu öğrenmenin hiçbir yolu yok. Kotchenruther haftalardır aynı işi yapıyor. Gözle görünmeyen şeyleri toparlamaya çalışıyorsanız, işin en heyecanlı noktasının monitörde sadece zikzaklı sarı çizgi olarak görülmesi de üzücü bir gerçek.

Laf balinalardan açılıyor, aşağıda okyanusun üzerinde yavaşça ilerleyen küçük şileplerden, unutulmaz uçuşlardan söz ediliyor. Kulaklıklar insanın başını sıkıyor. Tuvalet ihtiyacı artıyor. Kotchenruther bir sandviç paketini açıyor. Hoshor birkaç kurabiye yiyor. Bilgisayar durmadan sayıyor.

Kotchenruther, uçuş rotasının bilgisayardaki dökümünü incelerken "Bilmem ki Mark," diyor. "Son bacakta küçük dalga-

lanmalar var. O her zamanki iletki ile çizilmiş gibi dümdüz uzayıp giden çizgilerden değil."

Hoshor, "Rüzgârın hızı yetmiş deniz mili," diye söyleniyor. "Bu bacakta da eğri çıkacak."

Öğleden sonra uçak nihayet geri dönüp karaya doğru uzun uçuşuna geçiyor. Kotchenruther tüneğinde otururken içini çekiyor. "Galiba cankurtaran botunu eve götüreceğim," diyor, plastik torbayı dürterek. " Çalışıyor mu, çalışmıyor mu, öğrenmem lazım."

Jaffe, daha sonra, sarı çizgideki yükselmenin, muhtemelen rüzgârla Kuzey Amerika'dan gelmiş olağan ve yerel parçacıkları gösterdiği sonucuna varacaktı. Ama beş hafta boyunca yapılan uçuşlarda, cihazlar haftada en az bir kez Asya tozu tespit etmişti.

Toz ve kirlilik ırmağı Nisan 1998'de Asya'dan süzülüp çıktığında, okyanusun üzerinde alçak bir irtifadan uçmuştu. Uçaklar Pasifik Okyanusu'nu yaklaşık 10 ya da 13 kilometrelik bir irtifada, yani bulutların yer aldığı ve kötü havanın hüküm sürdüğü irtifanın daha yükseğinden geçerler. Bu toz akımı en fazla 3.2 kilometre yükseklikten geçiyordu. Akım doğuya doğru yöneldiğinde, tozlar ve gazlar birbiriyle tepkimeye girip yeni, karmaşık tozlar oluşturmaya başlamıştı.

Yakıtların yanmasıyla oluşan gazlar, oldukça kısa bir sürede yoğuşarak küçük damlalar oluşturur. Örneğin sülfür ve nitrojen gazları, kendi akrabalarını arar ve onlarla birleşip çok minik toplar oluşturur; bunların çapı bir kılın genişliğinin on binde biri kadardır. Eğer su buharı az, hava da kuru olsaydı, bu toplar katılaşabilirdi. Fakat genellikle gökyüzünde bu minik topları nemli tutacak kadar sıvı vardır.

Kirlilik yaratan bu topların bazıları başka parçacıklarla birleşmiş olabilir. Nitrojen oksit gazı çöl tozuna pek düşkündür. Sülfür damlaları hemen kurum zerrelerine yapışırlar. Aynı zamanda su buharı da çekerek mikroskobik sülfürik asit damlacıkları oluştururlar.

İlkel, ilkelle birleşerek çok kozmopolit nitelikte parçacıklar oluşturur. Kömür ateşinden çıkan cıva, otomobil motorlarından

çıkan karbon parçacıkları, erozyonla aşınan çiftlik topraklarından böcek ilacı parçaları, havayı kaplayan kirlilik örtüsünü oluşturan her şeyden birer parça; bunların hepsi de bir ya da binlerce eş arar. Dolayısıyla duman parçacıkları ve onlara yapışan tüm kirletici maddeler kendi cinsleriyle birleşip daha büyük parçalar haline gelirler.

Yeni oluşmuş tozun büyümesi bir noktadan sona tıkanmıştı. Kirlilik yaratan damlacıklar çöl tozu büyüklüğüne ulaşmadan çok önce, birbirleriyle birleşme yetisini kaybetmişlerdi. Daha fazla birleşme yapamayacak kadar büyük ve ağır, ama Pasifik Okyanusu'na düşemeyecek kadar küçük olarak öylece biriktiler ve sonra da Seattle'a doğru ilerlemeye başladılar.

Bir toz ırmağının kıvrıla kıvrıla Pasifik'i aşması ilk kez olmuyordu elbette. Bu olay Asya'da çöllerin var olmasından beri gerçekleşmiş olsa gerek. Fakat bu kez ırmak o kadar büyüktü, o kadar çok kendini belli ediyordu ki insanların dikkatini çekmişti. Meteorolog Douglas Westphal bu toz akımından o kadar etkilenmişti ki, bir süre izlediği yolu analiz etmeye çalışmıştı. California, Monterey'deki Donanma Araştırma Laboratuvarı'nda yazdığı bir bilgisayar modeli ile fırtınaları ve Dünya yüzünde izledikleri yolları yeniden oluşturmak mümkün oluyordu.

"Sanırım düzenli olarak bir bombardımana uğruyoruz," diye özetliyor Westphal. Tel çerçeveli gözlüklerinin ardında ince ve alaycı bir mizah anlayışıyla konuşurken, bu olayı kaçırdığını söylüyor. "Görmemişim," diyor hayıflanarak. "Ama yukarı bakıyor olsaydım görürdüm. Herhalde okumaya dalmıştım."

Westphal dikkatini, Nisan 1998'de olduğu kadar tozu uzaklara, o kadar hızlı bir biçimde fırlatacak koşulları incelemeye, çevirdiğinde, karşısına oldukça basit bir mekanizma çıkmış. Toz ırmağının güneyinde, Hawaii yakınlarında bir yüksek basınç sistemi, atmosferin büyük bir çark gibi saat yönünde dönmesine yol açmış. Toz ırmağının kuzeyinde de bir alçak basınç sistemi tam tersi yönde dönen ikinci bir çark oluşturmuş. Toz ırmağının ucu bu iki çark arasında sıkışıp sürüklenmiş. Westphal'in bilgi-

sayar modeliyle oluşturulan filmde, ikinci toz akımının Pasifik'i geçtiği sıralarda, kuzeyde dönen çark özellikle belirgin olarak görülüyor.

Fırtına başlarken, parlak bir toz bulutu Gobi'de yuvarlanmaya başlıyor. Bir gün sonra fırtınanın ucu Rusya'nın üzerinden kıvrılıp uzanarak Pasifik'e doğru ilerlemeye başlıyor. Üçüncü gün olduğunda bulutun biçimi düzelmiş, doğruca Washington'ın kuzeyine doğru ilerlediği görülüyor. Bu arada Gobi'de yeni bir sıcak nokta büyür ve yatışmakta olan toz nehri yeniden canlanır. Fakat bu sefer çark biçiminde bir toz sarmalı Pasifik'in kuzeyinde oluşur. İki gün içinde bu yayılan ve döne döne ilerleyen bulut Alaska'yı tümüyle kaplar ve Cheeka Zirvesi'ni aşar. Sonraki beş gün boyunca nehir kıvrıla kıvrıla, kuzeyve batıdaki hemen her eyaletin üzerinden geçer.

Bilim insanları bu eski ırmağı buldukları için çok sevinmişlerdi. Fakat bulmacanın bazı parçaları hâlâ ellerinde yoktu, Westphal'in vardığı sonuca göre. Westphal, bilinmeyen bir meteoroloji olayının tozu hızla esen rüzgârı yakalayabileceği kadar yükseğe fırlatmış olmalı, diyor. Aynı derecede düşündürücü olan bir başka nokta ise, tozun Kuzey Amerika'ya *değişik* yüksekliklerde ulaşmış olması.

Westphal, "Güney California'ya ulaşan tozun bir bölümü troposferin orta veya aşağı kesimlerindeydi," diyor. "Fakat sonra, Utah'ta sekiz kilometreye yükseldi. Bu yükseklik, hava kütlesi içindeki nemi yoğuşturacak kadar soğuktur." Tozun, yağan yağmurlarla temizlenmiş olması gerekirdi. Westphal "Anlayamadık," diyor. "Nasıl olup da orada kalabildiğini bilemiyoruz."

Bu tozun özellikleri hâlâ karanlıkta kalmış olmasına rağmen, Westphal, artık Asya'da bahar aylarında oluşan tozların rüzgâr çarkları oluşmuşsa, düzenli olarak Pasifik'i geçtiğini düşünüyor. Çarklar yerli yerinde olmadığında da toz ırmakları yarı yolda tükenip kuruyabiliyor ya da tozlar okyanusa düşüyor. Ya da daha güneye doğru kıvrılıp Hawaii'ye yönelebilirler. Asya'dan gelen tozların burada gökyüzünden geçişleri o kadar olağandır ki artık kimse dönüp bakmamaktadır.

Gobi'de ilk toz bulutunun havalanmasından sadece dört gün sonra, bulutun ucu Seattle'a değiyordu. Tozun en azından bir bölümü, uzun süren yolculuğun ardından yere iniyordu. Belli belirsiz ilk dalga Olympic Yarımadası'nın üzerinden geçerken, Jaffe'nin deniz seviyesinden 500 metre yüksekteki Cheeka Zirvesi'nde bulunan cihazlarında görülmeyecek kadar yüksekten uçmuştu. Tozun karışıp top gibi kıvrılması ve tekrar batıya yönelerek cihazlara takılması bir gün daha alacaktı.

Toz ilerlemesini sürdürürken, Gobi'de oluşan ikinci fırtına bir yandan bu ırmağı besliyordu. Başıboş kalmış kaya parçacıkları, her gün British Columbia'dan Güney California'ya kadar Kuzey Amerika kıyı şeridinde dolaşıyordu. Çarkların doğurduğu ve Pasifik üzerinden eserek gelmiş olan rüzgârlar artık alçalıyordu. Bu rüzgârlar, tozdan, küçük gaz ve metal damlalarından, böcek ilaçları ve kurumdan oluşan yüklerini kentlerin caddelerine, yeşillenen vadilere ve buzlu dağlara taşıyorlardı.

Yeri yalayıp geçerlerken tozlu rüzgârların gelişi kayda alındı. 26 Nisan 1998'de Batı Sahili'nin her yerinde tozları izleyen cihazlar güçlü bir ikinci akımın gelişini haber verdi. Washington ve Oregon'da toz seviyesi birdenbire insan ciğerlerini korumak için yetkililerin belirlemiş olduğu sınırın üçte ikisine ulaştı. Vancouver'da ise havadaki toz miktarı belki bunun iki katına ulaşmıştı. Batı kıyısı boyunca güneye doğru her yerde aynı öykü tekrarlanırken, toz izleyen cihazların kaydettiği yoğunluklar, kirli bir kentte rastlanması beklenen düzeylere ulaşıyordu.

Jaffe, "Seattle'da yılın en kötü günlerinden birini yaşamıştık," diye anıyor o zamanları. Sıradan bir gözlemci için zeminin üzerinde dolanan Asya tozu tespit edilemeyecek kadar seyrekti. Bilim insanlarının bu tozu makinelerle izlemesinin sebebi şuydu: Toz havada görünür hale geldiğinde, insanlar zaten korkunç miktarlarda parçacık solumakta oluyordu. Fakat Jaffe sıradan bir gözlemci değildi. İşe bisikletle giderken, 1.6 kilometre genişliğindeki Washington Gölü'nde görüş mesafesinin epey kısalmış olduğunu hatırlıyor.

Yüksekte uçan tozlar çok daha çarpıcıydı. California'da, Washington'da, British Columbia'da insanlar tuhaf ve sütlü mavi bir gökyüzünden söz ediyorlardı. Batı'ya doğru uçan pilotlar toz bulutu hakkında bilgi veriyorlardı. Dan Jaffe buna bir isim takmıştı. Pasifik'in kuzeybatısına düzenli olarak toz taşıdığı düşünülen bu fenomenin adı "Asya Ekspresi" olmuştu.

Jaffe'ye göre Asya Ekspresi'nin şimdi yarattığı gürültü, cihazlarının bir yıl önce usulca haber verdiği bir söylentiyi doğruluyordu. 1997 baharında Jaffe, Pasifik'ten girip Cheeka Zirvesi'ni geçtikleri sıralarda bahar rüzgârlarını izlemeye başlamıştı. Cihazlar birden kirli hava akımları kaydetmeye başlamıştı. Genellikle, ekip bu hava bloklarının izini geriye dönük olarak sürmeye kalktığında sürekli rüzgârın geçici olarak yön değiştirdiğini ve Kuzey Amerika'da oluşan kirlenmeyi taşıdığını görüyordu. Fakat kimi zaman kirli rüzgârın izi Kuzey Amerika'dan çıkmıyordu. Daha kesin söylemek gerekirse, izleme faaliyetlerinin ilk yılında en az yedi gün kirli hava batıdan gelmişti.

Jaffe ile arkadaşları Washington'a gelen Pasifik havasının kuzey yarıkürenin en temiz havalarından olduğunu düşünmeye alışmıştı. Ne de olsa kirlilikle tıka basa yüklü olarak Asya'dan yola çıkan bir hava parçasının bile, Amerika'ya varmadan önce okyanusa tozunu dökmesi için bir hafta zamanı oluyordu.

Fakat 1997'de Cheeka Zirvesi'ndeki cihazlar Jaffe'nin heyecanlanmasına neden olacak miktarda kirlilik ölçümleri vermeye başladı. Jaffe, kirliliğin dikkat çekecek kadar taze olduğunu fark etti. Gerçekte Asya'dan geldiyse eğer, yolda çok az seyrelmişti.

Jaffe, Washington Üniversitesi'ndeki bürosunda otururken, yerküreyi dolaşan tozun davranışlarını düşünüyor. Duvarındaki takvimde Dr. Seuss'un *Lorax* adlı çocuk öyküsünün resmi görülüyor; ağaçları kesmenin tehlikeleri hakkında, çocuklara yönelik bir hikâye bu. Jaffe, çevre bilim hocası. Bir ağacı kesmenin etkilerinin, ağaç yere düştüğünde daha yeni başladığını biliyor. Çevreye verilen zarar, katlanarak genişleme eğilimindedir.

Dikkatli bir tavırla, "Bunun, bir kıtanın diğerini nasıl etkilediğini gösteren büyük tablo açısından önemli olduğunu düşünüyoruz," diyor. "Bu madde yağmur olup elbette bir yere yağacak," diye ekliyor. Parmaklarını öfkeyle dizlerine vuruyor. "Mart'ta gerçekleşen bu olayda cıvanın da bulunduğu neredeyse kesin," diyor kaşlarını kaldırarak. "Cıva besin zincirlerine de karışabilir." Parmaklarını daha hızla ve ısrarla vuruyor. Mesele Asya'nın ABD'yi nasıl kirlettiği değil," diye devam ediyor. "*Biz de* kirliliğimizi Atlantik üzerinden Avrupa'ya gönderiyoruz. 'Uzak' diye bir şey yok. Herkesin pisliği başka yerlere gidiyor."

Fakat devasa bir toz ve kirlilik kaynağı olan Asya'nın bu niteliği, hızlı bir biçimde de büyümektedir. 1999'daki uçuşlar sırasında Jaffe'nin ölçümleri ozon gazı girişleri gösteriyordu; bu gaz yere yakın oluştuğunda ciğerlere hasar veren kirletici bir maddedir. Bu gaz girişi o kadar kalın bir tabaka halindeydi ki, ABD'de önerilen yasal sınıra yaklaşmıştı. (EPA'nın ozon kirliliğiyle ilgili olarak getirdiği, daha sıkı kısıtlamalar koyan yeni sınır, halen bürokrasi engeline takılmıştır.) Jaffe, Asya ozonunun Amerikan halkının ciğerlerinin üzerinde uçtuğunu belirtiyor; bunun uzun süre akacak bir ırmak değil, küçük bir kirlilik akını olabileceğini söylüyor. Çünkü belirlenen sınırı gerçekten aşması için ozonun sekiz saat boyunca koyu bir sis halinde kalması gerekiyor. Fakat bu durum gökyüzündeki eski toz ırmaklarının nasıl geliştiği yönünde güçlü bir ipucu oluşturuyor.

Nisan 1998'de Asya Ekspresi kuru tozu Pasifik eyaletlerinin üzerine döktü. Fakat yukarıda, incelmekte olan bir nehir varlığını sürdürüyordu. Idaho, Utah ve Texas eyaletlerinde gökyüzünün tuhaf ve sütlü bir görünümde olduğu haberleri geliyordu. Fakat sonra toz seyrelerek görünür olmaktan çıktı. Toz görünmez olabilirdi, ama eylemden vazgeçmiş değildi. Bu toz, yağmur yağdıracaktı.

İncelmekte olan tül, Mayıs 1998 başında orta batı eyaletlerine doğru sızdı; ısınmakta olan toprağın üzerinde, belki de Iowa'da ıslak bir tarladaki mısır anızlarının üzerinden sürünerek geçti.

O sırada güçlenmekte olan gün ışığı topraktan su buharı çekiyordu. Bu buhar tırmandığı her 1,6 kilometrede, 10 derece kadar soğuyordu. Kısa süre sonra yoğuşmaya hazır olacaktı, ama neyin üzerinde yoğuşacaktı?

Steve Warren, Washington Üniversitesi'nin Seattle'daki kampüsünde çalışan ince yapılı ve meraklı bir bilim insanı. Evinin çiçekli arka bahçesinde bir piknik masasının üzerinde sarı bir bloknota düzgün rakam çemberleri çizerek havada asılı su buharının başından geçenleri ve kazandığı başarıları gösteren düzenli rakam dizileri yazıyor.

İlk sorunun, iki su molekülünün birbirlerine yapışmakta son derece büyük bir güçlük çekmesi olduğunu söylüyor. Birbirlerine değmeden, şöyle yanak yanağa gelmeden el ele tutuşamıyorlar. Yağmur ya da sisin, görece nem yüzde 100'e ulaştığında oluştuğunu düşünürüz. Fakat bu, bulutlarda, su moleküllerinin üzerinde yoğuşacağı bol miktarda parçacık bulunduğu için böyle olur. Atmosfer bilimciler bu parçacıklara "yoğuşma çekirdekleri" diyor.

Warren "Bir yoğuşma çekirdeği yoksa, damlacık oluşabilmesi için görece nemin *yüzde 300* oranında olması gerekir," diyor. Böyle yoğunlaşmış bir bulutun içine girerseniz, buhar çekirdek olarak vücudunuzun üzerinde yoğunlaştığı için anında sırılsıklam olursunuz.

Göğe yükselen su buharı için, küçük bir sülfür damlası en çok tercih edilen çekirdeklerden biridir. Bir su buharı molekülünün gözüyle bakıldığında, bir sülfür damlacığı (bilim insanlarının deyimiyle bir "sülfat aerosolü") o kadar da küçük değildir. Warren'ın kaleminden bir rakamlar dizisi dökülüyor. Hafif bir gülümsemeyle "Küçük bir sülfat yoğuşma çekirdeği içinde yüz bin kadar atom vardır," diyor. "Daha büyük çekirdeklerde ise yaklaşık 100 milyon atom bulunur."

Iowa'daki mısır tarlasının çok yükseğinden geçen bir sülfür damlası kendini birden, yükselen bir su molekülleri selinin ortasında bulmuştu. Asya'dan gelen bulutun içindeki diğer bütün sülfür damlacıkları da aynı akıbete uğramıştı: birkaç daki-

ka içinde hepsi de milyonlarca yoğuşan su molekülünün arasında kalmıştı. Büyümekte olan damlacıkların her birinin içindeki sülfür damlası çözülüyordu. Warren, hemen bir formül yazıyor. Bir damlacık kılın onda biri büyüklüğüne geldiğinde, içerdiği su ilk baştaki sülfür damlacığından bir milyon kat daha ağır oluyordu. Ayrıca su buharı, toz ırmağını besleyen kurum ve bakterilerin, mantar sporları ve metal tozlarının, fosil zerreleri ile deniz tuzu parçacıklarının üzerinde de toplanıyordu.

Yükselen su buharı, daha birkaç dakika önce görünmez haldeydi. Fakat artık gelişmekte olan damlacıklar gün ışığını bütün yönlere yayıyorlardı. Gökyüzünde beyaz bir bulut belirdi. Yeni gelen toz moleküllerinin üstünde yoğuşan su moleküllerinin her biri havaya bir sıcaklık dalgası yayıyordu. Bu yüzden, küçük damlacıklar daha yeni oluşurken, sıcaklıkları yeni doğmuş bu bulutu daha yükseklere taşıyordu. Bulutun yukarı taşınması ancak, tamamı soğuyup, kendisini çevreleyen havanın ısısına geldiğinde son bulacaktı.

Bulutu çevreleyen hava kuru, gün ışığı da güçlü olsaydı, Asya'dan gelen bu yağmur damlacıkları kısa ömürlü olacaktı. Damlacıkların su molekülleri yeniden havalanıp dağılacak, ilk baştaki sülfür molekülleri de yine eski damla biçimine dönecekti. Yani bulut buharlaşmış olacaktı. Böyle bir sonu, "yoğuşma izleri" denilen, jet motorlu uçakların arkalarında bıraktığı incecik bulutlarda gözlemek kolaydır. Bu izler bir motordan çıkan nemli, sıcak egzoz dumanının çok soğuk havayla çarpıştığında oluşur. Nem, önce egzoz dumanındaki kurum ve sülfür parçacıklarının üzerinde yoğuşur ve sonra da donar. Ağır buz molekülleri düşerken, kuru havaya tekrar su molekülleri bırakırlar; ta ki geride ilk başta üzerinde yoğuştukları çekirdekten başka bir şey kalmayana dek. Doğal bulutların çoğunu da aynı akıbet beklemektedir, yani yalnızca pek azının ömrü, yere düşecek yağmuru üretecek kadar uzun olacaktır.

Fakat Iowa'daki o bulut direnmektedir. Rüzgârla birlikte doğuya doğru yönelir. İçindeki su damlacıkları birleşmeye başlarlar. Su buharıyla sülfür damlacıklarının çarpışmasından yakla-

şık bir saat sonra yağmur damlalarının bir kısmı düşecek kadar ağırlaşır. Asya'dan küçük bir parça Kuzey Amerika'nın üzerine yağmaktadır.

Peki ya Asya Ekspresi'ndeki çöl tozu ne oldu? Bu durumda yeryüzünden gelen tozlar düşmekte olan bir yağmur damlasına yakalandıklarında akıp gideceklerdir. Bu "temizleyici" davranış biçimi yere renkli bir yağış düşmesine neden olabilir. Gobi'de bir toz fırtınasından sonra yağan sarı yağmurlar renklerini böyle, yani düşen her damlanın yığınla toz zerresini kucaklamasıyla almaktadır. Çöl renklerini taşıyan benzer yağmurlara Almanya'da "kan yağmurları", Kanada'nın kuzey kutup kesimlerinde "kahverengi yağmurlar", İskandinavya'da ise "sarı kar" denir. Bir mantar patlaması söz konusu olmadığı sürece, yağmur gerçekten de havayı temizler.

Ama eğer Asya Ekspresi gökyüzünün daha yüksek, daha soğuk alanlarında su buharıyla karşılaşmış olsaydı, suyu çeken sülfür damlaları değil, çöl tozu olacaktı. Ilık su, çözülebilir bir çekirdek üzerinde yoğuşmayı tercih eder. Ama eğer bu küçük su damlaları soğuk gökyüzünde daha yükseklere taşınacak olurlarsa, bu durumda daha sağlam bir şey buluncaya dek donmamak için direneceklerdir. Dünya'ya inen yağmur damlalarının yarısı kadarı, düşüşlerine bir çöl tozu zerresinin etrafına sarılmış buz olarak başlar. Genellikle yüksek ve soğuk havanın olduğu yerlerde oluşan sirrus bulutları buz kristalleriyle doludur. Fakat daha alçak stratus bulutları da, çok yüksek fırtına bulutları gibi buz tutabilir.

Warren "Bir bulut damlacığını dondurmak kolay değildir," diyor. "Damlayı 40 derecenin altında donmaya zorlayabilirsiniz." Ama tutunacağı sert bir şey verirseniz, donma noktasının birkaç derece altında bile katılaşacaktır. Warren, sarı bloknota bir kova su, sonra kovanın kenarına bir buz kristali çiziyor. "Kovanın içindeki su soğuk kenarlardan içe doğru donmaya başlar." Sonra merkezinde soğumuş bir çöl tozu olan bir su damlacığı çiziyor. Bu kez ilk buz kristali tozdan dışa doğru ilerliyor.

Asya Ekspresi su buharıyla karşılaşmadan önce yere doğru alçalmış olsaydı bile, yine de su damlacıklarının oluşumunu teşvik etmiş olurdu. Dünya'nın yüzeyinde oluşan bulutlara sis denir, ama aslında aynı yukarıdakilere çok benzerler: bunlar da suya sarılmış çeşitli tozlardır.

Ve eğer Asya Ekspresi sülfür damlacıkları bakımından çok zengin olsaydı ve alçaklardan, bir kentin hemen üzerinden geçseydi, ölümcül bir etki yapabilirdi. En ünlü "öldürücü sis" 1952 kışında, bir sıcak hava örtüsünün tıpkı bir kapak gibi Londra'nın üzerine inmesiyle oluşmuştu. Bu sıcak hava örtüsü soğuk havayı yerin hemen üstünde hapsetmişti. O dönemde sülfürlü yumuşak kömür Londra'da yaygın bir yakıttı. Süpürüp götürecek bir rüzgâr olmadığından kömürden çıkan kurum ve sülfür örtünün altında birikmişti. Soğuk, nemli hava kaynaşan sülfür parçacıklarının etrafında yoğuştuğunda, ağır bir sis tabakası kentte görüş mesafesini 33 santime kadar düşürmüştü. Asitli damlacıkları soludukları için 4000 kişi hayatını kaybetmişti.

Havada daha yükseklerde oluşan kirli bir sis bile ölümcül olabilir. Joseph Prospero, Miami Üniversitesi'nde görev yapan deneyimli bir toz araştırmacısıdır; çalışmalarını Sahra tozunun Karayipler'e göçü üzerine yoğunlaştırmıştır. Fakat ABD eski başkanı John F. Kennedy'nin oğlu John F. Kennedy Jr.'ın ölümünden Cape Cod açıklarında oluşan ağır bir sis tabakası sorumlu tutulduğunda Prospero, ağır derecede kirli toz ırmaklarının çağımızda hava olayları üzerindeki rolüne dikkat çekmek zorunda kalmış.

Prospero temmuz ortasında yaşanan uçak kazasının ardından *Miami Herald* gazetesine "Bütün haber bültenlerinde, o gece oluşan sisten, sisin sıcaklık ve nem yüzünden oluştuğundan bahsediliyordu," demişti. "Fakat doğu eyaletlerinde sis hemen her zaman, kirlilik yaratan parçacıkların çok yüksek bir yoğunluğa ulaşması yüzünden meydana gelir."

Prospero'nun söylediğine göre, 16 Temmuz 1999 günü çok yoğun bir sülfür kirliliği akımı enerjisini kömürden üreten orta batı eyaletlerinden doğuya doğru ilerlemişti. Hava kirlilik

monitörleri ve uydu verileri de bu iddiayı doğruluyor. Akım Cape Cod'u geçip denize açıldığında, su buharı sülfür damlacıklarının üzerinde yoğuşmuş, küçük su damlacıklarından kalın bir tabaka oluşturmuştu. Kennedy uçağı ile alçalıp bu damlacık tabakasının içine girdiğinde, belli ki, çıkış yolunu bulamamıştı.

"Görüş mesafesinin azalmasını sadece estetik değerlerde bir kayıp açısından değerlendirme eğilimindeyiz," diyordu Prospero, Miami Herald'a. "Kennedy trajedisi başka bir bedeli daha olduğunu gösteriyor: Kirlilik öldürebilir."

Kirlilik ve doğal tozlar birlikte, dünyanın her kesiminin kendine özgü bir yağmur çeşnisi almasını sağlar: Kömür dumanlarıyla kaplı orta batı eyaletlerine düşen yağmur sülfürik ve nitrik asitlerle cıva indirir. Bir orman yangınından geçerek esen rüzgârdan sonra inen yağmur, kurum ve katran benzeri kimyasalların yağmasına neden olacaktır. Tarım arazilerinden kalkan tozla yağan yağmur bol miktarda toprak, mantarlar, polenler ve böcek ilaçları taşıyacaktır. Okyanuslar, tuzlu yağmurların mekânıdır. Asya çöllerinden ve kentlerinden esen rüzgârlarla yağan yağmurlar ve kirliliğin kokusunu taşıyan çöl tozları Pasifik'in kuzeybatısına ve onun da ötesindeki iç bölgelere düşer.

Asya Ekspresi günümüzün toz ırmağıdır. Eski olmasına rağmen daha kısa süre önce keşfedilmiş bu toz ırmağı bilim insanlarına toz ve kirliliğin korkunç derecede hareketli olduğunu gösteriyor. Fakat gezegenin her yanında başka toz yolları da dolanmaktadır. Bu yolların bazıları o kadar sık kullanılmıştır ki, bilim insanları bunların haritalarını yıllarca önce çıkarmıştır. Kuşkusuz daha keşfedilmeyi bekleyen başkaları da vardır. Ancak sanayi kimyasallarının toz ırmaklarına katılması göklerdeki bu belirsiz yolların araştırılması çabalarını artırmaktadır. Sahra Toz Tabakası adı verilen ve Afrika'dan Amerika kıtalarına doğru akan bir ırmak, bu tür tozlu ırmaklarının en ünlüsüdür. Bilim insanları bu ırmağı öylesine uzun süredir inceliyorlar ki, artık değişmekte olduğunu fark edebiliyorlar.

Sahra Toz Tabakası o kadar büyüktür ki, gözden kaçırmak imkânsızdır. Yüz elli yıl önce denizciler, kimi zaman Afrika kıyısının binlerce kilometre uzağındayken bazen gemilerine inen tozdan söz etmişlerdir. Fakat Afrika tozunun Atlantik'in bu yakasındaki varlığı ancak 40-50 yıl önce keşfedilmiştir. 1960'ların sonunda Karayip Adaları'ndan Barbados'da bir grup araştırmacı, düşen *uzay* tozlarını yakalamak umuduyla bir yamacın tepesindeki kuleye monofilament denilen tek elyaflı plastikten yapılmış ağlar asmışlardı.

Toz avcıları 1967'de yayınlanan bir bilim dergisine şöyle yazmışlardı: "Araştırmacılardan biri bu bölgeyi kozmik tozların toplanması için ideal bir yer olarak görüyordu, çünkü başta ancak çok az miktarda toprak tozunun rüzgârla savrularak Atlantik'in [4.800 kilometre] ötesine kadar gidebileceği düşünülmüştü." Fakat kısa süre sonra araştırmacılar "yakaladıkları çok büyük miktardaki kızıl-kahve tozun" kozmik olmadığını anladılar. Yakınlardaki resiflerden gelen mercan tozları olabileceğini düşünerek bu maddeyi hidroklorik asitte çözmeyi denediler ama sonuç alamadılar. Yakaladıkları maddenin Sahra'dan geldiği sonucuna varmak zorunda kaldılar.

Tabii bu arada, toz avcıları başka bir sürü şey daha yakalamışlardı. Bunlar "Kok topları" denilen ve ham petrol yakan gemilerin püskürttüğü büyük, gözenekli karbon tozlarıydı. Ayrıca hem tatlı, su hem de deniz türleri olmak üzere bol miktarda diatom topluyorlardı. Mantarların lifli kısımları olan ve hayfa adı verilen saçaklardan inanılmaz miktarlarda yakalamışlardı. Bir de beyaz, turuncu ve sarı, "balmumu görünümünde topaklar" toplamışlardı, fakat bunların kökeni, kimya dünyasında harcanan tüm kahramanca çabalarla dahi belirlenememişti.

Göçmen Sahra tozu kısa süre içinde küçük sayıda bilim insanın yoğun ilgisiyle karşılaştı. Artık astronotlar uzaydan görebildikleri büyük toz fırtınalarını bildirmeye başlamışlardı. Eski bir astronot ve uzay fotoğrafları kitabı *Orbit*'in editörlerinden olan Jay Apt, "Afrika çöllerinde toz gruplarının bir dil gibi uzandığını görürsünüz. Ben bunları Atlantik açıklarında gördüm. Sah-

ra tozu biraz turuncu görünüyor. Moğolistan tozu daha çok kirli sarı," diyor. Apt, uzay mekiğiyle yaptığı dört uçuş sırasında, birkaç tane büyük fırtına görmüş. Fakat gezegenin çevresinde dolanan "New Jersey büyüklüğünde" küçük toz fırtınaları da yakalamış.

Dünya'da tozla ilgilenen bilim insanları büyük Sahra fırtınalarından düşen maddeleri, izlemeye başladılar. Daha dikkatli incelemelerden sonra Sahra tozunun Avrupa'ya indiği görüldü. Daha sonra bu tozun Miami'ye ve bazı Karayip adalarına doğru ilerlediği anlaşıldı. Aynı toz Güney Amerika'da ortaya çıktı. Ve 1993'te, toz izleyen makinelerden oluşan bir ağ, batıda Texas'a kadar uzanıp, kuzeyde de Maine'e kadar çıkan bir Sahra tozu dalgasını izleyebildi.

Bu dalga ilk olarak 19 Haziran 1993'te Karayipler'in doğusundaki Virgin Adaları'ndaki toz cihazlarında kendini gösterdi. Ansızın, ulusal parklara yerleştirilmiş yetmiş kadar toz monitöründen oluşan bir şebeke içinde, suyla çevrili konumdaki tek cihaz olan Virgin Adaları'ndaki monitör en tozlu monitör oluvermişti, 23 Haziran'a gelindiğinde dalga daha kuzeye doğru ilerleyip Güney Florida'daki bir monitörün yakınından geçti. 26 Haziran'da denizden karaya çıkarak Alabama, Mississippi ve Louisiana'ya ulaştı. 30 Haziran'da Texas'ın büyük bölümünü kaplamış ve kuzeyde Illinois'ye doğru yoluna devam ediyordu. Ertesi hafta dalga kuzeydoğuya kayarak bütün doğu kıyı şeridini kaplamıştı.

Toz ırmağının varlığının Virgin Adaları'nda ilk kez kayda geçmesinden 14 gün sonra, en kalın toz tabakası Kuzey Carolina, Tennessee, Kentucky ve Virginia üzerine bulunuyordu. Hâlâ şaşırtıcı derecede yoğun olan daha ince tozlar Toz Çanağı olarak adlandırılan bölgedeki eyaletlere ve Orta Batı'ya doğru ilerlemekteydi. Toz ağır ağır, izlenen bölge dışında kalan Atlantik'in üzerine geçtikten sonra izi kayboldu.

Bilim insanları, toz monitörlerinin rastlantıyla karşılaşılan yerel toz fırtınalarını yakalamadığından emin olmak için, toz örneklerini incelemişlerdi. Bütün büyük çöllerin, diğerlerinden

farklı bir jeolojik kişiliği vardır. Birinde bol kalsiyum olabilir, bir başkasıysa fosforlu yapısıyla diğerlerinden ayrılır. Bu yüzden de toz Haziran 1993'te yere indiğinde bilim insanları, Doğu'da yakaladıkları tozun kimyasal karakterinin, Virgin Adaları'nda yakaladıkları tozun kimyasal karakteriyle uyumlu olduğunu gördüklerinde bu kuşkuları kayboldu.

Asya Ekspresi, Pasifik eyaletleri için bir uyarı olmuştu. 1993 Sahra tozu dalgası da Doğu'daki kıyı şeridinde yer alan eyaletlerde aynı etkiyi yaratmıştı. O yaz doğudaki çöl tozu verileri, tozlu batı eyaletlerinden gelen bütün verileri geride bırakmıştı.

Ayrıca tıpkı 1998'deki Asya Ekspresi gibi, 1993'teki Sahra Tozu Tabakası'ndan gelen toz yoğunlukları federal hükümetin belirlediği yasal toz limitini ciddi biçimde zorlayan düzeylerdeydi. New Orleans ya da Jackson, Little Rock ya da Nashville kentleri, Sahra dalgası geldiğinde zaten tozlu bir gün yaşıyor olsaydı, çöl tozu buralarda sınırları aşan düzeylere çıkılmasına yol açardı.

Bilim insanları artık Sahra Toz Tabakası'nın düzenli bir ziyaretçi olduğunu biliyor. ABD'nin doğu bölgeleri yazları ortalama üç kez tozlanıyor ve bu istila her seferinde yaklaşık 10 gün sürüyor. Her yaz daha küçük toz dalgaları sadece Florida'ya toz bırakıyor. Puerto Rico'da artık Ulusal Hava Durumu Servisi, Sahra'dan gelen toz bulutu ülkeye ulaştığında havanın kalitesiyle ilgili uyarılar yayınlıyor.

Sahra, tozlarını her zaman batıya göndermez. Kışları Sahra Toz Tabakası güneye doğru yol alarak Karayipler'e ve Güney Amerika'ya doğru yönelir. Bu kış dalgaları ABD'nin doğusuna akmak yerine, Amazon Havzası'ndan karaya çıkar. Ama bu sadece Sahra'nın batıya gönderdiği tozlarıdır. Çöl her yıl tahminen 100 milyon ton tozu da, Arap Denizi de denilen Umman Denizi'ne gönderir. Bundan başka daha milyonlarca ton tozunu kuzeye Akdeniz üzerinden Avrupa'nın içlerine kadar salar. Sahra Çölü, gri-turuncu kar şeklinde kuzey İskandinavya'ya yağar. İskandinavya'ya yağan gri-turuncu kara ilişkin bir analizin sonucunda, çoğunlukla paslı demir parçaları içeren kuvarstan olu-

şan yaklaşık 50.000 ton tozun, 6500 kilometreyi aşkın yol aldıktan sonra İsveç'in kuzeyine ve Finlandiya'ya yağdığı belirlenmiştir. Temiz Sahra tozu kuzeye doğru yaptığı bu uzun yolculuk boyunca, zehirli ve insan eliyle oluşan kirlilik yaratıcı maddeler toplamış ve bunları İskandinavya topraklarına bırakmıştı.

ABD'nin kuru bölgeleri bile hatırı sayılır bir toz ırmağını besleyebilir. Mojave Çölü'nden kalkan toz, California kıyılarının açıklarına inmektedir. [1930'larda yaşanan uzun süreli kuraklığın hüküm sürdüğü] Toz Çanağı yıllarında, Amerika'dan kalkan toz bazen bol miktarda Atlantik'e düşmüştür. Daha 1970'lerde bile, Colarado, Texas ve New Mexico'daki bir dizi toz fırtınası doğuda Georgia'ya, oradan da denize doğru bir toz ırmağı göndermiştir. Karadan yaklaşık 1600 kilometre uzaktaki Bermuda adası inmekte olan bu tozun hafif bir dokunuşunu hissetmiş olabilir.

Avustralya'daki büyük çöller, eski ve tozdan hayli arınmış olsa da her yıl doğuda Pasifik'e doğru bir toz bulutu göndermeyi başarırlar. Arabistan çölleri Hint Okyanusu'na dökülür. Ve Dünya'nın her yerinde küçük kuru toprak parçaları kendilerince, bu toz anayoluna benzer akımlar yaratırlar. Bütün bu toz ırmakları saygıya değer yaştadırlar. Sayılamayacak kadar çok çağ öncesinde akmaya başlamışlar, miktarı ölçülemeyecek kadar çok çöl tozunu ve küçücük bitki ve hayvan parçalarını taşımışlardır. Yağmur ve kar yağdırma görevlerini de sadakatle yerine getirmişlerdir.

Ama artık bu toz ırmakları değişmektedirler. Öncelikle büyüyorlar. 1960'lardan beri Sahra Toz Tabakası'nı izleyen Miami Üniversitesi toz araştırmacısı Joe Prospero'nun elinde bu yönde kanıtlar var. Afrika'da kuraklık ve toprağın kötüye kullanılması, çok büyük yeni toprak parçalarını rüzgârlara maruz bırakmıştır. Prospero, Sahra Toz Tabakası'nın, kuraklığın başladığı 25 yıl öncesine göre çok daha kalın olduğunu söylüyor.

Çin'deki çöller de yayılıyor. 1950'lerde Çin'in kuzeyinde çobanları bir araya toplamayı öngören bir siyasi tutku, göçer yaşam tarzını bitme noktasına getirmişti. Artık hayvan sürülerinin her yıl aynı arazilerde dolaşması ve otlaması sonucu Çin'deki ot-

lakların dörtte üçü değerini kalıcı olarak yitirmiş, yani erozyona daha açık ve eski verimini kaybetmiş olabilir. Çin'deki Lös Yaylası'nın büyük bölümü tarıma ayrılmış.

Artık bu yaylanın 900 santimetrekarelik bir bölümünün her yıl bir kiloya yakın eski çöl kumunu rüzgârlara salması işten bile değil. En fazla hasar gören alanlar, her 900 santimetrekare başına yaklaşık 2,5 kilogram toz kaybediyordu. Huang Ho, yani Sarı Nehir her yıl 1,5 milyar ton *huang tu*, yani sarı lösü akıtıyor. Rüzgârın göğe savurduğu lös miktarı ise ölçülemeyecek kadar çok.

Toz Çanağı'ndan alınan onca dersten sonra bile ABD, hassas lös topraklarını rüzgâr etkisine maruz bırakmaya devam ediyor. 1996'da, Kansas'ta çok güçlü tek bir rüzgâr fırtınasının, üzerinde estiği her yarım hektardan biraz az alandan 650 ton, ya da her 900 santimetrekare başına 13,5 kilogram toprak kaldırdığı sanılıyor ki bu şaşırtıcı derecede yüksek bir miktar.

Toz ırmakları giderek ağırlaşırken, daha büyük bir çeşitlilik gösterir hale gelirler. Sanayi tozlarının kalıntılarından oluşan dereler bu ırmaklara katılır: toksik metaller, zehirli böcek ilaçları, zararlı gazlar ve kirlilik yaratan başka birçok madde artık çöl tozlarıyla birlikte yol almaktadır. Bu toz ırmakları doğal çöl tozları taşırken nasıl hiçbir sınır tanımamışlarsa, bundan sonra da tanımayacaklardır.

♦♦♦

Sağlık konusunda araştırmalar yürüten uzmanlar, en küçük toz parçacıklarının bile sadece ABD'de her yıl binlerce insanın ölümüne yol açtığı korkusunu taşıyor. Bu gidişle akşam, haberlerinde bundan sonra fırtına uyarısının yanı sıra bir de toz durumu bülteni ve polen sayımı verilirse hiç şaşırmayın.

Bilim insanları, meteorologların hava sistemlerinin davranışını tahmin etmekte kullandıklarına benzer, bilgisayara uyarlanmış "toz modellerini" daha mükemmelleştirmek için çalışıyorlar. Boulder'daki Ulusal Atmosfer Araştırmaları Merkezi'nde çalı-

şan fizikçi Bill Collins, meslektaşlarının Hint Okyanusu üzerindeki toz bulutlarının yerini belirlemelerinde yardımcı olması için bu toz tahmin sistemlerinden birini kullanmıştı. Araştırma ekibi havada çöl tozu ve kirlilik yaratan madde ararken, Collins de Hindistan ve Güneydoğu Asya'dan kalkan tozların nerede ortaya çıkacağı konusunda tahminler yapabiliyordu.

Mutlulukla, "İşe yaradı," diyor. "Hindistan'dan gelen büyük aerosol dumanlarının yerini belirlememizi sağladı."

Collins, her ülkenin tükettiği fosil yakıt miktarıyla ilgili tahminlerin bilgisayarın derinliklerine saklı olduğunu söylüyor. Bu bilgi, ülkelerin her birinin havaya ne kadar toz ve gaz saldığına ilişkin tahminler üretmeye yarıyor. Bu varsayımlardan yola çıkacak bilgisayar, kimyasalların okyanusa doğru yol aldıkça nasıl değişeceğine dair tahminler geliştiriyor. Bu bilgi, hava durumu tahminleriyle de eşleştiriliyor. Bu donanım elinde olduktan sonra Collins, bir toz bulutunun nereye doğru yöneldiğini tahmin edebilmeyle kalmıyor, ne tür tozlar ve gazlar içerebileceğini de kestirebiliyor. Şimdilik toz durumu bülteni bir kent, hatta bir eyalet için bile teşhis ve tahminlerde bulunabilecek kadar ayrıntılı bir hal almış değil.

Collins "Bunu düşündüm," diyor. "Sağlıkla ilgili kaygılar alanında uygulamak isterseniz, bunu yapabilirsiniz. Ama biz uluslararası etkilere odaklandık. Asya ülkelerinin iklim üzerinde çok önemli bir etkisi var."

Evet, ABD'deki baş döndürücü hayat standartları eskiden beri çok ciddi bir fosil yakıt bulutunun patlamasına yol açtığımız anlamına geliyorsa da, bu tozlu unvanımız artık tehlikede. Gelişmekte olan ülkeler benzer bir yaşam standartını yakalamaya çalıştıkça, tüketilen yakıt türünde dünya liderliğine doğru gidiyorlar. Çin'in bu yöndeki çabaları çok etkileyici; benzer bir nüfus yoğunluğuna sahip olan Hindistan da tozlulukta büyük olmaya doğru ilerliyor. Bu ülkenin havayı kirleten madde ihracı son yirmi yıl içinde üç katına ulaştı. Ayrıca son yıllarda son derece şiddetli asit sisleri, kış mevsiminde Hindistan ve Pakistan'ın bazı kısımlarını örtmeye başladı.

Gelişmekte olan ülkeler, tanımları gereği yoksul sayıldıklarından, zengin ülkelerin, kendilerinin açgözlü bir biçimde tükettikleri enerjinin ve maddi varlıkların ancak küçük bir bölümünü tüketme girişiminde bulunduğu için onları eleştirmesi hiç yakışık almıyor. Bilim dünyasının yaklaşımı, siyasetten uzak durmak ve sadece tozlanmanın etkileri üzerine yoğunlaşmak yönünde.

Collins hemen şunu belirtiyor: "Batılılar Asya'ya haddini bildirecek diye bir şey yok. Bu ülkeler neler olup bittiğini bilmek istiyor. Onlar da çalışmalara katılıyorlar."

Öyle görünüyor ki, dünyadaki bütün ülkelerin her yeri dolaşan toz sorunuyla yüzleşmesi gerekiyor. Yıllar geçtikçe, dünyadaki toz görünümünün gittikçe ışıksız bir tablo göstereceği de giderek açıklık kazanıyor.

Nisan 1998 sonunda Çin'den kopan Asya Ekspresi, mayıs ayı başında ABD'nin orta bölgelerine geldiğinde dağılmaya başlamıştı. Gökyüzü yavaş yavaş temizlendi. Ama uzun sürmedi bu. St. Louis'deki Washington Üniversitesi'nde Hava Kirliliğinin Etkisi ve Eğilim Analizi Merkezi'nin yöneticisi olan Rudolf Husar zaman geçirmeden bilim insanlarının Asya tozuyla ilgili tartışmalara katılabilecekleri bir internet sayfası açtı. Husar, 9 Mayıs'ta şu gözlemde bulunmuştu:

"9 Mayıs 1998, Kuzey Amerika üzerinde gerçekten de 'kötü bir aerosol' günü oldu. Asya kökenli duman bulutu Vancouver'ın biraz kuzeyinden Kanada'ya ulaştı. Asya'dan gelen daha fazla duman, Pasifik kıyılarına yaklaşıyor. Yucatan/Guatemala yangınları hâlâ devam ediyor ve buradan kaynaklanan kalın bir duman tabakası da ABD'nin güneybatı kesimlerinin üzerine doğru geldi. Kanada'da Kayalık Dağlar'ın doğusundaki yangınlar yüzünden bir duman tabakası Kanada'nın doğu bölgelerinin büyük bölümünün üzerini kaplamış durumda. Burası nasıl bir mahalle böyle?"

7. Bölüm

Buz Devrinin Sonunu Toz mu Getirdi?

Yirmi bin yıl önce, bir buzulun yayvan ve kumlu burnu, kuzey Montana'nın üzerinde uzanıyordu. Benzer bir soğuk buz çıkıntısı, güneyde Illinois'ye de sokulmuştu, Büyük Göller bölgesinin ve kuzeydoğu eyaletlerinin de üstünü örtüyordu. Dünya soğuk bir dönemin sonlarına yaklaşıyordu. Kuzeyde, sonu gelmek bilmeyen kar ve buz yağışlarıyla beslenen buz tabakası yavaş yavaş güneye doğru kayıyordu. Kanada belli bile değildi, Grönland ise beyaz bir tümsekti sadece.

Soğuk bir çağdı, ama dünyanın sonu da değildi. Deniz seviyesinin alçalmış olmasından istifade eden, kürklere bürünmüş insanlar, belki bugün Rusya olan yerden bugün Alaska olan yere doğru uzanan çamurlar içinde bir yolu izliyorlardı. Buzdan duvarının güneyindeki açık topraklarda muazzam hayvan türleri dolanıyordu. Bugünün ABD'sinde mamutlar ve mastodonlar, devasa ayılar, yerde yaşayan kocaman tembel hayvanlar, kılıç dişli kaplanlar geziniyordu.

Buz tabakasının altından akan erimiş su dereleri, Kanada ve ABD'nin kuzey bölgelerinde yüzeyin altındaki kaya tabakalarının un ufak olmuş parçalarıyla doluydu. Dereler yüklerini geniş, yassı kanallar halinde, kıyılara çekilmiş kum setlerine yığıyordu. Her rüzgâr estiğinde bu buzul tozu, buzul artıklarıyla yol yol olmuş vadiden havalanıyor ve buzulun üstündeki hava tabakasında asılı kalıyordu.

Yirmi bin yıl önce toz tabakası kalındı. Bütün buz devri boyunca ulaştıkları en büyük boyutlarda olan buzullar da ağırdı ancak artık son derece hızlı bir biçimde geri çekilmeye başlamak üzereydiler.

Pierre Biscaye, Columbia Üniversitesi'nin New York'ta Hudson Nehri üzerindeki Lamont-Doherty Yeryüzü Gözlemevi'ndeki dondurucu bölmesinin içinde duruyor. Isı sıfırın altında 20 derece, hızla insanın parmaklarında yükselen, bir dolmakalemin içindeki mürekkebi bile donduran bir soğuk bu. "Burada saatler geçiriyorum, sadece kendi düşüncelerimden yararlanarak," diyor Biscaye gülerek. Kırçıl sakallı, kahverengi saçlı, keskin mavi gözlü iri yarı bir adam. Salon tenisi oynamaktan gelmiş işe ve her nedense çorap giymiyor.

Bir pantolonun bacağını kesip bir ucunu dikerek yapılmış bir çantanın içinden bir kasap bıçağı çıkarırken nefesi ağzından beyaz duman halinde çıkıyor. Bıçağın ağzını parıldayan bir buz sütununa sürtüyor, uçuşan parçacıklar, beraberlerinde küresel iklim değişiminin toza yazılmış tarihini taşıyorlar.

Yüksekten uçan toz yere indiğinde, genellikle üzerine düştüğü toprakla ya da deniz çökeltisiyle karışır. Fakat toz bir buzulun üzerine düştüğünde, bir kitabın sayfaları arasında saklanmış çiçekler gibi korunur. Kar yıl be yıl biriktikçe, her yeni yağış bir öncekinin üzerine yığılacaktır.

Biscaye, Antarktika buzundan 60 santim uzunluğunda bir parçayı, kontrplaktan bir tezgâhın üzerindeki yeşil bir lambaya doğru tutuyor. "Tabakaları görüyor musun?" diye soruyor. Parlak ışıkta tabakalar, iki buçuk santim kalınlığında belli belirsiz

şeritler gibi görünüyor. Biscaye içinse, bunlar bir buz kütüphanesinin içine dizilmiş ciltler dolusu bilgi demek.

Dondurucu bölmenin duvarlarına sıralanmış uzun karton kutularda plastiğe sarılmış daha başka buz parçaları var. Silindir biçimindeki bu parçalar Antarktika ve Grönland'da derinlerdeki buz tabakalarından özel delgi aletleriyle kesilip çıkarılmış. Zamanı geldiğinde bu silindirlerin her biri dışındaki kirletici maddelerden temizlenecek ve eriyip sırlarını dökmek üzere Biscaye'nin sıcak laboratuvarına taşınacak.

Biscaye ve diğer meslektaşları buzlu sayfalardan olağanüstü bilgileri yorumlamayı öğrenmiş olsalar da, hâlâ eksik kalan bilgiler, dünyanın ikliminin nasıl oluştuğu konusunu anlama çabalarının önünü tıkıyor. Küresel termometrenin ibresi yukarıya doğru çıkarken cıvayı yükselten şeyin ne olduğunu keşfetmeye çalışıyorlar. Toz en olası zanlılardan biri haline geliyor. Buzul çağlarında zaman zaman havadaki tozun on kat, hatta bazılarına göre elli kat arttığını görmüşler. Aslında son buz çağının sona ermesinden hemen önce, toz en yüksek düzeyine fırlamış. Bilim insanları bunun bir tesadüf olmadığı görüşünde. Tozun, buzulların çözülmesinde tam olarak nasıl bir rolü olduğunu öğrenmek istiyorlar.

Buza yazılmış çok *açık* mesajlardan biri, Dünya'nın ikliminin doğal bir kararsızlık içinde olduğunu söylüyor. Buzun içinde hapsolmuş tozlara ve gazlara göre, iklim gerçekten her zaman değişim içindedir. Isınmıyorsa, soğuyordur. Bir yıl El Nino, bir yıl La Nina, ertesi yıl Pinatubo Dağı volkan patlaması ya da başka bir geçici dram bu değişimleri gözden gizleyebilir. Fakat on yıldan on yıla, yüz yıldan yüz yıla, dünyanın ısısı sürekli bir devinim içindedir.

Geniş ölçekte düşünüldüğünde, günümüzün ılıman iklimi anormaldir. Dinozor devrinin büyük bölümü boyunca gezegenin olağan durumu, bir hayli nemliydi. Oviraptor'un Gobi Çölü'nde ölüp gittiği dönemde, dünya ortalama olarak bugün olduğundan 11 ilâ 14 derece daha sıcak olsa gerekti.

Derken, 2,5 milyon yıl önce, gezegenimiz, arada ısının kısa süreli olarak yükseldiği dönemlerle kesintiye uğrayan periyodik

bir buz devirleri döngüsüne girdi. Dolayısıyla buz tepeleri bir ilerliyor bir geri çekiliyordu. Çağların büyük bölümünde buzullar hüküm sürdü; sıcak geçen "buz devirleri arası dönemlerin" her biri yaklaşık 10.000 yıl devam etti. Bizler, Holosen olarak bilinen bir buz devri ara döneminde yaşıyoruz; bu devrin şu sıralar artık sona ermesi gerekiyor. Gelgelelim termometre düşmeye niyetli görünmüyor.

Bütün etkenlerin aynı olması durumunda, hiçbir iklim bilgini Holosen devrinin ancak birkaç bin yıl daha sürmesine şaşırmazdı; iklim değişimi bu kadar istikrarsız çünkü. Fakat bütün etkenler aynı değil. Son sıcak dönemden bu yana, insanın yarattığı sanayi, Dünya'nın atmosferinde çok derin değişimler meydana getirdi.

Bilim insanları, tozu içinde tutan aynı buz çekirdeklerinin içinde kısıp kalmış "fosilleşmiş hava"ya bakarak, sanayi çağında insanlığın atmosfere, doğal olarak var olandan neredeyse yüzde 30 daha fazla karbon dioksit eklediğini gösterebiliyor. Fosil yakıtların ya da canlı şeylerin yanması, hatta durduğu yerde çürümesi halinde havaya karbon dioksit yükselir. Ne yazık ki karbon dioksit oradan oraya sürüklenen, tozların üzerinde yoğuşup sonra Dünya'ya geri düşen gazlardan değil. Havada birikiyor ve orada normalde gezegenimizden uzaya yansıması gereken ısıyı tutuyor.

Geçen yüz yıl içinde gezegende ortalama sıcaklık az çok bir derece kadar yükseldi. Belki bu küçük bir değişiklik gibi geliyordur. Fakat 1450'den 1890'a kadar süren "Küçük Buz Devri"ne yol açan da, ters yönde ancak aynı büyüklükte bir değişimdi; küresel olarak sıcaklıkta bu kadarlık bir düşüş, Avrupa'da nehirlerin donmasına, buzulların ilerlemesine, yağış örüntülerinin yer değiştirmesine yol açmıştı. Küçük bir değişimin büyük bir etkisi vardır.

Fakat ısıyı değiştiren tek şey karbon dioksit değildir. Havada yüzen her şeyin Dünya'ya ulaşan güneş ışınının miktarı üzerinde bir etkisi vardır. Örneğin havada dolanan bir polen taneciği bir miktar ısı emebilir. Bir örümcek bacağı biraz ışığı yansıtabilir. Peki, uçan mantarlar, bulutları oluşturan su buharının ne ka-

darını çeker? Havada süzülen bir milyar ton ya da 3 milyar ton çöl tozunun kesin etkisi nedir? Hava çok çeşitli tozlarla doludur. Fakat her bir toz türü iklimi nasıl etkiler? İşte bu sorunun cevaplanması için yapılan çalışmalar daha hâlâ sürüyor.

Dünya'nın istikrarsız iklimi, rüzgârlar, güneş ışığı, bulutlar ve ısıyı etkileyen diğer güçler hakkındaki bilgileri bir araya getiren birçok bilgisayar modeline de konu olmuştur. Bu kuvvetlerin bazıları, karbon dioksit gazı gibi "olumludur", yani termometrenin içindeki cıvayı yukarı çıkarır. Diğerleri, örneğin güneş ışınlarını yansıtan kar tabakası, "olumsuzdur", yani cıvanın düşmesine neden olur. Ne var ki, bilgisayar modellerinin başarısı ancak onlara yüklenilen bilgilerin kalitesiyle sınırlıdır. Birçok toz açısından, kaliteli bilgi henüz yoktur.

Pierre Biscaye "İklim modellerini hazırlayanlar [çölden gelen]tozun önemli olduğunu biliyorlar," diyor. "Fakat çöl tozu Dünya'nın termal dengesi açısından en az bilinen parametredir. Şimdilik, *işareti* nedir, onu bile bilmiyorlar," diye ekliyor alnını kırıştırarak.

Biscaye iklim modellemesiyle uğraşmıyor. Kendisi, "yerinden toplanan verileri" inceleyen bilim adamları grubundan. Toz üzerinde yaptığı saha çalışmaları geçmişin bir tablosunu çiziyor. Onun gözlemleri, bilgisayar modelleri hazırlayanların geleceğe yönelik daha gerçekçi modeller hazırlamalarını sağlıyor.

Biscaye dondurucu bölmeyi kilitleyip dünyanın en büyük çamur koleksiyonunun içine giriyor. Delgi makineleri bir buz tabakasının çekirdeğinden örnek kesip çıkarabildikleri gibi, deniz tabanından bir çökelti parçası da çıkarabiliyorlar. Biraz da Lamont-Doherty Yeryüzü Gözlemevi'nin kurucusu Maurice Ewing merakı sayesinde, bu kurumda insanı hayrete düşürecek miktarda deniz tabanından çıkma çamur bulunuyor. İni andıran odanın tamamı küflü kil kokuyor. Kuru, kırık numuneler, metal rafların üzerinde ince kutuların içinde duruyor. Çamurun büyük bölümü yosun kalıntıları yüzünden solgunlaşmış. Uç uca eklenince bu parçalar 17 kilometreden daha uzun oluyor. Birçoğu daha hiç analiz edilmemiş: sanki kapağı açılmamış kitaplar.

Fakat dünyadaki bütün büyük okyanus ve denizlerin bir haritasını temsil ediyorlar. Biscaye, binadan çıkıp sokağın karşısındaki bürosuna doğru giderken tozla ilgili kariyerinin deniz çamuruyla başladığını söylüyor. Ama artık buzun öyküyü daha iyi anlattığına inanıyor.

Bürosunun kapısını açıyor, tavandaki bir pencerenin altında sarkan bitkilerden küçük bir orman, onlarca tablo, aile fotoğrafları, kıvrılmış harita tomarları, Hint işi yatak örtüleriyle kaplı ve eskimeye yüz tutmuş koltukların bulunduğu odada, bir de 1970'lerden kalma güneş gözlükleri takmış, doldurulmuş bir kaplan kafası var. Biscaye duvara iğnelenmiş bir kuş kanadı koleksiyonunun (hepsi de trafik kazası kurbanıymış) üzerinden, bir dünya haritasına doğru uzanıyor.

Güney Amerika sahillerinin açıklarındaki derin okyanusa mutlaka çöl tozu düşmüş olması gerektiğini söylüyor. Fakat nehirler de çökeltilerini bu su altındaki vadiye boşaltıyorlar. Bir de derinlerden geçen akıntılar kıta boyunca uzanıyor, çöken her tür tozu birbirine karıştırıyor.

"Sahra tozu bir stronyum izotopu işareti taşıyor. Ama bu izotopu orada arayacaksanız başka şeylerin arasında aramanız gerekir." Vadiyi işaret ederek "Orada Sahra tozu var, ama göremezsiniz," diyor.

"Şimdi bir buz çekirdeğine gelince, kıtalardan kalkan tozun oraya girmesinin, atmosfer dışında başka bir yolu yok." Bu yüzden de Biscaye, iklimi hangi kuvvetlerin değiştirdiğini öğrenmek için buzun içine kısılıp kalmış tozu yorumluyor. Buz bir olguda ısrarlı. Bu olgunun anlamı açık olmasa da, büyük önem taşıyor olabilir: Buzul çağlarında havada çok daha fazla toz oluyor.

Biscaye'in bürosunun dışındaki bir not tahtasında, tozla ilgili olarak ortaya serilen veriler şöyle sunulmuş: Bu toz fazlası iklimin soğuk olmasının bir yan etkisi mi yalnızca? Yoksa aslında güçlü bir küresel ısınma dönemi başlatan bu toz fazlası mıydı?

Bu bilmecenin çözümü henüz buzdan çıkmamış. Fakat birkaç ilginç kuram, dalgalar halinde kabaran tozların aslında buzulların ölümüne yol açtığını ortaya koyuyor.

Dean Hegg, karbon dioksit dışında başka bir şeyin de ısıyı yükselttiğini söylüyor. Ak saçlı, ince yapılı, yumuşak sesli bir adam olan Hegg, Seattle'da Washington Üniversitesi'nde atmosfer bilimci olarak görev yapıyor. Farklı toz ve gaz türlerinin ısıyı aşağı veya yukarı nasıl değiştirdiğini inceliyor.

"Öncelikle asıl sorun şu: Bilgisayar modelleri karbon dioksitin çok büyük bir iklim değişikliğine yol açtığını söylüyor; bizim görebildiğimizden çok daha büyük bir değişim," diyor Hegg. "Ama bu modele aerosolleri [parçacıkları] eklediğinizde daha iyi bir çözüme varıyorsunuz." Peki, bu durumda bütün tozların toplam etkisi termometrenin cıvasını *düşürmek* mi?

İklim bilimciler bazen Dünya'nın yüzeyinden emdiği güneş enerjisinin vat değeri olarak söz ederler. Gezegenin yüzeyini karıştırıp tek bir renk ve dokuya getirecek olursanız, her bir metrekare 240 vat enerji emecekti; bu küçük bir avizeyi yakmak için yeterlidir. Bu durumda kavrulmamamızın nedeni bu enerjinin özellikle gecenin karanlığında evrene tekrar ışınlanmasıdır. Dünya, aldığı kadarını verir ve böylece dengesini korur. Ya da koruyordu diyelim.

Günümüzde, insan girişimlerinin yan ürünü olan daha fazla karbon dioksit, metan ve başka gazlar uzaya yayılan ısının bir bölümünü tutuyor. Bu da küresel ısıyı artırıyor. Bilgisayar modelleri bu gazların insan eliyle üretildiği kadarının miktarını sanal dünyaya eklediklerinde, bilgisayar gezegenin her yüzyıl iki ilâ altı derece ısınacağı tahmininde bulunuyor.

Fakat Dean Hegg'in belirttiği gibi, bu oran termometrede görülmüyor. Gezegenin yüzeyi ısınıyor olsa da, bunun hızı bilgisayar modellerinin tahminleri kadar yüksek değil. Bilgisayar modelleri hazırlayanlar artık ellerindeki veriler biriktikçe tozları da yavaş yavaş modellerine ekliyorlar ve henüz bilinmeyen "soğutucu"nun ne olduğunu bulup bulamayacaklarına bakıyorlar.

Hegg, en güçlü tozları bulmak için çalışan araştırmacılardan. Bildiğimiz su buharından başka sülfür tanelerini, ağaç zamkı damlalarını ve çöl tozlarını da incelemiş.

Hegg, "Bildiğimiz su buharı, etkili bir zorlayıcı olabilir," diye devam ediyor. "Sülfat parçacıklarının da büyük bir rol oynadığını biliyoruz. Hem bu parçacıklardan çok var. Üstelik atmosferdeki parçacıkların büyük bir bölümü organik; hem insan kökenli, hem de ağaçlardan geliyor; bu organik maddelerin zorlamadaki rolü yeterince dikkate alınmıyor."

"Sonra bir de [çöl] tozu var. İş, çok çetrefilli. Yine burada da birçok kişi atmosferdeki [çöl] tozu miktarını yeterince önemsemediğimizi düşünüyor."

Bilim insanları bir kurum ya da bir çöl tozu tanesi iklimi ısıtacak mı, soğutacak mı bilseler bile, her toz türünden tepemizde ne kadar uçtuğuna dair iyi bir sayımdan yoksunlar. Bu yüzden de Hegg ile diğer araştırmacılar tek bir parçacık türünün toplam etkisini ancak tahmin edebiliyorlar.

Şimdilik doğadaki tozların bazılarının gezegeni nasıl etkilediğini bir değerlendirelim; tabii bilim insanları tarafından anlaşıldığı ölçüde. Daha sonra insanlar olarak bizim yaptığımız katkıyı değerlendiririz.

Uçan çöl tozlarının en belirgin oyunu, güneş ışığına müdahale etmeleridir. Mart 2000'de devasa bir toz bulutu Sahra'dan havalandı ve Atlantik Okyanusu'nun üzerinde dönmeye başladı. Bir uydu kamerasının yakaladığı görüntüye göre bulutun boyutları insanın ağzını açık bırakacak kadar büyükse de, en çarpıcı özelliği altın renginin, Atlantik'in karanlığıyla oluşturduğu tezattı. Eski bir bilginin klasik bir örneğiydi bu görüntü: Koyu renkler [ısıyı] emer, açık renkler yansıtır. Bu örnekte tozun geri gönderdiği her gün ışığı huzmesi, Dünya için küçük bir ısı kaybı anlamına geliyordu. O halde çöl tozunun doğal bir soğutucu etkisi olduğundan bahsedebilir miyiz?

Bunu hemen kesin olarak kabul etmemek gerekir. Toz, kopkoyu okyanuslar, ormanlar ve dağlar dâhil olmak üzere Dünya yüzeyinin birçok kısmına göre daha yansıtıcıdır. Fakat kara, ya da bulutlara, hatta bazı açık renkli çöllere kıyasla Sahra tozu aslında daha koyu renklidir. Dolayısıyla uçan bir çöl tozu sütunu

ileri derecede yansıtıcı özellikte olan buzun ya da bulutların üzerine de yayılırsa, aslında gezegenin uzaya yansıttığı güneş ışığı miktarını *azaltır*. Dahası, çöl tozu gökyüzünde uçarken ona çarpan güneş ışığının bir bölümünü emer. Bu yüzden toz aynı zamanda doğal bir ısıtıcıdır. Bazı tozlara bir işaret vermenin zor olmasının nedeni budur; aynı anda geçerli olan birçok etken vardır. İklim ve toz uzmanı Ina Tegen, her şeyi hesaba kattıktan sonra, çöl tozunun en güvenilir etkisinin, ısıyı Dünya'nın yüzeyinden gazlı atmosferine taşımak olabileceğini söylüyor.

Peki ya Doğa'nın gökyüzüne gönderdiği diğer tozlarda durum nedir? Her birinin güneş ışığıyla kendine özgü bir ilişkisi vardır. Dean Hegg Atlantik'in üzerindeki havayı incelemiş ve havadaki parçacıkların hangilerinin güneş ışığını kesme konusunda daha marifetli olduğunu kabaca gösteren bir sıralama hazırlamış Küçük su damlacıkları ışığı en fazla kesen parçacıklar. Fakat en güçlü ikinci güneş engelleyicinin karbon bakımından zengin organik tozlar olduğu anlaşılmış; yani yangınlardan, fabrikalardan ve ağaçlardan çıkan yağlı bileşikler grubu. Bunların ardından kuru sülfür damlaları geliyor.

Fakat bu inceleme küresel dokunun sadece bir parçasını, Atlantik Okyanusu'nu aydınlatıyor. Başka araştırmacılar, deniz tuzunun okyanusun ıssız bölgelerindeki en etkili güç olduğunu, çöl tozunun ise kuzey Atlantik'in tamamında etkili olan en büyük güç olduğunu ileri sürüyor. Tozun etkilerini tahmin etmek için bilgisayar modelleri kullanan Ina Tegen, tüm dünyadan bir ortalama alındığında, sülfür damlacıkları, toz, karbon bakımından zengin parçacıkların hepsinin aynı miktarda güneş ışığını kestiğini savunuyor.

Ne var ki, güneş ışığını engellemek tozun oyunlarının daha sadece ilkidir. Havadaki doğal tozlar bulutlara da müdahale ederek iklimi dolaylı olarak etkileyebilir.

Hatırlayacağımız gibi, üzerine tutunacağı toz olmazsa su buharı yoğuşmakta korkunç zorlanıyordu. Dolayısıyla gökyüzünde toz ne kadar az olursa, gezegenin etrafında dolanan parlak

yansıtıcı bulutlar da o kadar az olacaktır. Toz ne kadar fazla olursa, bulutlar da gezegeni o kadar kaplayacaktır.

Bulutlar genellikle Dünya'nın yaklaşık yarısını örter. Varlıkları, gezegenin doğal yansıtma gücünü iki katına çıkarır. Bu da çok fazla ısının uzaya geri gittiği anlamına gelir. O halde bulutlar, iklimin soğumasına neden olan, güçlü bir "olumsuz kuvvettir".

Fakat bulutlar, iklim bilimcilere saç-baş yolduracak kadar *olumlu* bir kuvvet de olabilirler. Soğuk kuzey bölgelerde kış geçirmiş herkes bulutlu bir gecenin bir lütuf olduğunu bilir: Tepedeki bulutlar geceleri Dünya'nın ısısının yıldızlara doğru yaptığı hızlı yolculuğu yavaşlatır.

Bulutlar pek çok koşula bağlı olarak gelip giderler, oluşurlar ve dağılırlar. Toz bu koşullardan biridir. Yeterince toz olmazsa, su buharı öylece ortada kalır. Fakat gökyüzünde *fazladan* toz olursa, su buharı o kadar fazla parçacık arasında bölünür ki, hiçbir damla yere düşecek kadar büyüyemez. Tozlu bir bulut normal bir bulutun iki katı kadar su damlacığı taşıyabilir, fakat her damlacık normal boyutun yarısı büyüklükte olacaktır.

Bu küçük, farklılığın çok büyük sonuçları vardır. Tropikal bulutlar arasında dolaşan bir NASA uydusu, tropik bölgelerde sık sık görülen yangınların kurum, yani siyah toz ürettiğini, bunun da yağmur musluğunu kapatabileceğini ortaya koymuştur. Bu uydu 1998 yılında bulutların Endonezya'nın Kalimantan adasına doğru geçişini izlerken, normal bulutlarla dumanlı bulutlar arasında çarpıcı bir farklılık yakalamıştı.

Normal bir bulutta, düşecek kadar ağırlaşmış bir yağmur damlası oluşturmak için bir milyon küçük damlacığın birleşmesi gerekir. Suyun daha da küçük damlacıklara ayrıldığı, daha tozlu bir bulutta ise başarıyla bir yağmur damlasının oluşabilmesi için çok daha fazla damlacığın birleşmesi gerekir. Dolayısıyla fazlasıyla tozlu bir bulutun yağmur damlaları üretebilmesi daha uzun sürer; tabii eğer üretmeyi başarırsa. Tahmin edileceği gibi NASA uydusu, Kalimantan'ın dumansız bölgelerinden geçen bulutlardan ise rahatça yağmur yağdığını göstermişti. Fakat adanın üstündeki duman bulutlarının arasından geçen bulutlar sularını boşaltamıyorlardı.

Öyle görünüyor ki, bulut oluşturan sülfür parçacıklarından bol miktarda üreten yanardağlar da yağmur musluğunu kapatabilecek güçtedir. Tayvan'da yapılan yağmur yağışıyla ilgili bir araştırma, rüzgârın adaya doğru estiği bölgelerde kalan yanardağların toz püskürtmesi halinde Tayvan'a yağmur yağışının azaldığını ortaya koymuştur.

Çok tozlu bulutların, iklim açısından doğurduğu başka sonuçlar da vardır. Tozlu buluttaki daha küçük, çok sayıdaki damlacıklar, normal büyüklükteki damlacıklardan daha yansıtıcıdır ve daha fazla güneş ışığını uzaya geri gönderirler. Bu da aşağıda Dünya'yı üşütür. Bu farklılık bazen çıplak gözle bile görülür: Çok beyaz bir bulut muhtemelen son derece küçük damlacıklarla dolu olacaktır. Tozlu bir bulut da gökyüzünde asılı kalarak iklim üzerindeki etkileri uzun bir döneme yayar. Gündüzleri ise güneş ışığını daha uzun süre yansıtır. Geceleri ısıyı daha uzun süre tutar.

Demek ki, doğal tozların gezegenin ısısıyla oynayabilecekleri birçok yöntem vardır. Pierre Biscaye ile diğer toz avcılarının önündeki zorluk, son buz devrinde hangi toz ırmaklarında ne tür tozların dolandığına dair somut kanıtlar bulmaktır.

Biscaye, ilk adımın buzulların üzerine düşen tozun asıl kaynağını belirlemek olduğunu söylüyor. Duyuru tahtasına iliştirilmiş küçük, plastik bir toz torbasını dürtüyor. Toz undan daha ince, pembemsi sarı renkli ve üstündeki etikette WEICHANG, ÇİN yazıyor. Yanında ikinci bir torba asılı, içinde Nebraska'da Eustis'ten küllü kahverengi bir toz birikintisi var. Biscaye bu tozları buzullardan çıkarmamış. Buzdan aynı miktarda, yani bir tutam toz çıkarabilmek için metrelerce değerli derin buzu kırmak gerek. Bu torbalardakiler, Dünya'nın yüzeyinden toplanmış günümüzün tozları. Gezegenin her bir çölünden, buzul artığının aktığı her bir düzlükten alınan tozların bir başkasınınkine benzemeyen bir mineral imzası var. Biscaye, dünyadaki bütün büyük kaya tozu kaynaklarının her birinin imzasını toplamayı amaçlıyor.

"Bu örnekleri elde etmek için çok vakit harcadım," diyor. "Yüzlerce örnek var elimde. Bir arkadaşım, 'Sibirya'ya gidiyorum,' dediğinde, hemen 'Yanına birkaç tane plastik torba al' diyorum."

Biscaye, değerli buzların içinden değerli tozları çıkardığında, bunları koleksiyonundaki başka örneklerle karşılaştırabiliyor. Biscaye ile meslektaşları son buz devrinde Grönland'a inen tozun kaynağını işte böyle saptamışlar.

Biscaye, buz kitabının sayfalarını açtığı odaya giderken bize yol gösteriyor. Grönland buzundan antik bir parçayı buharlaştırma işini daha yeni tamamlamış. Bir masanın üzerinde büyük bir düdüklü tencereye benzer, cam kapaklı silindir biçimli metal bir kutu duruyor; görünüşe bakılırsa boş. Biscaye bir el feneri alıyor, sonra tepedeki ışığı kapatıp kutunun pek o kadar boş olmadığını gösteriyor. Işıkta kutunun içine yerleştirilmiş, plastik bir levha rahatça görülüyor. Bu plastiğin üzerinde toz var. İnanılmayacak kadar küçük bir miktar. Öyle ki, soğuk bir camın üzerine üflenmiş bir nefeste daha fazla madde bulunur. Bu toz antik buzun, her bir molekülü katı halden, sıvılaşma aşamasından geçmeden gaza dönüştürülmesiyle elde edilmiş ve emilerek ayrı bir kaba alınmış. Biscaye buzu eritip tozu filtreyle ayıramıyor, çünkü alçı ve kalsit gibi bazı toz türleri, suda eriyerek akıp gidebilirler. Ve bunlar belki de tozun kimliğinin önemli bir parçası olabilir. Bu soluk toz muhtemelen 2,5 kilo kadar buzdan elde edilmiş fakat Biscaye'in iyi bir kimlik elde edebilmesi için bunun dörtte biri de yeterli ."Buz çekirdekleriyle çalışmanın dezavantajı bu," diyor. "Çok fazla toz yok. Ölçümlerimizi yapmamızı sağlayacak her bir taneyi yakalamak için çok emek vermek gerekiyor. Çalışmanın her adımında her bir toz tanesini kaçırmamak için mücadele etmelisiniz. Toz, onu içine koyduğunuz her kaba yapışır. Teflon dâhil. Bir kabı boşalttığımda parmağıma plastik streç dolayıp bir de onunla hafifçe sıvazlıyorum kabın içini. Her zaman biraz daha toz buluyorum."

Biscaye, laboratuvarın havasındaki sıradan tozların antik örnekleri kirletmesini önlemek için bu tozla çalışırken cam içine

alınmış özel bir masa kullanıyor. Bu kapalı kutunun içinden dışarı süper temiz filtrelenmiş hava püskürtülüyor. Elinizi bir delikten soktuğunuzda elinizi yalayarak dışa doğru geçen süper temiz bir rüzgâr laboratuvar ortamından buraya girebilecek tozları geri atıyor. Biscaye, bu masanın ne kadar tozsuz olduğunu göstermek için delikten içeri bir parçacık sayacı sokuyor ve 27 desimetreküplük hava içindeki numuneleri saydırıyor: Kırmızı bir sıfır değişmeden duruyor gösterge tablosunda. Aynı ölçümü laboratuvarda tekrarlıyor. Burası Hudson Nehri'ni çevreleyen ormanların içinde tek başına, görece olarak temiz bir laboratuvar. Gösterge 10.000'i aştığında Biscaye sayacı kapatıyor.

Biscaye, bu laboratuvarda, son buz devrinin zirveye çıktığı dönemden, yani 23.000-26.000 yıl öncesinden kalma bir Grönland buzundan toz çıkarmış. Bu tozun belirgin bir imzası var. Bol miktarda bulunan minerallerin varlığını yüksek sivrilerle, ender bulunanları küçük sivrilerle gösteren bir grafikte, Grönland tozu solda kapkara, dar bir yükseltiler kütlesi, sonra sağda iki tane dolgun, uzun yükselti olarak görülüyor.

Biscaye, dağınık bürosuna döndüğünde bir sandalyeye çıkıp dosya dolabının tepesinden bir küre indiriyor. Kuzey Kutbu'nu yukarı çevirip, Sibirya'ya, büyük Asya çöllerinin kuzeyine parmağını koyuyor.

"Bilgisayar modeli, Grönland'daki tozun doğu Asya'da merkezi Sibirya olan geniş bir alandan geldiğini gösteriyor," diyor kaşlarını çatarak. "Evet, bir bilgisayar modelinin tozu oradan çıkarması çok kolay olabilir," diye devam ediyor parmağıyla Sibirya'nın üzerine vurarak. "Ama bence tozun geldiği yer burası değil." Sibirya seçeneğini henüz bir kenara bırakmış değil, çünkü bu bölgeden gelen yeni toz örneklerini analiz etmeyi henüz bitirmemiş.

Fakat Grönland tozu, kaynağının farklı bir yer olduğuna işaret ediyor. Bu tozun imzasında smektit denilen bir mineralin varlığı dikkat çekecek kadar az. Biscaye bunu fark ettiğinde, toz koleksiyonunu karıştırmaya ve bu örneğin bir eşini aramaya başlamış.

Sibirya'nın gibi Sahra da Grönland'ı tozlandırmakla suçlanmış. Ne de olsa Sahra muhtemelen dünyanın en büyük çöl tozu kaynağı. Finlandiya'da, hatta çağımızda, Kuzey Kutup Dairesi'nin epeyce kuzeyinde kalan Svalbard'daki karları zaman zaman sarıya boyadığı da biliniyor. Grönland o kadar uzun bir yol değil ancak Sahra'nın imzasında, smektit güçlü bir yükseliş gösteriyor. Dolayısıyla bu toz Sahra kaynaklı olamaz. ABD'nin orta batı bölgelerindeki verimli lös örtüleri de Grönland'ı kirletmekten sorumlu tutulmuş. Gelgelelim Biscaye, bu bölge lösünün *bol miktarda* smektit içermesiyle tanındığına dikkat çekiyor. Demek ki Kuzey Amerika tozunun da üzeri çizilecek.

Peki ya kaynak Alaska'nın buzul artığı düzlüklerindeki kayaların tozuysa? Biscaye, Alaska'dan gelen toz örneklerinin Grönland tozundan belirgin biçimde farklı strontiyum, neodimyum ve kurşun izotopları içerdiğini görmüş. Bu ona, bu iki örneğin kökenindeki kayaların farklı yaşlarda olduğunu söylüyor. Aynı durum, Ukrayna'dan gelen bir toz örneği için de geçerli.

Biscaye, bir elinde Grönland tozunun zikzaklı imzasını gösteren çıktı kâğıdını tutuyor. Şeffaf plastiğe basılmış, Çin Lös Yaylası'nın, Gobi ve Taklamakan çöllerinden uçan tozlardan oluşan kalın toz battaniyesinin zikzaklı imzasını, bunun üzerine tutuyor. "Tamam işte," diyor Biscaye.

Bu kusursuz bir eşleşme değil. Ama en belirgin çıkışlar ve inişler örtüşüyor. Tıpkı Grönland tozu gibi, Asya tozunda da bir smektit inişi var. Tozlar, strontiyum, kurşun ve neodimyum izotopları bakımından da benzer bir imzayı paylaşıyor.

"Galiba bu bir aday," diyor Biscaye. Bu sonucun kesin olduğu gibi bir iddiası yok. Küreyi yeniden çevirerek batı Asya'nın üzerinde duruyor. "Bunu yayınladığımızda, biri çıkıp 'Hım, Tacikistan örnekleriyle de karşılaştırdınız mı? ' diyebilirdi. Yoo," diyor. "Oradan alınmış örneğimiz yoktu. Ama şimdi var. Elimizde Sibirya'dan da örnekler var."

Toz, Biscaye'a buz devrindeki *rüzgârlar* hakkında da bir şeyler anlatabilir. Biscaye Grönland karının en üst katmanlarından,

yani günümüzün karından örnekler aldığında, Asya tozunun imzasını bulabiliyor. Fakat bu imzadan çok az var. Ortalama tanecik ise pek küçük.

Biscaye artık Asya kökenli tipik bir toz fırtınasının Pasifik Okyanusu üzerinde, Grönland'da varmadan binlerce mil ötede hız kaybettiğini açıklıyor. Toz okyanusa inerken, yalnızca en küçük, en ince parçacıklar yollarına devam edebiliyorlar ve Kuzey Amerika'yı aşıp Grönland'a geliyorlar. Fakat Grönland'ın son buz devrinden kalma buz tabakalarında, Biscaye bunun üç ilâ on katı daha fazla Asya tozu bulmuş. Bu tanelerden bazıları, bugünkülerden büyükmüş.

Birçok iklim bilimci rüzgârların buz devirleri sırasında daha güçlü olduğunu düşünüyor. Önsezilerimiz çok güçlü rüzgârların Asya'dan pek fazla toz kaldıracağını ve daha büyük taneleri daha uzaklara taşıyacağını akla getirecektir. Buzda bulunan ikinci tür bir toz bu düşünceyi desteklemektedir. Buzun çekirdeği de korunmuş olan deniz tuzunun miktarı da çöl tozunun miktarına uygun olarak artmakta ya da azalmaktadır. Bu da akla yatkındır: Daha hızlı bir rüzgâr okyanusta çok fazla beyaz köpük yaratacak, oldukça fazla köpüğü patlatacak ve daha fazla tuz parçacığı alıp götürecektir.

Gelgelelim başka bir düşünce ekolü, buz devrindeki tozluluğun güçlü rüzgârlardan çok çöllerin genişlemesinin eseri olduğunu iddia ediyor. Dünyanın daha soğuk olduğu devirlerde, okyanuslar ve göllerdeki suyun buharlaşması daha yavaş olmuştur. Yağmur daha ender yağıyordu. Çöller büyüyor ve daha fazla toz çıkarıyordu. Bir bilgisayar modeli, küresel yağışların yarı yarıya azalmasıyla, havanın bugün olduğundan on kat daha fazla tozlu olacağını ileri sürmektedir.

Biscaye'nin tozları, güçlü rüzgârlar açıklamasından yana ağır basıyor. Grönland buzu, buzların zirveye çıktığı devirde tozun üç ilâ on kat arttığını gösteriyor. Biscaye, rüzgârın bugün olduğundan daha güçlü olmadığını kabul edersek, bütün bu fazladan tozun üretilmesi için üç ilâ on kat daha fazla *çöl* olması gerektiğini savunuyor. Çöllerdeki böyle muazzam bir genişlemenin de

kuşkusuz yeni ve daha farklı kayaların erozyona uğramasını gerektireceğini söylüyor. Bu da Asya tozunun imzasını değiştirecektir. Peki ama değiştirmiş midir?

Hayır, diyor Biscaye. Açmış olduğu, üç bin yıllık buzlardaki toz bazen kalındır, bazen incedir, fakat imzası genellikle oldukça sabit kalmıştır. Kuzey kayalarında yaşlandıkça biriken bir mineral buz devrinde çok daha güçlü bir varlık göstermiştir. Biscaye bunu hesaba alan uyarlamalar yaptığında, buz devrinde Asya tozu kaynağının kuzeye doğru ılımlı bir tempoyla ilerlediği sonucuyla karşılaşmaktadır. Çöller de bir parça ilerlemiş olabilir, ama güçlü rüzgârlar daha önemlidir.

Bu durumda, kesin olarak kanıtlandığını iddia edemezseniz bile tozun buz devirlerinde en azından iki biçimde farklı bir davranış sergilediğini hiç olmazsa savunabilirsiniz. Toz, muhtemelen bugünkünden daha büyük olan çöllerden kalkmış olabilir. Şimdikinden daha güçlü rüzgârlar da tozu daha uzaklara taşımıştır. Peki ama buz devrinin fazla tozları, buzulları öldürmeyi başaracak güçte miydi? Biscaye yeni kanıtlar elde etmek için dikkatini Antarktika buzuna çeviriyor. Bu buzu okumak daha zor olabilir, çünkü her yıl kar yağışı çok daha azalıyor. Katmanlar eskisi kadar belirgin değil. Toz yağışı da daha hafiflemiş durumda. Fakat Grönland'ın buzları temeldeki kaya katmanına inene kadar yalnızca 100.000 yıl eskiyi gösteriyorken, Antarktika buzlarının geçmişi, dört buz devrini ve aralarında geçen ılıman dönemleri de içine alarak, dünya tarihinin yarım milyon yılını kapsayabilir.

Buz çekirdeğinden örnek toplamak parkta gezinmeye pek benzemiyor. Grönland'da bu iş, aylarca bir buzulun tepesinde kamp kurmak anlamına geliyor; buz kesitleri titizlikle çıkarılıyor, kataloglanıyor, arınmış suyla temizleniyor ve saklanmak üzere plastiğe sarılıyor; Çünkü buzu, öyle hemen bir yerden bir yere götürmek mümkün değil.

Biscaye, "Buz çok derinlerden çıkarılıyor," diyor. "Muazzam bir basıncı serbest bırakıyoruz. Kesmeye çalışırsanız dağılabilir. Hatta sondaj deliğinden yukarı çekilirken de dağılabilir." Bu ne-

denle çekirdekler ilk yıllarını yukarıda dinlenerek ve yeni alçak basınçlı hayat tarzına alışmaya çalışarak geçiriyor. Sonra silindirler Denver'daki Ulusal Buz Numune Laboratuvarı'na gönderiliyor; uzunlamasına dört eşit kısma ayrılıyor, sonra da araştırmacılara dağıtılıyorlar.

Asya'daki tropikal buzullardan buz çıkarmak daha maceralı bir iş olabilir; zorlukla çıkarılan buz, yakların sırtında taşınıyor. Fakat Antarktika'nın örnek çıkarılan bölgeleri, ücralıkta rakip tanımıyor. Antarktika'nın doğuda, Avustralya'ya yakın kesimlerindeki buzu çok ünlü. Grönland buzundan çıkan tozlar gibi, doğu Antarktika buzundan çıkan toz da buzlu devirlerin zirveye çıktığı dönemlerde katlanarak, neredeyse on kat artmış. Ve tıpkı Grönland tozu konusunda olduğu gibi, Dünya'nın iklimiyle ilgili bilgisayar modellerinin silikon kalpleri, son buz devrinde Antarktika'nın doğusuna düşen tozun kaynağını bulmak için çarpıyor. Biscaye, bu modellerin hep Avustralya'yı seçtiklerini söylüyor.

Kuzey yarıküreyle kıyaslandığında, güney yarıküre çöller bakımından fakirdir. Avustralya'nın geniş, çıplak iç kesimleri ilk bakışta toz bulmaya uygun mükemmel bir yer gibi görünür. Afrika'nın güneyi ve Güney Amerika'daki çöl parçaları da bu konuda cazip görünüyor. Fakat büyük toz kaynakları yalnızca çöller değildir.

Biscaye, "And Dağları genç ve volkaniktir," diyor, yine kucağındaki küreyi eğerek. Güney Amerika'nın, yani kara dağlarla kaplı dolgun kuyruğu Antarktika'nın beyaz kütlesine doğru uzanıyor. "Son buz devrinin zirveye ulaştığı dönemde, burası tamamen buzla kaplıydı," diyor Biscaye, parmağını Patagonya dağlarının üzerinde gezdirerek. "Daha fazla kar yağdıkça bunun yarattığı basınç buzulları oluşturdu. Bunlar dağlara baskı yaptıkça, dağları ufalayıp büyük miktarlarda kaya tozu yarattı. Buzulların tabanında, bu kaya tozuyla dolup taşan dereler akıyordu." Biscaye kollarını havada sallarken, parmakları taşıdığı kum yığınlarının arasından akacak bir yol arayan dereler gibi açılıyor. "Buzullar çok büyük buzul artığı alanları ortaya çıkardı. Bun-

lar kuruduğunda da, rüzgârlarda uçuşacak tozlar için büyük bir kaynak oldular."

Fakat bilgisayarlara göre Avustralya'nın oynadığı role, ikinci bir ünlü toz kaynağı da rakip çıkıyor. Bir buz devri sırasında 50 milyon kilometre küp deniz suyu buharlaşmış, karaların üzerinden geçmiş ve buz olarak yığılmış olabilir. Son buz devrinde buzullar, deniz seviyesini 120 metre alçaltacak kadar su depolamışlardı.

Kıyıda yaşayan bir istiridye için sahil çamuru olan şey, aslında suyu çekmiş tozdan başka bir şey değildir. Deniz suyunu akıtın, güneşe çıkarın, çamur kuruyup toza dönüşecektir. Buzullar büyüyüp deniz gerilerken art arda kilometrelerce çamur da rüzgâra açıldı. Bu çamurun bir bölümü de elbette havaya yükselmiştir.

Bu yüzden de buz devrinin güçlü rüzgârları sarmallar halinde Güney Kutbu'na doğru ilerlerken önlerinde, beğenip alacakları çeşitli tozlar vardı. Dolayısıyla Biscaye, Antarktika'ya düşen tozun kaynağını öğrenmek istiyorsa, toz koleksiyonuna başvurması gerekiyor.

Biscaye ve meslektaşları Afrika'daki Namibia Çölü'nün ve Kalahari'den gelen lösün parmak izini çıkarmışlar. Yeni Zelanda'nın Canterbury Düzlükleri'nden ve Avustralya'nın Büyük Kum Çölü'nden gelen lösü kontrol etmişler. Arjantin'in doğusunda bir zamanlar rüzgâra açık olan kıta sahanlığındaki okyanus çamurunu ve Falkland Adaları'nın çamurunu incelemişler. Şili'nin güney ucundaki, Tierra del Fuego'nun toprağına bakmışlar. Patagonya lösünü incelediklerinde, imzalar uyuşmuş. Böylece bir antik toz ırmağı daha haritaya geçirilebilmiş. Toz avcıları, tozun, nasıl buzun içine girmeyi başardığını anlamaya bir adım daha yaklaşmışlar.

David Rind, tozun kötücül yönüne dair bir ipucu yakalamış ve yerinde toplanan verilere dayalı bilgilerde büyük boşluklar bulunsa da, düşüncelerini paylaşmaktan çekinmiyor. NASA'nın Dünya'yla ilgili bölümünde bilgisayar modellemecisi olarak gö-

rev yapan Rind, ince yapılı, siyah saçlı, tuhaf gülüşlü bir adam. Rind, iklim simülasyonlarına göre iki toz kaynağının – buzullar ve Asya çölleri – yakın çevrelerinde ısıyı çok büyük bir artış olan dokuz derece yükseltecek kadar toz üretmiş olabileceğini söylüyor.

Anlattığına göre, atmosferde bir toz tabakası asılı kalırsa, Güneş bu toz tabakasını ısıtır. Bu sıcak tabaka, nemli havayı yerden yukarı kaldıran dolaşımın normal örüntüsünü durdurur. Nemli hava yukarı çıkmazsa yağmur yağmaz. Yağmur yağmayınca aşağıdaki toprak yavaş yavaş kuruyacaktır. Kuru zemin de ısınacaktır.

Kıyaslamak istiyorsanız kendi derinizi düşünün. İnsan vücutları ter atabilecek şekilde tasarlanmıştır; çünkü bu nemin buharlaşması bizi serinletir. Dünya da aynı yöntemi kullanır: Yüzeyindeki su buharlaşır ve sıcaklığı uzağa taşır. Ama bir toprak parçası "terden" yoksun kalırsa, ısı yükselmeye başlayacaktır.

Rind, "Son tahlilde Dünya'nın yüzeyinin ısınması üzerindeki bu etki, tozun etkisinden daha büyük olabilir," diye sözlerini bağlıyor.

Rind, bunun yalnız karalarda ve sadece tozun en kalın olduğu yerlerde geçerli olabileceğini söylüyor. Ve toz, onu üreten buzulların yakınında herhalde bir hayli kalındı. Yukarı kalkan toz, aşağıda yerin ısınmasına neden olurken, çevredeki buz de erimeye başlamış olmalı.

Rind, "Buzullar erimeye başladığında göller oluştururlar," diyor. "Bazıları göllerde dalgalanma sürecinin olması gerektiğini düşünüyor. Bir buzulun ucu, bir gölün üstüne inmişse, dalgalarla yükselip alçalacaktır. Dolayısıyla mekanik bir kırılma oluşabilir." Teori, buzun parçalanmasına yol açacak bu hareketin, buzuldaki çözülmeyi hızlandıracağını savunuyor.

Şunu hatırlatalım ki, bu senaryo bir bilgisayar modeliyle yaratıldı ve bu modeller iklimi gerçekte ekleyen sayısız doğal değişkenin hepsine sahip değil. Örneğin Rind, yükselen tozun *rengi* gibi küçük bir etkenin bile sonucu şu ya da bu yönde değiştirebileceğini söylüyor: Siyah bazalt tozu açık renkli granit tozun-

dan çok daha fazla ısı emer. İşte bu yüzden de bu senaryo bir hayli spekülatiftir.

Fakat öykünün karanlık bir biçimde sona ermesini tercih edenler ümitsizliğe kapılmasınlar. Buzların çekilmesi bilmecesine verilebilecek bir başka yanıt da ufalanan buzulların ürettiği tozların aslında geri dönüp, buzulları *doğrudan* ısırması olabilir: bu versiyona göre rüzgârların üfürdüğü toz buzun üstüne iner, gün ışığını emer ve buzu ısıta ısıta ölümüne neden olur.

Seattle'daki buz ve atmosfer araştırmacısı Steve Warren bu fikri kafasında evirip çeviriyor. "Yirmi yıl önce atmosfer bilimine girdiğimde, tozun akla hayale gelebilecek en sıkıcı konu olduğunu düşünmüştüm," diye itiraf ediyor istihzayla. "Ama sonra kar üzerindeki etkisini incelediğimde büyülendim."

Warren, kara bulaşan küçük bir parça tozun bile, karın emdiği güneş ışığı miktarını artırdığını söylüyor. Temiz, taze kar ona çarpan güneş ışığının yüzde 80'ini yansıtır. Fakat kirli kar daha fazla güneş enerjisi emer. Enerji ısıya çevriliyor, ısı da karın dostu değil tabii.

Warren, her bir toz cinsinin karı farklı biçimde etkilediğini söylüyor. Bunlardan en güçlüsünün kurum olduğunu belirtiyor. Kurum, ısıyı çöl tozundan elli kat, yanardağ külünden iki yüz elli kat daha fazla tutuyor. Kül de çok etkili. Warren, Washington'daki Olympus Dağı'ndaki Mavi Buzul'un fotoğrafını gösteriyor. Fotoğrafın ortasında, kardan oluşmuş, yaklaşık üç metreye on beş metre boyutlarında ve çevresinden yüksek duran düzgün bir dikdörtgen görülüyor. Warren, 1980'de Saint Helens Dağı'nın bu buzulun tamamına volkanik kül püskürttüğünü anlatıyor. Bu fırsatı kaçırmayan araştırmacılar bu dikdörtgen alanı çevreleyip işaretlemişler ve küllerden temizlemişler. Sonra beklemişler. Volkanik küller, eritici bir etken olarak çok etkili olmamasına rağmen, sadece iki hafta içinde, külsüz dikdörtgenin çevresindeki kar seviyesini yaklaşık otuz santim alçaltacak kadar sıcaklık emmiş. Yani toz buzu azaltmış.

Bir yıl sonra, Mart 1991 başlarında, büyük bir Sahra tozu yağışı, başka alanda bir bilimsel atılıma yol açmış. Olağandışı bir

sıcaklığın yaşandığı o yaz, toz "Oetzi" adı verilen ve beş bin yıl boyunca yanındaki aletleriyle birlikte buz altında gömülü kalmış bir Bakır Çağı gezgininin mumyalaşmış kalıntılarını ortaya çıkaracak kadar buzu eritmişti.

Dünya sistemleri araştırmacısı Tamara Ledley, Steve Warren'ın kaldığı yerden devam ediyor; ama daha korkutucu bir tozdan bahsediyor. "Steve'in çalışmalarını bilgisayar modelime yükledim; nükleer bir felaket sonrasında neler olabileceğini görmek istiyordum," diyor bu kara gözlü kadın, yüzünü kaplayan bir gülümsemeyle. "Ya bütün duman atmosfere giderse, sonra da bir bölümü deniz buzunun üstüne inerse? Temelde, olacak şey denizdeki buzun erimesidir."

Bu düşünce her şeyin başlangıcı olmuş. Sonraki on yıl içinde Ledley bu model üzerine durup dinlenmeden çalışıp, sürekli geliştirmiş. "Başka etkenleri de hesaba katmak için çok uzun süre uğraştım," diyor. "Buza karı ekledim, buzda çatlaklar etkenini dâhil ettim. Atmosferle etkileşim etkenini ekledim. Kar yağışı oranını hesaplama yöntemini geliştirdim. Buzun kendi hareketini de hesaba kattım."

Ledley, akademik çalışmayı bıraktığında, bilimsel çabalarını sürdürme nöbetini de Rice Üniversitesi öğrencisi Robert Steen'e devretmiş; hâlâ ona danışmanlık yapıyor. Steen bilgisayarın dikkatini buz devirleri sırasında büyüyen büyük buz tabakalarına çevirmiş. Buz devrini gösteren simülasyonun doruk noktasında da, o sırada rüzgâra kapılmış ilerliyor olması gereken tozla birlikte buz serpiştirmiş. Ve buz erimeye başlamış.

Ledley, "Buzun üzerinde küçük siyah çakıllar varsa, bunlar güneşin radyasyonunu emeceklerdir. Sonra da çevrelerindeki buzu eriteceklerdir. Toz da aynı şeyi yapar. Su akıp gidiyor, ama toz yüzeyde kalıyor. Yüzeyde daha fazla toz birikiyor ve bu da süreci hızlandırıyor."

İki kilometreye yakın kalınlıkta bir buz tabakasını eritecek kadar mı peki?

"Sonunda evet," diyor Ledley. "Ama erimeyi bu süreç başlatıyor, sonra başka şeyler devreye giriyor olabilir. Örneğin, buzun

yüzeyi bir kez alçaldı mı, artık sıcak havaya açık olacak, daha hızlı eriyecektir. Bu yüzden de toz *tetikleyici* olabilir."

Ledley, hep bunu kanıtlamak istediği için, öğrencisinin bilgisayar modelinden çıkaracağı sonucu sabırsızlıkla beklemiş. Nihayet Steen'in sunduğu veriler eline geçtiğinde, bir seyahate çıkmak üzereymiş. Verileri yolda okumak için yanına almış. "Steen'in çıkardığı grafiği görür görmez sonunda başardığımızı anlamıştım!" diye hatırlıyor. "O anda bir uçağın içindeydim ve yanımda bunu anlatabileceğim kimse yoktu!"

Sonra öğrencisi Steen başka konulara kaymış, Ledley de yeni bir alandaki çalışmasına yönelmiş ve tozun, kendisini yaratan buzu öldürdüğünü gösteren bu tez, bir bilim dergisinde yayınlanmak üzere bir daha ele alınmamış. Bilimsel olarak, buz öldüren tozlarla ilgili bu veriler, Ledley'nin meslektaşları olan diğer bilim insanları tarafından incelenip eleştirilerini aldıktan sonra yayınlanıncaya dek sadece bir söylenti değeri taşıyor. Fakat yine de küçük tozların bir buz dağını hareket ettirebileceğini düşündürüyor.

Peki dosya burada kapanıyor mu? Tabii ki hayır. Gördüğümüz üzere havadaki toz, gezegeni hem ısıtabiliyor, hem de soğutabiliyor. O halde çöl tozu Dünya'ya geri indiğinde de ortaya en az bu kadar akıl karıştırıcı bir şey çıkmasını bekleyemez miyiz? Evet, o da buzulların üzerine indiğinde, onları acımasızca ısıtabilir. Ama son deneyler, tozlar okyanusa indiğinde, gezegeni dolaylı olarak *soğutabileceğini* gösteriyor.

Okyanuslardaki planktonların ihtiyaç duyduğu besinlerden biri demirdir. Bol bol demir almazlarsa çoğalamıyorlar. Bu yüzden de demirin az olması, planktonların az olması anlamına geliyor; bu da planktonlar öldüğünde havaya yükselen ve sülfür bakımından zengin bir kimyasal olan DMS'nin (dimetil sülfit) azalması anlamına geliyor. Yani tepemizde daha az sülfür damlasının dolanıyor olması demek. Sülfür damlacıklarının azlığı, az sayıdaki büyük yağmur damlalarını çabucak döken bulutların oluşmasına neden oluyor. Bu durumda Dünya'ya daha fazla

güneş ışığı ulaşıyor. Dolayısıyla planktonların ölmesi gezegenin daha çok ısınmasına yol açıyor.

Şimdi bu denkleme bir de demiri ekleyin: Daha fazla plankton, daha fazla DMS, daha fazla bulut, daha az güneş ışığı. Demek ki plankton fazlası daha serin bir gezegen yaratacaktır. Üstelik çoğalan planktonlar küresel ısınma yaratan karbon dioksit gazını havadan emer.

"Demirle gübreleme teorisi"nin babası merhum John Martin kısaca, "Bana yarım tanker dolusu demir verin, size yeni bir buz devri vereyim," demişti. Martin okyanusa demir boşaltmanın bir alg çoğalması başlatacağına, bunun da parlak ve yansıtıcı bulutlardan yeni bir tabaka oluşturacağına inanıyordu.

Olacak şey değil dedirtse de, demir tozu dökmekle ilgili bazı küçük deneyler Martin'in haklı olduğunu düşündürüyor: okyanusun yüzeyine demir karıştırmak gerçekten de plankton nüfusunda bir artış yaratıyor. Peki ama bir tanker dolusu demir ve işi yürütecek bilim insanları olmadan bu nasıl gerçekleşecek?

Dünya'daki kayaların birçoğu demir bakımından zengindir. Dolayısıyla Dünya'da yükseklerden uçan tozların büyük bölümü demir bakımından güçlüdür. Bilim insanları da bundan yararlanarak, gökyüzünden doğal olarak düşen demirin bir plankton çoğalması başlatıp başlatamayacağını araştırıyor.

Bir ekip, Pasifik Okyanusu'nun, suyu demir bakımından fakir olan kuzeydoğusunu ele almış. Varsayılan demir azlığına karşın ekip, alglerin burada dönemsel patlamalar yaşayabildiğini görmüş. Araştırmacıların gözlemlerine göre, bu çoğalmaların büyük bölümü yaz aylarında görüldüğü için bu da en olası aday için olumsuz bir oy: havada taşınan Asya tozlarına bahar aylarında çok sık rastlanıyor. Fakat uydu görüntüleri, Alaska'da Copper River Vadisi'nde başka bir demir kaynağı bulunduğuna işaret ediyor. Bir görüntüde, tıpkı sigara dumanı gibi vadiden solgun bir buz tozu şeridinin yükseldiği ve Kuzey Pasifik üzerinde dalgalanmaya başladığı görülüyor.

Toz avcıları Alaska'nın kül püskürten yanardağlarla dolu olduğuna da dikkat çekiyor. Bu küllerin denize inerek plankton

besini olduğuna dair doğrudan bir gözlemde bulunmuş olmasalar da, önceden yapılmış bir çalışmanın Pasifik'teki alglerdeki artışı Pinatubo Dağı'nın patlamasıyla ilişkilendirdiğine dikkat çekiyorlar. Toz avcıları volkanik külleri, Asya çölleri ve Alaska'daki buzul tozları birleştiğinde, Pasifik'in kuzeydoğusundaki plankton artışını açıklamaya yetecek fazlasıyla toz bulunduğu kanısına varıyorlar.

Tozlu buz devrinde, belki iyi beslenmiş planktonlar daha fazla sülfür ve daha parlak bulutlar yaratıyordu. Bazı plankton meraklıları, günümüzde plankton artışının küresel ısınmayı dengeleyecek doğal bir yol olabileceğini dahi öneriyorlar. Fakat çok girift iklim sistemi içinde planktonların ısı üzerindeki asıl etkisi hâlâ kesin değildir. Örneğin, bilim insanları demir bakımından zengin tozlar ve plankton çoğalması arasındaki bağlantıyı göstermiş olsa dahi, kimse plankton artışını, ardından gelen bulut artışıyla sağlam biçimde ilişkilendirmemiştir.

Bunların hepsi de çok çekici öykülerdir: Bol miktarda toz yeri ısıtır, bu da buzları eritir. Ya da toz doğrudan buzun üstüne düşer ve onu eritip üzerinde delikler açar. Belki de iklim oyununun minicik ve başına buyruk kartları olan planktonlar, bu eğilimle mücadele ederler ve tozları kullanarak havayı serin tutar.

Örneğin Pierre Biscaye, henüz belli bir görüşü desteklemesine neden olacak kadar sağlam veriler görmeyenlerden birisi. Belki buzulları mahveden tozdur. Belki de değildir.

Biscaye: "Kimsenin iyi bir açıklaması olduğunu sanmıyorum," diyor, buzluğa yaptığı ziyaretin ardından elini hâlâ sallayarak. Bir önceki buz delme mevsiminde Grönland'da çalışırken ellerinde soğuğa karşı kalıcı bir hassasiyet oluşmuş. "Bu ucu son derece açık bir soru."

Her toz ve buz öyküsünde muhtemelen bir gerçeklik payı var. Öyküler ne kadar çabuk bir sonuca bağlanırsa, o kadar iyi. İklim modellemesi uzmanı David Rind, bugün havanın, 20.000 yıl önce buzların geri çekilmesinden hemen öncesinde bulunan kadar toz barındırdığını tahmin ediyor.

Buzu yerinden eden eğer gerçekten toz idiyse, demek ki etkisi kesinlikle hızlı ortaya çıkmış. Bir yüzyıl boyunca dünyanın kuzeyine buz tabakaları hükmeder ve toz havayı bulutlandırırken, hemen ardından gelen yüzyılda, ısı belki beş ilâ yedi derece yükselmişti. Buz erimeye, toz da azalmaya başlamıştı.

İklim konusu deyince, pek güvenli olmayan bir zamanda yaşıyoruz. Geçmişteki iklim değişimlerine dair eski buzların içinde saklanmış bilgilere bakarak, buzulların kısa zamanda güneye doğru ilerleyeceğini söyleyebiliriz. Oysa termometre hâlâ yükseliyor, buz da erimeye devam ediyor.

Doğadaki tozların ısıyı yukarı ya da aşağı nasıl hareket ettirebileceğini daha önce gördük. Peki, insan eliyle üretilen tozlar neler yapıyor? Dünya'nın iklim sistemi, insan daha paldır küldür sahneye çıkmadan önce bile sürekli değişen, istikrarsız bir mekanizmaydı. Şimdi ise bizler Pandora'nın kutusunu bu gizemli makinenin içine boşalttık: büyük miktarda sülfür damlası ve azotlu parçacıklar, gemiler dolusu kurum ve inşa ettiğimiz ya da yaktığımız her şeyden bir parça. Çöl tozuna bile bir şeyler katmışız.

Ina Tegen, bugün havadaki çöl tozunun tam yarısının insanların kullanımından hasar görmüş topraklardan kalkmış olabileceği tahmininde bulunuyor. Eğer bu doğruysa, bu durumda gezegenin çöl tozu yükü tarım öncesi dönemde olduğunun iki katına çıkmış demektir. Peki, bu fazladan çöl tozu bugünün iklimini nasıl etkiliyor? Bizi bir buz devrine doğru mu itiyor? Yoksa bir erime dönemine mi? Biscaye'ın dediği gibi, çöl tozu mekanizmanın kritik önemde bir parçasıdır, fakat ısıtan bir parça mıdır yoksa soğutan bir parça mıdır, henüz anlayabilmiş değiliz.

İnsanlığın katkısı olan her toz parçacığını değerlendirmek bu kadar zor değildir. İklimbilimciler son derece yansıtıcı olan sülfür damlalarının oynadığı rol konusunda pek de zayıf sayılmayacak bilgilere sahipler. Dünya yüzeyinin her metrekaresinin ortalama 240 vat güneş ışığı aldığını hatırlayalım. Steve Warren bugün atmosferdeki ortalama sülfür parçacığı yükünün Kuzey Yarıküre'yi ortalama bir vattan fazla soğuttuğunu söylüyor.

Kuzey ve güney yarıküreler arasında hava değişimi çok yavaş olduğundan, sülfür damlacıkları dünyanın daha az sanayileşmiş olan yarısını etkilemeye başlamadan önce yağış haline gelme eğilimindedir. Aslına bakarsanız, sülfür damlacıkları o kadar güçlü yağmur yapıcılardır ki, düşmeden önce kuzey yarıküreye yayılmaya fırsat bile bulamazlar. Bunların ısı engelleyici etkileri muhtemelen, dünyanın sanayileşmiş bölgelerinden yayılan "sülfat gölgelerinde" yoğunlaşmıştır. Bir katkısı varsa eğer, bilgisayar modelleri önemli üç soğutucu gölge tahmininde bulunuyorlar. ABD'nin orta batı bölgelerindeki sanayinin ortaya çıkardığı birinci sülfat gölgesi, ülkenin doğu sahil şeridinden açıklara doğru yayılır. Diğer bir soğuk nokta, Avrupa'nın orta bölgelerini etkiler. Üçüncüsü ise Çin'in doğusunu ve ona komşu olan Pasifik Okyanusu'nun büyük bir bölümünü kaplar. Sülfür damlacıkları dünyanın üzerini karbon dioksit gibi her yerde eşit biçimde örtmese de, soğutucu etkileri o kadar güçlüdür ki, karbon dioksitin ısıtıcı etkisini büyük ölçüde geçersiz kılabilirler. Yararı görülebilen bu örtüşme, Dean Hegg ile Steve Warren'ın Washington Üniversitesi'ndeki bir meslektaşlarının 1999'da şaşırtıcı bir gözlem yapmasına yol açmıştır.

Atmosfer kimyageri Robert Charlson bir basın bülteninde "Doğayı, bir iklim felaketini ucu ucuna önleyecek kadar nasıl kirleteceğimizi öğrenmiş olduğumuz gibi ürkütücü bir sonuca varmak mümkün" diye yazmıştı. Mümkün diyebilirsiniz, ama dememeniz gerekir. Charlson aynı açıklamada şöyle devam ediyordu: "Sera etkisi günün 24 saati, her yerde etkilidir; sülfür parçacıklarının etkisi ise sadece gündüzleri ve bazı yerlerde geçerlidir."

Dean Hegg, başka bir küçük soruna işaret ediyor: İnsanlık bütün kirletici faaliyetlerine yarın son verecek olsa, yağmur ve kar soğutucu sülfür damlacıklarının büyük bölümünü bir hafta içinde atmosferden sürükler götürür. Fakat ısıtıcı etkisi olan karbon dioksit gazı yıllarca, hatta yüzyıllarca havada kalacaktır.

Bilim insanları başka bazı sanayi tozlarını da çözmeye yaklaşmış bulunuyorlar. Bir iklim ekibi kısa süre önce Hint

Okyanusu'ndan geçtiği görülen çeşitli doğal ve sanayi parçacıklarını analiz etmişti. Ekip bütün toz cinslerinin birleştiğinde okyanus yüzeyini metrekare başına 16 vat soğuttuğu sonucuna varmıştı; metrekare başına 240 vat olan küresel güneş ışığı ortalamasının hatırı sayılır bir bölümüdür bu. Daha da ciddiye alınacak başka bir gelişme ise, ekibin havada bulunan sülfür, kurum, kül, azot bileşikleri ve organik parçacıklar gibi insan eseri olan bütün parçacıkların, doğal olanların iki katı soğutucu etki yaptığı sonucuna varmış olmasıdır.

Bütün bu tozlar, içinde bulundukları atmosferi hemen hemen aynı miktarda ısıtmaktadır. Havadaki kurumun özellikle etkili olduğu anlaşılmıştır. Kurum, toz parçacıklarının küçük bir kısmını oluşturuyor olsa da, bu toz cinsi atmosferdeki ısınmanın yarısına neden olur. Ve en azından bir tür tropikal bulut için kurumun ölümcül bir etki yaptığı anlaşılmıştır: Gün içinde Hint Okyanusu'nun üzerindeki siyah toz tabakası nemin atmosferdeki akışını değiştirecek kadar ısınır. Okyanus suyundan yoksun olan yerel "alize kümülüs bulutları" buharlaşır ve Güneş hiçbir engelle karşılaşmadan aşağı doğru yüklenir. Bilim insanları bu olaya "bulut yanması" diyor.

Bulutlar açısından insan yapımı tozların oluşturduğu bu modern örtü, yüzünden *her* gün fazlasıyla tozlu bir gün oluyor. Artık tozlarımızın havayı değiştirdiği fotoğraflarla kanıtlanıyor.

Daniel Rosenfeld, bir NASA uydusundan yararlanarak Endonezya'da Kalimantan bölgesi üzerindeki dumanlı bulutların yağışa dönüşmediğini göstermiştir. İsrailli araştırmacı, şimdi de sadece insan yapımı tozlarla karşılaşan bulutları inceliyor. Rosenfeld, uydudan alınan görüntülerde kirlenmiş bulutları belirlemek için bir yöntem geliştirmiş.

Rosenfeld, ilk önce Endonezya'daki dumanlı bulutlarla Filipinler'de Manila üzerindeki kirlenmiş havanın içinden geçen bulutlar arasında bir benzerlik gözlemiştir: Bu bulut türlerinin her ikisi de görüldüğü kadarıyla yağmur üretememektedir. Daha sonra her bir kirlilik kaynağına ayrı ayrı odaklanmış ve bun-

ların yakınında oluşan bulutları incelemeye başlamıştır. Bulduğu şeye "kirlilik izleri" adını vermiş. Elde ettiği görüntülerde, sanayi bölgelerinin üzerinde rüzgârla kıvrılmış sorguç gibi bulutlar görülmektedir.

Tıpkı ışıltılı gemi izleri ve uçakların arkalarında bıraktığı yoğuşma izleri gibi, kirlilik izleri de kirlilik yaratan toz ırmaklarının üzerinde oluşmuş bulutlardır.. Rosenfeld'in görüntüleri bunları kaynaklarına dek, hiçbir kuşkuya yer vermeyecek kadar kesinlikle izliyor: İzlerden biri, bir maden eritme ocağında başlıyor, bir diğeri linyitle çalışan bir santralin yanından, bir üçüncüsü bir çimento fabrikasından çıkıyor, bir dördüncüsü de bir petrol rafinerisinden. Türkiye'de, Kanada'da, Avustralya'da; Rosenberg kirlilikten doğan bu geniş şeritler halindeki bulutlara her yerde rastlamış. ABD hariç. ABD'nin kuzeydoğusuna dağılmış büyük kentlerin üzerinde kirlilik izleri bulamamış, çünkü havadaki kirlilik o denli ağır ki, izler birbirlerine dolanıp birleşerek, büyük bir kütle oluşturmuşlar.

Rosenfeld bunun üzerine, bu kirlilik izlerinin, güvendiğimiz yağmur ve kar yağışı örüntülerini değiştiriyor olup olmadığını merak etmiş. Bölgesel yağış raporlarını incelemeye girişmiş. Ve burada kötü haberlerle karşılaşmış: Çevreleriyle karşılaştırıldıklarında, belirlediği kirlilik izlerinin altında kalan bölgelerin yağmurdan yoksun kaldığını görmüş.

Rosenfeld'in çalışması, başka bir gözlemin hoş olmayan bir doğrulaması oldu. Birkaç yıl önce, bilim insanları, ABD'deki hava durumunun çalışma günlerini yansıtmaya başladığı sonucuna varmıştı. Araştırmalarının vardığı sonuca göre, çalışma günlerinde yaptığımız, otomobil kullanmamız, yanmalı motorları çalıştırmamız ve imalat yapmamız gibi bütün işler, haftanın sonunda toz miktarını zirveye çıkarıyor. Ardından, sülfür damlacıkları ve başka tozlarla tıka basa dolan gökyüzü, cumartesi günleri biraz yağmur yağdırıyor. Toz, üretim yapılmayan hafta sonlarında yere iniyor. Bu yüzden de istatistiksel olarak pazartesi günlerinin haftanın en az yağışlı günü olması o kadar şaşırtıcı olmasa gerek. Çalışkanlığımızın ürettiği tozlar, gerçekten de havayı etkiliyor.

Günümüz tozlarının iklimi nasıl değiştirebildiğini anlama çabası, insanı daha masum –ya da bilgisiz– günlerin huzurunu özler hale getiriyor. Steve Warren bir gün Seattle'daki bürosunda otururken, dolabından eski bir araştırmayı çıkarıyor ve gülümseyerek okuyor. 1970'lerin o kaygısız günlerinden kalma bu akademik makalede, bir jet uçağı çizimi var, gökyüzünde giderken arkasında dört tane geniş ve kapkara iz bıraktığı görülüyor. Bu kara renkli tozun ısıyı emme potansiyelinden heyecan duyan yazarlar, gökyüzünü karbon tozuyla doldurmanın, küresel ısının insanlık ve tahıl üretimi açısından daha olumlu bir düzeye yükselmesini sağlayabileceğini ileri sürmüşler. Bu durumun beraberinde getirebileceği harika avantajlar arasında yağışların artması, kasırgalara müdahale olanağı, günlerin serinlemesi, gecelerin ısınması, karın ilkbaharda daha erken erimesi de bulunabilir diye düşünmüşler. Anlaşılan onlara göre, toz sayesinde yapabileceğimiz harika şeylerin sınırı yokmuş.

8. Bölüm

Aşağı Doğru Yağan Toz Yağmuru

Her çıkışın bir inişi vardır. Bu kural uyarınca, her yıl gökyüzüne çıkan milyarlarca ton tozun sonunda yere inmesi gerekir. Ve bu durumun yıllar geçtikçe gezegenin görünümünü değiştirmesi kaçınılmazdır. Yağan tozlar toprakları daha verimli kılar ve hem karada, hem de denizde küçük yaşam formlarını besler. Fakat yere inen tozun bir bölümü de hastalıklara ve ölüme neden olur. Bu tozlar, Karayipler'de mercanları öldürüyorlar. Besin zincirlerini zehirliyorlar. Doğrudan vücudumuza yerleşiyorlar.

Toz avcıları kendilerini bütün olasılıklara hazırlamışlardır. Karada ve denizlerin derininde kurdukları tuzaklarla, buz sondaj aletleri ve kimyasal işlem setleriyle toz toplarken, artık iyi tozları kötü tozlardan ayırmaya da başlamışlar.

USGS'de toprakbilimci olan toz avcısı Daniel Muhs'ın bazı Karayip Adaları ile üzerlerindeki topraklar arasında bir uyum-

suzluk olduğunu sezmişti. Bilim insanları on yıllarca bazı adalarda yüzeyin altında gri kaya tabakaları ve yüzeyde canlı kızıl renkte toprak bulunmasına bir açıklama getirmeye çalışmışlardır. Her ne kadar fazla hayalci görünse de Muhs, bu toprağın gökten düştüğünden kuşkulanıyordu.

Muhs, Karayip Adaları'nın pek çoğunun eski mercan resiflerinin fosilleşmiş iskeletlerinden oluştuğunu anlatıyor. Karayipler'in güneyinde şahane, yemyeşil bir cennet olan Barbados'u düşünün. Belki de bir milyon yıl önce mercanlar ilk olarak bu sığ sularda koloniler oluşturmuşlar ve kalsiyum karbonattan evlerini kurmaya başlamışlardı. Mercanlar çok geniş bir alana yayılıyorlar ve her yeni kuşak bir öncekinin üzerine yerleşiyordu. Mercanların öngöremediği şey, bu sığ bölgenin tamamının yükselmekte olduğuydu; her yüzyıl yaklaşık üç santim kadar okyanusun üstüne doğru yükseliyorlardı. Resifler denizin yüzeyine çıktıklarında beyaz bir ada doğmuştu. Bu döngü yüz binlerce yıl boyunca tekrarlandı: mercanlar yeni doğmuş adanın etrafında yeniden bir kale ördü, ama o da sudan çıkmak zorunda kalacaktı. Beyaz ada büyüyordu. Ama burada pek az bitki yaşayabilirdi.

Muhs, "Resifler saf kalsiyum karbonattır," diyor. "Kalsiyum, karbon, oksijen. Bunlar toprak oluşturmak için doğru bileşenler değildir."

Yine de Avrupalı kâşifler, bu ıssız adaları 1627'de kendi ülkelerinin topraklarına kattıklarında, buraların son derece hoş ormanlarla kaplı olduğunu yazmışlardı. Bundan 30 yıl sonra Barbados şeker kamışı tarlalarıyla kaplanmıştı. Bugün bu adada yetiştirilen zengin çiçek bahçelerinin de aynı derecede iyi beslendiği görülüyor.

Barbados toprağının derinliği 40 santim ile yaklaşık bir metre arasında değişir, rengi de turuncu ve kahverengidir. Eski solgun gri mercanların üstünü örter. Bu toprağın büyük bölümünü "alüminosilikat", yani alüminyum ve silikon bakımından zengin mineraller oluşturur. Mercan neredeyse tümüyle kireçtaşı, yani kalsitten oluşur. Muhs, şu tartışmasız gözlemde bulunuyor: "Kalsitten alüminyum elde edemezsiniz."

Bu durumu açıklama yönünde daha önce yapılan girişimler bir toprağın üzerine yerleştiği kayalardan doğması gerektiği inancını zedelemiştir. Dolayısıyla Barbados toprağının, başlangıçtaki mercan resifi daha, büyürken içinde kalmış olan minerallerden oluşması gerekir. Bu teoriye göre, mercan sudan çıktıkça, kalsit de kısa sürede aşınıp dökülmüştür. Böylece eski mercan resifinin içinde kalmış koyu mineral zerrecikleri açığa çıkmış olur. Bunlar eski mercan resifinin tepesinde birikirler ve sonunda toprak oluştururlar.

Muhs, bunu değerlendirdikten sonra, bu açıklamaya göre, geride kalan koyu toprağın ortaya çıkması için yaklaşık 23 metre kalınlığında resifin ufalanıp gitmiş olmasını gerektirdiğini hesaplamış. Oysa fosilleşmiş resifler hiç de aşınmış görünmemektedir.

Toprak ve resifler arasındaki bu uyumsuzluğa ilişkin yaygın başka bir açıklama daha vardır: Karayipler, daha önceki bir bölümde gördüğümüz Montserrat Adası'nın üzerine küllerini döken volkan gibi yanardağlarla doludur. Gerçekten de 1979'da yakınlardaki St. Vincent Adası'ndaki bir yanardağ, 160 kilometre uzaktan Barbados'a kül fırlatmıştır.

Fakat Muhs, başka bir kaynak bulunduğundan kuşkulanıyor. 1960'ların ortasında Barbados'ta uzay tozu yakalamak için yapılan, fakat uzay tozu yerine Sahra Çölü tozu elde edilen deney hakkında bir şeyler okumuş.

Bilim insanları Sahra'nın tozlarını çok uzak mesafelere saçtığını zaten biliyordu. Gezgin doğa bilimci Charles Darwin daha 1845 yılında bile, çağdaş bilim insanlarının bildirdiği toz yağışı raporlarını bir liste halinde yayınlamıştı. Bazı denizciler, Afrika yakınlarında, görüş mesafesini sıfıra indirecek ve teknelerin karaya oturmasına yol açacak kadar yoğun toz yağışları görüldüğünü bildiriyordu. Atlantik Okyanusu'nun açıklarında yağan tozların yelken direklerine, güvertelere ve cihazlara yapıştığına dair haberler geliyordu; hatta bir gemi, Güney Amerika yolunun yarısında bile toz yağmuruna tutulduğunu haber vermişti. Darwin, bu toz mikroskopla incelendiğinde, içinde onlarca tür-

den taze su diatomu ile bir o kadar da fitolit türü görüldüğünü de bildirmişti.

Peki, Sahra tozunun, rüzgârın estiği yönde binlerce kilometre uzakta birikerek kalın bir toprak oluşturabileceği nasıl kanıtlanır? Tropikal bölgelerin koşulları bunu daha da güçleştiriyor: Yoğun yağışlar çöl tozundaki bazı elementlerin hızla çözünmesine yol açar ve onları aşağıya, alttaki taşın içine akıtır. Bu ise tozun kimyasal "parmak izlerini" değiştirir. Bu yıpranmış tozu, taze Sahra tozuyla karşılaştırmak yaşlı bir adam fotoğrafıyla genç bir çocuk fotoğrafını karşılaştırmaya benzeyecektir. Zaman geçse de bazı ayrıntılar, Muhs'ın baktığında iki yüzün aynı kişiye ait olduğundan emin olmasını sağlayacak kadar değişmeden kalmış olabilir mi?

Aslında öyle oldu: Toprakta en az çözünen maddelerden bazılarını inceleyen Muhs, Barbados toprağı numunelerinden belirgin bir parmak izi çıkarmayı başardı. Bu Sahra'nın işaretiydi. Ayrıca bilim insanları, toprağın altındaki mercanların yaşına dayanarak Sahra tozunun en az 750.000 yıldır Barbados'a düştüğünü de tahmin ediyorlar.

Barbados'un, Karayip Adaları'nın en güneyinde yer alan adalardan biri olmasına rağmen Muhs, Sahra'nın uzun zamandır Florida Keys adı verilen takımadalara da tozlarını döktüğü yönünde bazı işaretler bulmuştur. Karayipler'in ortasında yer alan, müziği, marihuanası ve alüminyumuyla meşhur Jamaika adasını da incelemiş. ABD'deki teneke meşrubat kutularının pek çoğu Jamaika'da çıkan alüminyum filizinden, yani boksitten yapılmaktadır.

Muhs, "Boksit alüminyum bakımından çok zengin bir kildir," diyor. "Hava koşulları yüzünden çok yıpranmıştır: diğer bütün elementleri yağmurla akıp gitmiştir. Alüminyum kolay çözünür bir element olmadığından, yoğun yağmur altında bile olduğu yerde kalıyor. Jamaika dünyanın en önemli boksit yataklarından bir kısmına sahiptir." Fakat alüminyum bakımından zengin bu kilin altında yine eski mercan resifleri yatmaktadır. "Boksit elde etmek için, en başta alüminyum içeren ka-

ya gerekir," diye tekrarlıyor Muhs, "Buradaki kireçtaşında ise alüminyum yok."

Fakat Sahra tozunda bol bol alüminyum var. "Tahmin ediyorum ki, Jamaika ile Haiti'deki boksit, Barbados üzerindeki topraktan bile uzun bir süredir yıpranmakta olan eski toz yatakları ," diyor Muhs.

Bir dahaki sefere, bir meşrubat kutusunun kapağını açmadan önce bunu düşünün. Bu kutuyu oluşturan alüminyumun her zerresi, yüz binlerce, hatta milyonlarca yıl önce, birer birer uçarak Sahra'dan Atlantik Okyanusu'nu aşıp Karayipler'e gelmiştir.

Muhs, "İnanılmaz bir şey bu!" diyerek duyduğu hayreti ifade ediyor. "Gerçekten de." Siz de bir türlü yerinde rahat duramayan Sahra Çölü'nün şerefine bir kutu içecek açın; ama tozu engellemek için ağzını bir şeyle örtün, çünkü oradan hâlâ toz gelmeye devam ediyor.

Toz avcıları bu yararlı Sahra tozunun batıda Güney Amerika ana karasına kadar giderek oraya indiğini görmüşler. Güney Amerika topraklarının parmak izleri daha yeni yeni çıkarılıyor olsa da, tozla ilgilenen birçok bilim insanı Sahra tozunun Amazon havzasının sağlığı için çok önemli olduğundan eminler. Hawaii topraklarında yapılan benzer bir inceleme de bu toprağın en üst tabakasının yüzde 10-20'lik bir kesimini Asya'dan gelen çöl tozlarının oluşturabileceğini ortaya koyuyor. Muhs, bu tozlu yağmurun iyi bir şey olduğunu söylüyor.

"Yağmur ormanlarında yağış miktarı o kadar yüksek ki, besleyici öğeler çabucak akıp gidiyor. Geriye kalan besinlerin birçoğu da zaten bitkilerin içinde kalıyor," diye açıklıyor Muhs. "Bu ormanlarda bitkilerin kullanacağı fazla yararlı bir şey yoktur. O halde bir ormanı milyonlarca yıl nasıl ayakta tutarsınız? Güney Amerika'nın kuzeyindeki topraklarda bulunan besinlerin büyük bölümünün Sahra tozundan gelmiş olması hayli mümkündür."

Muhs, tozun aynı zamanda yumuşak bir gübre olduğunu fark eden ilk kişi değil. Yaklaşık 8000 yıl önce Çinli çiftçiler bu gerçeği fark etmişlerdi. Yere inmiş çöl tozu birikiminin oluşturdu-

ğu lös tabakasında, kendilerine zorluk çıkaracak taşların hiç bulunmadığını görmüşlerdi. Lösü işlemenin çocuk oyuncağı olduğunu anlamışlar, lösün sünger gibi su çektiğini ve deli gibi mahsul verdiğini, lös yamaçlarını kazarak buralara ev yapabileceklerini de fark etmişlerdi. Bugün Çin'deki lös tabakası dar tarlalar halinde teraslanmıştır ve bunlar tıpkı fitilli kadife kumaş gibi tepeleri çevrelerler.

O zamanlardan beri dünyanın dört bir yanında çiftçiler topraklarındaki lös yataklarını benzer bir biçimde kullanmışlardır; bu yataklardan bir kısmındaki birikim hâlâ derinleşmeye devam etmektedir. Çin'in kuzey bölgelerinde, Taklamakan ve Gobi'den esen rüzgârlara açık olan bölgeler her yıl 2,5 kilometre kare başına 50 ton toz alır. ABD'nin daha tozlu kesimleri olan güneybatı ve Büyük Düzlükler bölgesi de, 2,5 kilometreye 5 ilâ 40 tondan taşağı kalmayan miktarlarda toz düşer. Aslına bakarsanız büyük kıtaların "tahıl ambarlarının" haritasını çıkaracak olursanız, inen tozların en büyük bölümünü yakalayan arazilerin haritasını elde etmiş olursunuz. ABD'nin orta batı eyaletleri, Arjantin pampaları, Avrupa'nın büyük bölümü, Ukrayna, Orta Asya ve Çin'in beşte biri, yani dünyanın tozdan oluşan bütün toprakları gezegendeki tahılın beşte birini ve bunun yanı sıra hayvan yemi olan tahılları ve çayırları yetiştirir.

Demek ki yere inen toz sadece Barbados'un palmiyelerini ve zambaklarını beslemekle kalmıyor. Hepimizi doyuruyor.

Dünyanın hiç canlı barındırmadığı sanılan yerlerinden biri olan Antarktika'daki McMurdo Kuru Vadileri'nde bile yere düşen tozlar, ılımlı güçte bir yaşam çoğalmasını başlatabilir. Bu donarak kurumuş çöllerde birkaç tane oldukça büyük göl bulunmaktadır. Okyanusun Antarktika'ya doğru ilerlediği daha sıcak çağlardan kalan bu göller, yüzeylerinde bir rüzgârın gezindiğini hiç hissetmezler. Çünkü yüzeyleri 3 ilâ 6 metre kalınlığında bir buz tabakasının altında kalmıştır. Bu buzun ortasında minicik, tozlu balonlar bulunabilir; bu balonların içinde küçücük dünyalar sessiz bir yalnızlık içinde sürer gider.

Montana Eyalet Üniversitesi biyologlarından toz avcısı John Priscu, "Bonney Gölü'nün suyunda gazları ve planktonları inceliyordum," diyor. "Gölü kaplayan buzdan gaz çıkarmaya başladığımda, aynı bölgede bir çökelti tabakası olarak yoğunlaşmış diazot monoksit bulunduğunu gördüm. Daha yakından incelediğimde bu mikropları buldum." Bu bakteriler, göl büyüklüğünde bir evrenin içinde kalmış kum büyüklüğünde dünyaların minik sakinleri.

Koyu renkli tozlar gökten yağıp Bonney Gölü'nün üzerine düştüğünde güneş ışığını emerler. Bu toz buzda küçük bir delik açıp içeri gömülür. Ertesi gün biraz daha güneş ışığı emer ve buzun biraz daha derinine iner. Bu böylece devam eder, ta ki toz gölün üstünü kaplayan buz tabakasının içinde yolu yarılayana dek. Orada, yaklaşık iki metre buzun altında, dağınık toz kümelerinden oluşan tabaka vardır; bu toz kümelerinin en büyüğü en fazla 10 santim uzunluğundadır.

Bir eylül günü, güneyin güneş ışınları buzu ısıtmadan önce, Priscu ile meslektaşları Bonney Gölü'nün üzerindeki buz tabakasında bir çukur açtılar. Bir kamerayı buzun içine yönelten Priscu, toz tabakasının donmuş evrenini görüntüleyebildi. Fotoğrafta mavi buzun içinde toz iplikçikleri ve yumaklarının asılı durduğu görülüyordu ve bunlar gümüş renkli balonlardan oluşan donuk bir perdeyle çevrelenmişlerdi.

Priscu, bu tozlu buzdan örnekleri mikroskobun altına yerleştirdiğinde, bir dizi toz gezegeni belirdi; bunlar birbirlerine incecik bakteri iplikleriyle bağlanmışlardı. Biraz daha yakından yapılan bir çekimde buranın sakinleri belirdi. Kimyasal boyamayla, bir saç kılı genişliğindeki tek bir gri dünyada bulunan parlak noktalar görünür olmuştu. Toz tanesinin büyük bölümünü kaplayan koyu mavi leke canlı bakterileri işaretliyordu. Tanenin ortasından geçen magenta renkli birkaç çizgi de burada yoğunlaşmış klorofil olduğunu gösteriyordu. Bir kez daha büyütüldüğünde, magenta şeritlerin düzenli zincirler halindeki görüntüsü, artık yaşamı göstermektedir. Priscu, toplamda 20 kadar bakteri soyu, 10 tür de siyanobakteri, yani mavi-yeşil alg bulmuştu.

O sıcak yaz ilerleyip de gün ışığı güçlendikçe, Bonney Gölü'nün üzerindeki donmuş dünyalar canlanmaya başladı. Yaklaşık iki metre buzun altında bile, koyu renkli tozlar gün ışığını emiyorlardı. Yavaş yavaş her toz yumağı çevresini ısıtıyor, küçük bir su damlacığı ortaya çıkarıyordu. Su verildiğinde bakteriler kış uykularından uyanıp tozu parçalama ve yeni kuşaklar yaratma işini sürdürebilirler. Priscu "Çöldeki vahalara benziyorlar," diyor, "Şu küçük su birikintileri yaşamı destekliyor." Yaklaşık dört ay boyunca, Antarktika güneşi üzerlerine düşerken, bu buzun sakinleri büyüyüp gelişti. Sonra Dünya dönerek onları karanlığa gömdü ve bu küçücük toz gezegenleri bir kez daha dondu.

Rüzgâr buzun üstüne o kadar çok çeşitli toz yağdırır ki, en müşkülpesent bakterilerin bile damak tadına uygun bir şey olacaktır mutlaka. Örneğin Grönland buzunun küçük bir kesitinde yapılan kısmi bir organik çökelti sayımında, ağaç parçacıklarından mantarlara, alglere, başka basit yaşam biçimlerine dek 57 farklı organizmanın izi bulunmuştur. Buzun başka bir kesiminde yapılan başka bir sayımda iki yüz mantar türünün varlığına dair kanıtlar ve bunların yanı sıra, bilinen bir bitki virüsünün tanımlanabilen büyüklükte bir parçası bulunmuştur.

Bir bakterinin yaklaşık iki metre kalınlığında buz tabakasının altındaki tozun üstünde yaşamaya uyum sağlayabileceği anlaşılmaz görünüyor olabilir, ama Bonney Gölü'nün mikropları Priscu'nun dikkatini çeken diğer buz bakterilerinin yanında pek hanım evladı kalır. Vostok Gölü, Antarktika'nın Avustralya'ya bakan kısmında kalan, Ontario Gölü büyüklüğünde bir su parçasıdır. Dört kilometre derinliğinde bir buzulun altına gömülmüştür. 1990'larda uluslararası bir ekip buzda yavaş yavaş gölün merkezine doğru bir delik açmaya başlamıştı. Bu araştırmacıların ilgisini çeken başlıca konu iklim değişikliğiydi. Fakat buzun farklı kesimlerinde de düzenli olarak bakteri araması yapılıyordu. Sıvı gölün yüzeyine sadece 132 metre kala, ekip bir yaşam patlamasıyla karşılaştı.

Priscu, mütevazı bir tavırla, "Yedi farklı türde bakteri buldum," diyor. Daha fazla bakterisi olan bir meslektaşı, bunları la-

boratuvarında büyütmeyi başarmış. Canlı taşıyan bu buz parçası, buzulun altında yatan, 231 metre kalınlığındaki yeniden donmuş Vostok Gölü suyunun bir parçasıymış. İlk örneklere bakterilerin buzda ne kadar yoğun bir kalabalık oluşturduğunun göstergesiyse eğer, aşağıda bir hayli yoğun bir faaliyet sürüyor olmalı. Erimiş buzun her bir litresinde yaklaşık bir milyon bakteri hücresi olabilir. Deniz suyuyla karşılaştırıldığında, burası tenha bir bölge sayılır, fakat bulunduğu yer düşünülürse, bu bakterinin üreme hızı dikkat çekicidir.

Vostok'un yüzeyi yaklaşık 15 milyon yıldır buzla kaplı; ne de olsa tepesine bir buzul oturmuştur. Tek başına buzun yarattığı basınç -ki yaklaşık her 15 santimetrekare başına üç ton kadardır,- cesaret kırıcı görünüyor. Peki bu bakteriler buraya nasıl gelmişler ve ne yiyorlar?

Priscu, "Sanırım yarım milyon yıl önce kar taneleriyle gelmişler," diyor; incelediği bu bakterilerin dayanıklılığı hakkında hiçbir kuşku göstermeden. Bakterilerin bir buzulun içine gömüldüğünü, buzulla bütünleştiğini ileri sürüyor. Buradaki bakteriler gömülü kalmış Vostok Gölü'ne doğru akan buzun içine inmişler.

Priscu, "Derinlere doğru ve deniz yönünde ilerlemişler," diyor. "Yarım milyon yıl sonra suya ulaştıklarında canlanmışlar. İnsanlar kehribarda ve permafrostta bulunan milyon yaşında bakterileri canlandırmıştır. Çok aykırı bir durum değil. Ne de olsa bakterileri korumanın en iyi yolu onları dondurmaktır."

Priscu, canlandıklarında bakterilerin, yüzeyden aşağıya doğru aynı uzun yolculuğu yapmış olan tozlarla beslendiğini düşünüyor. Vostok Gölü'nün suyu yavaş yavaş deveran ederken suyun bir kısmı buzlu kapağın tepesinde donar. Fakat Priscu'nun teorisine göre, Vostok'un deveran eden su, buzul kapağının başka bir kısmını *eritir* ve uzun zamandır içeride kalmış bakterilerin –ve onları besleyen tozun– sürekli göle karışmasına neden olur.

Ne yazık ki bu toz yiyicilerin başarısının sırrını öğrenebilmek için bir altı-sekiz yıl daha beklememiz gerekiyor. Vostok'taki sondaj çalışması, gölün Dünya'nın yüzeyinden gelen sıradan

bakteriler tarafından kirletilmesini önlemek için geçici olarak askıya alınmıştır.

Tıpkı John Priscu'nun Antarktika'da bulduğu, buzla sarmalanmış dünyalar gibi, bir damla "deniz karı" başka hiçbir şey bulunmayan bir ortamda, bol tozlu bir vahadır. Santa Cruz'daki California Üniversitesi'nde deniz bilimcisi olan Mary Silver, yere inen toz ve çökelti birikintilerini bulmak için okyanusları elekten geçiren bir toz avcısıdır.

Okyanuslarda yol alan bu toz yumakları, genellikle kurtçuk denilen iribaş boyutlarında bir hayvanla başlar. Bu yaratık kendisine, bir besin perdesi olacak yarı şeffaf zardan oluşan bir "ev" örer: kurtçuğun yiyemeyeceği kadar büyük olan parçalar zara yapışacak, daha küçük besinler ise süzülüp içine geçecektir. Fakat bir ay gibi bir süre içinde, büyükçe tozlar bu perdeyi tıkamaya başlar. Silver, "Parçacıklar delikleri tıkadığında kurtçuk evi terk eder," diyor. Yaklaşık bir basketbol topu büyüklüğünde olan bu bulanık renkli evde, çöl tozu ve kopepod denilen minik kabuklu hayvanların kalıntılarından, ölü zooplankton parçacıklarına ve diatomlara kadar her şey bulunur. Yani Silver'ın deyimiyle "Lezzetli yiyeceklerle doludur."

Bu ev, yavaş yavaş karanlık suların dibine çökerken, suda sürüklenmekte olan başka balçık ve birikintilerle birleşebilir. Denize düşen kar tanesinin bir tek damlacığı bazen içi boncuk dolu torba koltuklar kadar büyüyebilir. O boyuttayken bile, elinizi bu yumağın içine sokmanız, onu parçalamaya yetecek ve parçalarının okyanusun içinde dağılıp gitmesine yol açacaktır.

Silver, deniz karının en küçük bileşenlerine bakıyor ve her bir parçacığın küçük bir dünya olduğunu görüyor. "Parçacıkların organik bir kılıfları oluyor, o zaman her şey üstlerine çabucak yapışıyor," diyor Silver. "Tıpkı üstüne her şeyin yapıştığı bir toz topu gibi."

Yapışan nesnelerin birçoğu, bunu bir amaçla yapıyor. Bir alg türü batmakta olan toz parçalarının üzerine koloni kurmuş olabilir. Biraz daha karmaşık organizmalar olan tek hücreliler de sı-

raya giriyor. Daha gelişmiş, metazoa ve sarkodin olarak bilinen çok hücreli oluşumlar da batmakta olan bir tozun üstünde yaşamın zirvesini temsil ediyorlar.

Silver, düşmekte olan toz topaklarını, okyanusta iki kilometreden biraz daha derine indirilmiş kapanlarla yakalıyor. Mikroorganizmaların suya batan tozu asansör gibi kullanarak, kendi yaşam tarzlarına uygun düşen derinliklere kadar indiklerini görmüş. Bazı yaratıklar çok derinlerde, tam bir karanlığın içinde gayet iyi yaşayabilirlerken, bazıları gün ışığına ve hafif basınçlara ihtiyaç duyar.

Silver, "Aşağıya indikçe parçacıkların üzerindeki türler değişir, demek ki ya ölüyorlar ya da tozun üzerinden atlayıp gidiyorlar," diyor. "Böyle yapmazlarsa, o zaman çaresiz kayboluyorlar." Ya da çaresiz gövdeye indiriliyorlar. İki kilometreye yakın derinlikte bile bir toz tanesi çok hareketli bir yer olabilir. Derinlerdeki bu toz tanelerinden alınan tek hücrelilerin "mideleri" bakteriler ve kendilerinden daha küçük tek hücrelilerle doluydu.

Deniz karı, tozu deniz tabanına taşıyabilecek "asansörlerden" biridir. Fakat bir kurtçuğun evinin zarına yakalanmayan tozlar, kendi başlarına düşemeyecek kadar küçük olsalar da, batma olasılıkları yüksektir. Kendilerini hem etçil, hem de otçul küçük bir yaratığın kursağına gitmiş bulabilirler. Çöl tozu gibi besleyici olmadığı anlaşılan taneler, böyle bir yaratığın içinden geçip gidecek ve bir dışkı topağının içinde yeniden dışarı çıkacaklardır. Bu topakların çapı birkaç kıl genişliğinde olsa da, batabilecek kadar büyüktürler ve su içinde çok büyük miktarlarda akıp giderler. 900 santimetrekareye günde yüzlercesi düşer. Uzay tozu bilgesi Don Brownlee'nin okyanusa düşen değerli kozmik toz serpintisi için üzüntüyle öngördüğü o nahoş akıbet tam olarak bu işte. Mary Silver gülüyor.

"İşte gerçek hayat bu," diyor.

Toz avcıları, yere inen tozların gübre etkisini o kadar canlı bir biçimde ortaya koymuştur ki, bazı çiftçiler buradan kendilerine düşmesi gereken payı almadıkları gibi tuhaf bir kanıya

varmıştır. Bu eksikliği kapatmak için, eve getirip sağa sola dağıtabilecekleri tozlar bulmak için ava çıkarlar. Ohio'da Oberlin College'da bitki fizyoloğu ve biyokimyager olan David Miller, "minerallemeye", yani çiftliklere ve bahçelere toz serpme uygulamasına ciddiye alan bir bakışla yaklaşmış.

Almanya'da alıp başını giden mineralleme çılgınlığı, Avrupa'da gayet iyi bilinir. John Hamaker adında bir kişinin *The Survival of Civilization* adlı kitabında, tozu göklere çıkardığı 1970'lerde toz çılgınlığı alıp başını gitmişti. Miller, "Hamaker'la hiç tanışmadım, ama müfrit biri olarak niteleyebilirim," diyor. Bütün başarılı müfritler gibi Hamaker da peşine taraftarlar toplamıştı. Artık İnternet'in her sayfasında, minerallime yanlıları, toprağa toz karıştırıldığında sağlıklı minerallerle dolu dev sebzeler yetiştirdiklerinden, ağaçların baş döndürücü bir hızla boy attığından dem vurmaktalar. Hatta bir haberde, çiftlik hayvanlarına tozlu çimen yedirildiğinde kuzuların semirdiğinden, yumurta sarılarının daha sarı olduğundan söz ediliyor. Bu ifadeler, her yıl 100-200 milyon ton işe yaramaz toz üreten kaya kırma sektörünü de pek heyecanlandırıyor.

Miller "Bütün o kadar tozu depolayan bir sürü taş ocağı var," diyor. "ABD Tarım Bakanlığı kulağa daha hoş gelsin diye bu toza 'ince mineral' demeye başladı." Bakanlık konuya ilgi çekmek için 1994'te minerallimeyle ilgili bir konferans bile düzenledi. Miller ve başka araştırmacılar da kıyaslama amacıyla bazıları tozlu, bazıları tozsuz çeşitli deneme alanlarında dikim yapmışlar.

"Gerçeği söylemem gerekirse, bunun yararlı olacağından hiç kuşkum yok. Fakat bunu kanıtlamak, işte işin zor kısmı bu olacak," diyor Miller. " 10-11 yıl önce ekilmiş tarlalar var, ama bitkilerin mineral içeriğinde hâlâ bir değişiklik görmedim."

Fakat başka bilim insanlarının yaptığı deneylerin, tozun ciddi hasar görmüş toprakları çabucak canlandıracak bir çare olabileceğini gösterdiğini de ekliyor. Çok fazla asit yüzünden bozulmuş toprakları nötralize etmek için en doğru reçete olabileceğini söylüyor tozun. Ne de olsa kireç taşı tozu, tüm dünyada çiftçiler tarafından tam bu amaçla kullanılmaktadır. Besin bakımından son

derece yoksul topraklara taze toz uygulamak, toprağın mineral yapısını oldukça hızlı bir biçimde değiştirebilir. Fakat bunun nasıl olup da daha büyük, daha sağlıklı bitkilerin yetişmesini sağlayacağı tam olarak bilinmiyor.

Miller bir süredir, kompost denilen ve çürütülüp gübre olarak kullanılan bitkilere eklendiğinde, tozun nasıl etki yapacağını inceliyor. Tozun, bakterilerin ölü bitki dokularını parçalama işini hızlandıracağını, bakterilerin de tozu minicik kullanılabilir boyutta bitki besini parçalarına dönüştüreceğini düşünüyor.

Devlet adına çalışan toprak araştırmacısı Ron Korcak, ABD Tarım Bakanlığı'nın da komposta toz eklemeye çalıştığını söylüyor. Fakat alınan sonuçlar tutarsız olmuş ve bu fikir bahçecilikle uğraşan halkta bir heves uyandırmamış. Birçok sanayinin tozlarıyla deneyler yapmış olan Korcak "Harçsız duvarı ele alalım," diyor. "Bir inşaattan harçsız duvar atıklarını alıp ezmenin, sonra da bahçeye eklemenin birçok yararı olduğunu düşünüyorum." Bu da pek tutmamış.

Yine de hararetli toz yandaşları, süper havuçlar yetiştirmeyi, hükümetin onayladığı ve diğer bilim insanlarının değerlendirdiği araştırmalardan öğrenmeyi beklemiyorlar. Çiftliklerine ve bahçelerine toz karıştırıyorlar. Tozun saf olmasını gerekli görenlerin tercihi buzul tozu, çünkü bütün kaya türlerinden örnekler taşıyor. Granit tozu da çok çeşitli mineraller içerdiği için beğeniliyor. Fakat kolay sağlanması açısından, yerel taş ocaklarında kırılan ne varsa ondan yararlanmak en çok tercih edilen yol. Mineralleme uygulayıcıları bu tür tozların tonuna birkaç dolar ödüyor ve hektar başına birkaç ton hesabıyla tarlalarına serpiyorlar.

Toz yere indiğinde, her zaman böyle lütuf saçmıyor. Bazı toz avcıları da hastalık ve ölüm yağdıran tozları yakalıyor.

Jeolog Gene Shinn 1950'lerden beri Florida Keys adacıklarındaki mercan resiflerinin fotoğraflarını çekiyor. Bugün bir şeylerin yanlış olduğu apaçık. Süngerler hâlâ orada; sarı, mor ve turuncu çıkıntılı vazolar gibi. Parlak balık sürüleri, devasa kelebekler misali resiflerin üzerinde geziniyor. Sedef kabuklu-

lar ufalanmış mercanların oluşturduğu beyaz kumun içinde ağır ağır ilerliyor. Peki ya o uçuk renkli beyin mercanları? Birçoğu kara şerit hastalığına yakalanmış. Mor deniz yelpazelerini, resiften bir buçuk metre kadar uzağa kadar yayılan o dantelsi polip tabakalarını ise, öldürücü bir mantar sanki bir hedef tahtası gibi işaretlemiş.

USGS'de çalışan Shinn, 1970'lerin sonunda resiflerde mercan hastalığının işaretlerini görmeye başladığını söylüyor. "Sonra 1983 yazında, 1970'lerde hastalanan, iki önemli dallı mercan türü ölüp gitti; bütün Karayipler'de yüzde 90'ı ortadan kalktı," diyor Shinn pürüzlü sesiyle. "Her şeyi temizleyen bir siyah denizkestanesi türü de üç-dört ay içinde yok oldu" Leylak rengi deniz yelpazelerinde ise ortada oluşan ölü dokudan dışa doğru yayılan koyu mor renkli ülserler çıkmış.

Bugün dünyada hemen hemen bütün mercan resiflerinin hasta olduğu doğrudur. Hastalıklar ve ağarma çok yaygındır ve en çok hasar görmüş resiflere algler yerleşmektedir. Bu konuda bol bol teori üretilmektedir; bunlar arasında en rağbette olanları, kirlenme ve okyanusların ısınmasının mercanları zayıflattığı, aynı zamanda da düşmanlarını güçlendirdiği yönündedir. Bu yüzden de Florida Keys mercanları hastalandığında, Shinn ve meslektaşları mercanların insanların yarattığı kirlilik yüzünden hastalandığı varsaymışlar. İnsanların kanalizasyon atıkları, hayvan atıkları ve karada, kıyıya yakın bölgelerde üretilen tarımsal gübreler, hepsi de bir yoldan denize karışmaktadır. Bütün bu sözde besinler bir mercanın üstüne çöreklenerek çoğalan algleri besleyebilir.

Kirlilik yaratan maddeler ve iklim değişimi, mercanlara karşı verilen bu savaşta muhtemelen bir rol oynamaktadır. Alglerle beslenen denizkestanelerinin ölümü de Karayipler'deki bu sorunu ağırlaştırmaktadır. Fakat 1980'lerdeki mercan salgınlarından sonra, tozla ilgilenen iki bilim insanının yaptığı araştırmalar, Shinn'in ilgisini çekmiş. Miamili toz avcısı Joe Prospero'nun, 1970'lerde Sahel'deki kuraklığın Atlantik'e fazladan Sahra tozu

savurmaya başladığı, düşen tozların 1983'te sağanak halinde yağmaya başladığı yolundaki açıklamasını duymuş. Prospero'nun tahminlerine göre her yıl yüz milyonlarca ton toz Atlantik'i aşıyordu. Shinn bir yandan da, demir gübrelemesiyle ilgilenen bilim insanlarının okyanusa demir boşaltılmasının alglerin çoğalmasına yol açtığı konusunda söylediğine kulak vermiş. Shinn "Bu hastalık olaylarının toz akışının zirveye çıktığı yıllarda gerçekleştiğini fark ettim," diyor. "1983 de çok tozlu bir yıldı."

Shinn başta, Sahra tozunun algleri demir ve başka gıdalarla beslediğini savunmuş. Fakat artık bu teorisi değişmiş. O zamandan bu yana gelişerek, Amerika kıtalarına gidişi sırasında Sahra tozuna eşlik etmesi olası olan bütün bulaşıcı mikropları içine alan büyük bir araştırmaya dönüşmüş.

1996'da, Güney Carolina'dan bir biyolog ekibi, hastalanmış deniz yelpazelerinde *Aspergillus sydowii* denilen bir mantarın DNA'sını belirlemiş. Aynı mantarı, Virgin Adaları üzerinde uçan Sahra tozunda da bulmuşlar. Yalıtılmış deniz yelpazelerine kasıtlı olarak Sahra mantarı bulaştırmışlar ve hastalık gözlerinin önünde gelişmiş.

Dünyanın her yerindeki topraklarda çeşitli *Aspergillus* mantarları yaşar. Hem tuzun, hem de şekerin koruyucu etkilerine dayanabilecek kadar sert olan *Aspergillus* mantarını pek çok kişi, bayat reçellerin üstünde oluşan lekeler olarak tanır. Her yerde rastlansa da, tümüyle zararsız değildir. *Aspergillus*'un bir türü yaşlılarda, HIV taşıyıcılarında ve bağışıklık sistemi zayıf olanlarda ölümcül akciğer enfeksiyonlarına neden olabilir.

A.Sydowii'nin sıcaktan kavrulmuş Afrika Sahel'indeki mutlu yaşamını bırakıp Karayipler Denizi'nin altına yerleşebileceğini ileri sürmek aptalca görünebilir. Fakat mikrobiyologlara göre böyle bir uyum sağlama becerisi pek olağandır. Öyle görünüyor ki bu mantar bir deniz yelpazesine yakalandıktan sonra sağlıklı biçimde gelişmektedir. Bazı deniz yelpazeleri bu enfeksiyonu atlatabilirse de, pek çoğu ölüp gider. Shinn, mantar su altında spor üretmeyi henüz öğrenmediği için, *A.Sydowii* enfeksiyonunun bir deniz yelpazesinden diğerine geçemeyeceğini söylü-

yor. Dolayısıyla salgının sürebilmesi için Karayipler'e sürekli taze spor akışı gerekiyor.

Bazı bilim insanları, Shinn'in tozun gelişiyle ilgili açıklamasına karşı çıkıyor ve *A. Sydowii*'nin ABD'de erozyona uğrayan topraklardan da kolayca akabileceğini, Karayiplere rüzgâr yerine deniz akıntılarıyla dağılabileceğini ileri sürüyor. Shinn ise salgının gösterdiği örüntünün bu iddianın tersini işaret ettiğini söylüyor.

"Bu olaylar olduğu zaman, söz gelimi denizkestanelerinin ölümü gibi, Karayipler'in hemen her yerinde aynı anda gerçekleşiyor," diyor Shinn. Bu hastalıklar tahmin edildiği gibi okyanus akıntılarıyla bir resiften ötekine sıçrayarak yayılmıyormuş. Shinn. " "Hepsi havadan, kocaman bir buluttan yağıyor olsa, o zaman akla yatkın olur," diyor.

Üstelik deniz yelpazeleri, Karayipler'de insan yerleşiminin en az olduğu, yani ne erozyonun, ne de kirlenmenin yaşandığı adalarda bile mantarlarla mücadele ediyor. Shinn "Hastalık, hiçbir şeyin bulunmadığı, yalıtılmış adaların bile çevresini sarmış," diyor. "Haiti'nin batısındaki Navassa'da görüş mesafesi 66 metre, su billur gibi berrak. Bir tek insan bile yaşamıyor orada. Ama deniz yelpazeleri hasta."

İşin kötüsü, Sahra tozuna çeşni katan demir ve fosfor muhtemelen algler için bir nimet. Eğer algler, salyangozlar, balıklar ve denizkestanelerinin onları yediklerinden daha hızlı yayılabiliyorsa, bir mercan resifini boydan boya kaplayıp, onu boğabilirler. Algler bir resifin en gözde yerleri olan sert yüzeylerini de tekellerine alıp, yeni mercanlara kök salacakları yer bırakmayabilir.

Shinn şimdi de Sahra tozunun insanlara da saldırıp saldırmadığını merak ediyor. Karayipler'de yaşayanlar bazen, Sahra tozunun suyun üstünde bir sis oluşturup, teknelerinin ve otomobillerinin üstüne pembe pembe yağdığı zamanlarda sinüs ağrıları çektiklerini söylerler. Güney Florida'da bile doktorlar, yaklaşan bir Sahra tozu bulutunun, astım hastası olan ya da başka solunum güçlükleri çeken insanların ciğerlerine çok dokunacağı-

nın giderek farkındalar. Shinn, temkinli de olsa, son dönemdeki Sahra tozu tufanının, yine 1970'lerde tırmanmaya başlayan yüksek astım oranıyla denk düştüğüne dikkat çekiyor.

Alçakgönüllü bir gülüşle "Ben bir jeologum, bütün bunları rastlantıyla buldum," diyor. "Fakat gidip bu konuda konuşmalar yaptığımda, insanlar müthiş heyecanlanıyor. Bu konunun muazzam bir potansiyeli var. Porto Riko'da toz yağışı olduğu zaman orada bir toplantıya katılmıştım," diye devam ediyor. "Güneşe dosdoğru bakabiliyorsunuz çünkü toz bir pus oluşturuyor. Kokusunu da alabiliyorsunuz. Toprak gibi kokuyor, tozlu bir yol gibi. Tozu *hissedebiliyorsunuz*. Toz yüzünden havaalanları kapatılıyor. Sahra tozunun *Aspergillus* yüklü olduğunu biliyoruz. Fakat gerçek şu ki, şimdiye kadar hiç kimse bu tozun içinde olması gereken diğer maddelerin kültürünü hazırlamaya çalışmadı. İçinde başka neler olduğunu görmek gerekir."

Shinn, Sahra tozunu incelemeye başladığından bu yana, bir sürü ilginç öykü duyduğunu anlatıyor: Karayip Adaları'nda bir sarnıç çabucak tozla dolmuş ve bu toz hiç beklenmedik bir biçimde zehirli cıva bakımından zenginmiş; tesadüfe bakın ki bu cıva da Sahra ülkesi Cezayir'deki madenlerden çıkarılıyor. Bir başka sarnıç ise ABD'de uzun zaman önce yasaklanmış olup başka ülkelerde hâlâ kullanılmakta olan böcek ilaçları taşıyan tozlarla doluymuş. 1989'da Karayipler'deki adalara Afrika tozuyla birlikte yaklaşık üç santim uzunluğunda milyonlarca çekirge gelmiş. Toz avcısı Shinn gülerek, "Bende böyle öykülerden çok var," diyor. Ama asıl ihtiyacı olan, sağlam kanıtlar.

NASA 2000 baharında bu verilere ulaşmasında ona yardımcı olmaya karar verdi. 26 Şubat'ta bir NASA uydusu, o güne kadar görülmemiş büyüklükte, kocaman bir altın renkli Afrika tozu bulutunun fotoğrafını çekti. Toz batıya doğru, Atlantik'in üzerinde yayılıyordu. Azor Adaları'nda bir araştırmacı bu tozdan örnekler topladı ve analiz edilmesi için bunları Shinn ile meslektaşlarına gönderdi. Bu örneklerdeki cıva ve radyoaktif berilyum *7* seviyesi araştırmacıları hayrete düşürdü.

Shinn, "Berilyum *7* seviyesinin bu kadar yüksek olmasına ina-

namadık," diyor. "Bir örnekte, işyerleri için belirlenen en üst sınırın üç katı çıkmıştı. Cıva, milyonda iki ölçüydü; normalde milyarda 40-50 ölçü olur. Karayipler'de insanlar bunları soluyor! Radyoaktif parçacıklar ciğerlerine iniyor!"

Berilyum 7 atmosferde doğal olarak üretilir ve normalde orada kalır. Fakat uçan çöl tozları gökyüzünde o kadar uzun süre kalmaktadır ki, muhtemelen radyoaktif berilyumu emmekte, sonra da bunu Dünya'ya indirmektedir. Cıvanın kaynağı ise bilinmiyor. Toz bulutunda ayrıca, radonun doğal bir ürünü olan radyoaktif kurşun oranı da çok yüksekti.

Uzay kurumu, Karayipler'de büyük bir toz yakalama seferberliği başlatmaya karar verdi. NASA tozun mercan resiflerine ne yaptığını bilmek istiyor. Fakat aynı zamanda, tozun adalarda ve ABD'nin güneydoğusunda yaşayan milyonlarca insanı nasıl etkilediğini de öğrenmek istiyor. Sonunda toz avcıları, Sahra tozuyla birlikte Dünya'ya inen yaşam biçimlerinin ve kimyasalların sayımını yapabilecek.

Bir mikrobiyolog çoktan bu sayımı yapmaya başlamış. Güney Carolina Üniversitesi'nde araştırmacı olan Garriet Smith, *A. Sydowii*'nin deniz yelpazelerinin düşmanı olduğunu ortaya çıkaran kişi. Bu deniz biyologu şimdi de sağlık konusunda aldığı federal fonlarla, başka öldürücü maddeler bulabilmek için Karayipler'de yakalanmış Sahra tozunu inceliyor.

Uzun, kır saçlarını atkuyruğu bağlamış olan ve yumuşak bir sesle konuşan Smith, "Önce mantarları incelememizi istiyorlar," diyor. "Çünkü mantarlar potansiyel bir kamu sağlığı tehdidi oluşturuyor." Mantarlar insanlar açısından bir tehdit, çünkü birçok ilaca bağışıklıkları var. Sağlıklı bir vücut genellikle mantarlarla başarıyla mücadele eder. Fakat bu yayılmacı tozlar bir kere kendilerine yer yaptıktan sonra, onları oradan söküp atmak çok zordur. Bağışıklık sistemleri zayıflamış insanlar için mantar enfeksiyonları genellikle ölümcüldür.

Sahra tozunda da bol miktarda mantar bulunuyor. Smith mantar sporlarını tozdan ayrıştırıp bunları bir mantar besini çanağının üstüne yerleştirdiğinde, hemen canlanıyorlar. Yapı-

lan çok genel bir DNA araştırması, toprak mantarlarında zengin bir çeşitlilik olduğunu gösterdi; bu mantarlar arasında zatürreye benzer bir hastalığa sebep olan *blastomycete* de bulunuyor.

Tozdaki bakteriler Smith'in ikinci önceliği olacak. Smith "Bunların da pek çok çeşidi var," diyor ama henüz tek tek bunları tanımlama fırsatı bulamamış. Göklerden bulaşıcı hastalık taşıyıcılarının yağıyor olması fikri o kadar yeni ki, henüz bu konu üzerinde çok az insan çalışıyor.

Smith yumuşak bir gülüşle, "Bir şey bulduğumuz zaman o kadar eğlenceli oluyor ki," diyor. "Çünkü her şey *yeni*. Hiç kimse daha önce *bakmamış*." Ne var ki NASA'nın araştırması hız kazandıkça, daha fazla sayıda insan bu alana bakmaya başlamış. Gene Shinn 2001 baharında ekibinin tozda 139 bakteri ve mantar bulduğunu, bunlardan 14'ünün buğday, fasulye, karaağaç filizi ve şeftali ağacı gibi bitkilere saldırdığını bildirmiş.

Bazı toz avcıları açısından, yağan mikroorganizmaların yarattığı tehdit, yeni ve korkutucu bir tehdittir. Çiftçiler içinse *eski* ve korkutucu bir tehdit. Çöl tozunun tersine, küf tozları yeni bir kurbanın üzerine yerleşme amacıyla kasıtlı olarak rüzgâra kapılır. Bu amaçlarında başarılı olanlar, ABD'de önemli tarım ürünlerinin uğradığı ve her yıl çiftçilere milyarlarca dolara mal olan zararın dörtte üçünden sorumludur.

"Maviküf" bu tür tozlardan biridir. Tütün yetiştiricileri genellikle, bu tehdidi önlemek için haftada bir kez ürünlerini ilaçlar; bu yüzdendir ki tütün Dünya'da kimyasalların en yoğun olduğu ürünlerden biridir. Charles Main, bu tozun nereye, ne zaman konacağı konusunda tahminler geliştirerek, maviküfün gizemini biraz ortadan kaldırmayı ve ilaçlama gereğini azaltmayı umuyor. Tütün ekim alanlarının göbeğinde yer alan Kuzey Carolina Eyalet Üniversitesi'nde yarı emekli olmuş bir bitki patologu olan Main, mantar sporlarının yağışını o kadar uzun zamandır izliyor ki, artık hava durumu tahmini yapar gibi mantar sporu yağışına dair tahminlerde bulunabiliyor.

"Meteoroloji ve biyolojiyi bir araya getiriyoruz," diyor. "İnsanlara 48 saat öncesinden haber verebiliyoruz artık."

Main ve başka küf gözlemcileri oluşturdukları bir iletişim ağıyla, Küba, Orta Amerika, Kanada ve ABD'de, maviküf hastalığının nerelerde baş gösterdiğini belirliyorlar. Bundan sonra hava durumu tahmininde yararlanılan bilgisayarları kullanarak maviküfün bir dahaki sefere nereye yağacağını tahmin ediyor. Bir bahar günü Main, ABD topraklarına o yılın ilk küf girişini tespit ettiğini bildirdi. Her zaman olduğu gibi mantar önce Küba tütününün tadına bakmış, oradan kuzeye sıçramıştı. "Cuma günü Küba'dan esen rüzgârların küfü Meksika'ya doğru taşıdığını gördük," diyordu Main. "Ama cumartesi günü rüzgâr döndü ve Güney Florida'ya doğru esmeye başladı." Bahar rüzgârları normal yollarını izlemiş olsaydı, küf kuzeye doğru atlaya atlaya Kanada'ya kadar ilerleyecekti. Main de tahminlerini hem hava durumuna, hem de küfün hava durumuna gösterdiği tepkiye dayandırarak bir adım önde olacaktı.

Main "Bu tür sporlar çok uçucu," diyor. "Doğrudan gün ışığının altında yarım saat dayanamazlar. Sporlar Küba'dan yola çıktıklarında, yolda fırtına olursa, yağmurla birlikte aşağı dökülecekler dir. Parlak güneş ışığı olursa, Florida'ya varıncaya dek çoğu ölmüş olur. Ama hava bulutluysa ya da sisliyse hayatta kalırlar. Bu yüzden de izleyeceklerini tahmin ettiğimiz yol boyunca hava durumunun nasıl olacağına bakıyoruz."

Hava yolculuğunun tehlikeleri çok fazla sporu öldürdüğü için, bütün küfler bu ihtimali yenecek kadar çok sayıda spor üretmek zorundadır. Bulaşmış tarlaların bazıları, çevrelerindeki havanın yaklaşık bir metreküpüne bir milyar mantar sporu bırakabilir. Gökyüzünde akan mantar ırmakları sürekli gezegeni boydan boya geçmekte ve genellikle yolculuklarını tahmin edilebilir zamanlarda yapmaktadır. Yolcuların birçoğu uçuş sırasında ölür. Birçoğu, sevdikleri bitkilerden millerce uzakta, anlamsız yerlere düşecektir. Ama pek çoğu da, salgının yayılmasına imkân sağlamaya en uygun konumlara inecektir.

"Paslar", Vikinglere çok benzeyen küf topluluklarından biridir. Tahıllardan elma ve kahve ağaçlarına dek her şeye saldıran pas mantarları dünyanın en kötü bitki hastalıklarından bazılarına yol açar. Ayrıca büyük gezginlerdir. 1996'da bir kahve pası Afrika'nın Atlantik kıyısında bulunan Angola'yı kasıp kavurdu. Sonra bir hafta içinde Atlantik'i geçti ve Brezilya'daki kahve ağaçlarını mahvetti. Buğday pasları içinse Meksika'dan çıkıp yüzlerce kilometre uzakta ABD'nin kuzeyindeki tarlalara inmek son derece kolay bir iştir.

Çiftçilerin, yaklaşan bir tehdide karşı kendilerini uyaracak bir tahmin raporu almaya ne kadar istekli olduğu Main'in web sitesinden belli; Main burada maviküfle ilgili tahminlerini haftada üç kez güncelliyor. Site yılda en az 250.000 kez ziyaret ediliyor; çünkü Orta ve Kuzey Amerika'daki tütün ekicileri zararlılara karşı ilaç kullanmadan önce toz tahminlerini kontrol etmek istiyorlar.

Main ise maviküfle ilgili tahminlerle yetinmiyor. Polen tahminleri hazırlayabilmek için Ohio'lu aerobiyolog Estelle Levetin'le birlikte çalışıyor. Main, bu uçucu alejenlerin yollarını tahmin etmenin, tütün hastalığını tahmin etmek kadar başarılı olmasını bekliyor. "Alerjenler yakalanıp sayılana kadar, hastalar çoktan hapşırmaya başlamış oluyor. Koruyucu önlemler alınmasına yetecek kadar önceden haber verebileceğimizi düşünüyoruz," diyor Main. Toz tahminleri artık bir gerçeklik olmaya başlıyor.

♦♦♦

Önceden tahminde bulunmak, yere inen tozu daha iyi kavramanın yollarından biri. Fakat "sonradan tahminde bulunmak" da yararlı olabilir. Bazı toz avcıları yere inen tozları, başka yerlerde hangi tehlikeli tozların *yükselmekte* olduğunu gösterecek bir işaret olarak kullanıyor. Rutgers Üniversitesi'nde çevre bilim kimyageri olan Steven Eisenreich, New Jersey'nin havasını filtreleyerek temizleyen bir toz detektörleri şebekesinin denetiminden sorumlu. Yakaladıkları kirletici maddelere bakarak rüzgârın

ne zaman güneyden eseceğini söyleyebiliyor: Çünkü o zaman rüzgâr New Jersey'e klordan denilen beyaz karınca ilacı taşıyormuş. Rüzgâr kuzeyden estiğinde ise hava temizleniyormuş.

Eisenreich'ın tuzağa düşürdüğü "inatçı organik kirleticilerin" birçoğu gaz halindedir. Bu gazlar yağmurla yere inebilir ya da havadaki başka parçacıkların üzerinde yoğuşabilirler, fakat genellikle gaz biçiminde dolaşırlar.

Poliklorine bifenilleri (PCB) ele alalım. Bu zehirli kimyasallar ailesi, hayvansal yağda toplanır ve yavaş yavaş besin zincirinde yukarı tırmanır. Eisenreich'ın anlattığına göre poliklorine bifenil ailesinin pek çok bireyi, Hudson Nehri sularına gaz olarak girmekte ve bu karmaşık yapılı moleküllerin her biri hava ile su arasındaki çizgiyi tek tek geçmektedir. Fakat bu ailede yer alan daha büyük moleküller havada topluca, bir parçacık halinde yol alabilir. Uçan bütün parçacıklar gibi, bunların da sonunda Dünya'ya dönmesi gerekir. Çoğu onlarca yıl önce elektrikli cihazlarından sızmış olan PCB'ler çevrede o kadar uzun süre varlığını sürdürür ki, hâlâ en eski poliklorine bifeniller sahnededir: Bir parçacık yerden havalanır, etrafta uçar, sonra başka bir yere konar. Bir gün, ya da bir yıl sonra tekrar havalanır ve bu kez başka bir yere konar.

Eisenrich "Geçen elli yıl içinde havaya saldığımız PCB'ler şimdi nerede?" diye soruyor. "Kuzey Amerika'nın, Avrupa'nın ve Kuzey Kutbu'nun topraklarında ve oralardaki bitkilerdeler, Atlantik'in sularındalar. Bilmediğimiz şey şu; topraklar daha ne kadar süreyle havaya PCB saçmayı sürdürecek?" Eisenreich aslında PCB'lerin havada uçmasını istiyor, çünkü öyle görünüyor ki atmosfer, doğal kimyanın onları parçalayıp daha küçük ve daha zararsız moleküller haline getirmesi için en iyi yer. Fakat her uçuşta sadece birkaç molekül parçalanıyor. Ve herhangi bir anda, dünyadaki PCB'nin ancak yüzde birlik bölümünden birkaç tanesi atmosferde bulunuyor.

Poliklorine bifeniller Dünya ile gökyüzü arasında dolaşıp duran sanayi kimyasalı ailelerinden sadece bir tanesi. ABD kurşunlu benzini yıllar önce yasakladı, fakat kurşun hâlâ yol kenar-

larındaki topraklarda birikmiş halde bulunuyor. Rüzgâr her davet ettiğinde, özgürce dolaşmaya çıkabilir. Cıva ve dioksinler, arsenik ve DDT de hiç yorulmadan dolaşıyor ve sürekli yere yağıyorlar. Bu zehirli maddeler yere indikten sonra toprakta bir dinlenme dönemi mi geçirecek, yoksa tekrar havaya mı karışacaklar ya da başka yollar bulup besin zincirine mi girecekler, artık orası şansa kalmış bir şey.

Zehirli tozların Dünya'nın yüzeyine ne kadar yoğun yağdığını gösteren en iyi tabloyu, Eisenreich'ın kurduğu ve on yılı aşkın bir süredir Büyük Göller civarında toz yakalamakta olan ilk izleme ağı sunuyor. Bu ağ, 1994'te yaklaşık 180 kilogram PCB'nin yağmur ve kuru parçacık biçiminde Huron Gölü'ne yağdığını göstermişti. 1994'te göle, çoğu gaz, ama küçük bir kısmı toz biçiminde, yüz tondan fazla cıva düşmüştü.

Bu zehirli kimyasallar, bir ülkeden kalkıp zararlı etkilerini başka bir ülkenin üzerine yağdırabildiklerinden, kirliliği azaltmaya yönelik uluslararası anlaşmaları teşvik edici bir rol oynuyorlar. Bir ülke balıklarını, ayılarını, kurbağalarını ve insanlarını zehirli toz yağmurlarından korumak istiyorsa, o ülke zehirli tozların dünyanın neresinde olursa olsun, yükselmesini engellemenin bir yolunu bulmalıdır.

Son olarak, ne karaya, ne de denize konmayıp, doğruca ciğerlerimize yerleşen zerreleri tanımlamaya çalışan toz avcıları vardır. Her gün burnumuzdan ve ağzımızdan içeri en az bir buçuk milyar toz parçası girer; tabii eğer özellikle çok temiz bir hava soluyorsak. Çoğu insan, bu sayının kaç kat fazlasını solur.

İnsan vücudu toza yabancı değildir elbette. İnsan soyu çöllerde ve mağaralarda, polenlerin bol olduğu savanalarda, nemli ve küflü ormanlarda gelişmiştir. Burnumuz ve boğazımız, doğal tozların birçoğunu, ciğerlerimize inmeden durduracak biçimde evrimleşmiştir. Bu yüzden çöl tozlarının ve polen tanelerinin çoğu, boğazımızdan aşağı inemez. İnsan vücudu, hayran olunacak derecede toz geçirmez özelliktedir.

Fakat, çevremize inen toz geçen yüzyılda değişmiştir. Sanayi çağının tozları genellikle doğal toz zerrelerinden çok çok daha küçüktür. Başımızın ve göğsümüzün içinde bekçilik yapan yapışkan tuzakları aşabilirler. Akciğerlerimizin en küçük dalına kadar inip oraya yerleşebilirler. Dünyanın her yerinde, kavraması oldukça zor sayıda insan -Çin'de her yıl bir milyon, ABD'de ise 60.000 kişi- hava kirliliği yüzünden ölmektedir; Morton Lippman, bütün meslek yaşamı boyunca tozun öldürücü izinin peşinden gitmiştir. Kahverengi pantolonunun bacağına vurup yükselen küçük toz bulutunu izliyor. New York aksanıyla, "Tozla geçen 45 yıl," diyor. Sanki dünyadan bezmiş bir havası var ama, yine de masasının üzerinde coşkulu renklerle süslü, amatör bir gül tablosu asılı. Lippmann bir epidemiyolog. Hastalık örüntülerini inceliyor. Özellikle hava kirliliğinin arttığı ve ardından hastanelerle, morgların *dolduğu* vakaları araştırıyor.

Toz ile ölüm arasında bir bağ kurabilmek için bir epidemiyolog, genellikle bir kentin tozundaki günlük artış ve düşüşleri kaydeder: belki bir gün bir metreküp havada 40 mikrogram toz vardır. Ertesi gün 50 mikrogram. Bir sonraki gün 35 mikrogram olabilir. Epidemiyolog, aynı sürede o kentteki ölüm oranını da her gün kaydeder. Toz seviyesindeki oynamayı gösteren bir grafiği, ölüm oranlarındaki iniş çıkışları gösteren grafikle karşılaştırdığında, ikisindeki yükselme ve alçalmanın birbiriyle örtüştüğünü görecektir.

Lippmann, daha açık bir deyişle, "Belli ki, hava kirliliği insanları öldürüyor," diyor. "Ve galiba, parçacıklar bunun en iyi göstergesi." Epidemiyologların verdiği, özellikle kaygı yaratan bir mesaj, sağlık üzerinde *sıfır* etki yaratacak kadar küçük bir toz düzeyini henüz tespit etmemiş olmaları. Bu konuda düzenlemeler yapan yetkili kurumlar, en son toz sınırını nerede belirlerlerse belirlesinler, yine ölen insanlar olacaktır.

Epidemiyologlar, ne kadar daha fazla tozun, ne ölçüde çok fazla ölüme yol açacağına ilişkin tahminlerinde, insanı korkutacak kadar kesin olabiliyorlar. Bu çalışmalar genellikle toz seviyesinin metreküp başına 10 mikrogram arttığı her seferde, ör-

neğin 40 mikrogramdan 50'ye çıkması halinde, ölüm oranının yüzde 0,5 ya da yüzde 1 arttığı sonucunu gösteriyor. Lippmann, "Riskin küçük artışlar gösterdiği durumlardan söz ediyoruz," diyor. "Küçük ama, kentlerde de milyonlarca insan yaşıyor."

Epidemiyologlar işlerinde o kadar ilerlemişler ki, bu insanların ölüm nedenlerini bile söyleyebiliyorlar. Akciğerlerin tıkanması en olağan ölüm nedenlerinden. Ölümcül solunum yolu enfeksiyonları artıyor. Tuhaftır ki, toz seviyesi yükseldiğinde kalbin vücüdun ihtiyacını karşılayacak kadar kan pompalayamamasının yol açtığı kalp yetmezliği, kalp ritmi bozukluğu, koroner damar rahatsızlıkları da daha fazla ölüme yol açıyor. Toz yoğunlaştığında, bu kalp hastalıklarının, akciğer hastalıklarından daha fazla insanın ölümüne yol açtığı durumlar vardır.

Bu ölüm sayıları, tozun insanlara taşıdığı daha geniş kapsamlı hastalıkları hesaba katmıyor. Bir araştırma, havada 10 mikrogramlık toz artışının, bronşit ve kronik öksürük nöbetlerinde yüzde 10 ilâ 25'lik bir yükselmeye neden olduğu sonucunu ortaya koymuştur. Bir başka araştırmada, havada 10 mikrogram daha fazla tozun, astım nöbetlerinde yüzde 1 ilâ 12 düzeyinde bir artış yaratacağı bulunmuştur. Bir üçüncü araştırma ise, ABD'nin en kirli şehirlerinde yaşayanların akciğerlerinin kapasitesinde, daha temiz şehirlerde yaşayanlara kıyasla yüzde 15'lik bir düşüş meydana gelebileceğini göstermiştir.

Lippmann, tozdan en fazla etkilenenlerin, 65 yaş üstündekiler ile çocuklar olduğunu söylüyor. Çocuklar, vücut ağırlıklarıyla oranlandığında, yetişkinlerden daha fazla hava soluyor, bu yüzden de daha fazla toz alıyor. Çocukların gelişmekte olan vücutları, tozun içindeki zehirli kimyasalların üstesinden gelmede yetişkinlerden daha başarısız. Epidemiyologlar, aşırı tozlu havayı çocuklardaki astım nöbetleriyle, hatta ani bebek ölümü sendromuyla ilişkilendiriyor. Tozlu hava ile bebeklerin doğum ağırlıklarının düşük olması arasında da bir ilişki bulunuyor ki, bu durum, çocukluk yaşlarının sorunlu geçeceğinin bir habercisi oluyor.

"Partikülat madde aslında uzun ömürlülükle bağlantılıdır," diyor Lippmann. "Ayıca belli ki SIDS denilen ani bebek ölümü

sendromuyla da ilişkili. Bütün değişkenleri bilmesek bile, parçacıkların kontrolü konusunu araştırmak için kaynak ayırmaya değer diye düşünüyoruz."

Böylece Lippmann, tozla ilgili daha sıkı yasaların kabul edilmesi için bilimsel destek toplamaya çalışan toz avcılarının giderek büyüyen ordusuna katılmış. Çalıştığı kurum, Manhattan'ın 145 kilometre kuzeyindeki New York Üniversitesi Tıp Fakültesi'nin fazla göze batmayan bir birimi ve sırf bu amaç için ABD'nin çevre koruma kurumu EPA'dan milyonlarca dolarlık bağış alan az sayıda okul arasında yer alıyor.

EPA 1987'de havadaki tozlar için sağlık nedenleriyle sınırlamalar getirdiğinde, kaygısı "PM-10"du, yani çapı 10 mikron ya da daha küçük olan partikülat madde. Kılın onda biri genişliğindeki bu parçacıkların akciğerlere girebilecek kadar küçük olduğu düşünülüyordu. Fakat bilim insanları kısa süre sonra en büyük tehdidin *daha da küçük* parçacıklarca oluşturulduğunu tartışmaya başladı. Harvard Üniversitesi'nde yapılan ve bir dönüm noktası oluşturan bir araştırmada ABD'de her yıl on binlerce insanın çok ince tozlar yüzünden öldüğü tahmin edilmişti. İşin kötüsü, ABD'nin birçok yerinde *daha büyük* tozlar için konulmuş standart bile tutturulamıyordu. 1999'da büyük şehirlerde ve kurak eyaletlerde 30 milyon kişi hâlâ tozluluk konusunda ilk benimsenen PM-10 sınırını aşan hava soluyorlardı.

1997'de EPA, çapı 2,5 mikrondan küçük olan tozları, yani PM-2,5'e yönelik yeni bir kural getirdi. EPA küçük tozlar için izin verilen toplam miktarın sınırını, bir metreküp başına yaklaşık 15 gramın beş milyonda birinden, bunun yarısına indirdi.

Sanayileşmiş orta batı eyaletlerinden bir protesto patlaması yükseldi, bu itirazlara karayolu nakliyatçı örgütleri de katıldı. Nakliyatçıların dizel yakıt kullanan araçları, kentlerin havasını bulanıklaştıran minik tozların yüzde 30 kadarını salmaktadır. EPA kendini, tozun ölüme neden olduğuna ilişkin açık bir kanıt bulunmaksızın denetleyici kurallar getirmekle suçlandığı bir davanın içinde buldu. Ardından federal bir mahkeme yeni toz stan-

dardını iptal edince, EPA yetkin toz avcıları aramaya koyuldu ve onlardan kanıt bulmalarını istedi.

Salonda Lippmann'ın karşısında, toz yakalama işindeki ortağı Richard Schlesinger oturuyor. Schlesinger uzun boylu, son derece düzenli bir adam; ütülü yün bir pantolon ve pırıl pırıl siyah ayakkabılar giymiş. Tertipli bürosundaki perdeler kapalı. Tebessümü bile hızlı ve etkin. Schlesinger bir toksikolog; toksik kimyasalların canlılar üzerindeki etkilerini inceliyor.

Alaycı bir gülüşle, "Partikülat maddenin insanları öldürdüğü epidemiyolojik olarak gösterilmiştir," diyor. "Fakat biyolojik olarak mantıklı bir yoldan bunun neden böyle olduğunu açıklamak için elde gerçekten de çok az veri var," diyor. Bıyığının altından küçük, kesik bir nefes veriyor: "Biyolojik açıklama *gerçekten* hiç de anlaşılır değildir."

"Oysa tersine, vücudumuzun bir toz saldırısından hiç etkilenmemesini gerektirecek birçok neden vardır", diye ekliyor. İlk savunma hattımız tüylü, yapışkan burun deliklerimizdir. Burnumuza giren toz, mendilimize sümkürene dek orada takılıp kalabilir. Bu akıbetten kurtulacak bir toz parçası, kısa sürede kendini burun kanallarının içinde, yine yapışkan bir dokuyla kaplı ince ve sarmal biçimli kemiklerin arasında bulacaktır. Hava bu labirentten geçebilir, fakat büyük tozların ivmesi onların kanalların duvarlarına çarpmasına yol açacaktır. Burnu geçtikten sonra gırtlağın girişi ayrı bir engel oluşturur. Burada sıkışan toz sürekli bir mukoza akışıyla boğazımızdan aşağı, midemize iner.

Fakat yaklaşık 5 mikrondan küçük yani bir kılın genişliğinin 20'de biri kadar tozlar havayla birlikte bu ilk kapanları aşabilir. Şansımız var ki, bundan sonra yeni bir dizi engel bulunmaktadır. Hava doğruca nefes borumuzdan aşağı yol alırken içindeki tozlar mukozayla kaplı duvarlara yapışabilir. Böyle olmasa bile, akciğerlerimizdeki bronş kanallarının dallara ayrıldığı her yerde, tozun köşeyi dönemeyip yapışkan bir duvara çarpması mümkündür. Bir ya da iki gün içinde, bu kanalları kaplayan akıcı mukoza yakaladığı bu tozları boğazımıza taşıyacak, oradan da mi-

demize gönderecektir. Vücudun eskiden beri kullandığı savunma sistemi budur.

Schlesinger, bu sistemin garantili olmadığını söylüyor. Örneğin ağzımızdan nefes aldığımızda hava, burnumuzdaki filtrelerden geçmez ve ciğerlerimize daha fazla toz çekmiş oluruz. Üstelik bazı tozların, kendilerini dışarı atan mukozanın hızını yavaşlatmayı başardıkları da biliniyor Mukoza normalde, dakikada 2,5 santimin küçük bir bölümü kadar yükselir; yükselme oranı bireyden bireye farklılık göstermektedir. Ancak bazı tozlar ki, -bunlar arasında tütün dumanı da bulunmaktadır- mukoza mekanizmasını sabote ederler. Bu da, yakalanmış tozların solunum sistemi dokularımızla tepkimeye girmeleri için daha fazla zaman sağlar.

İnsan vücudunun toza karşı işleyen sistemi, motorların yakıt yakmasından çıkan ince tozlara karşı da hassastır. Bu gerçekten çok ince tozlar, bütün tuzakları dosdoğru aşar, havayla birlikte yapışkan duvarları da geçer ve alveollere, yani akciğerdeki minik hava keseciklerine girer. Schlesinger, bazı tozların bu küçücük balonların içinde yıllarca kalabileceğini söylüyor. Peki, toz burada ne yapar, işte bu EPA'nın cevaplamayı umduğu 50 milyon dolarlık araştırma sorusudur.

Görevi, zanlı listesini daraltmak olan Schlesinger, "Standardı sadece epidemiyolojiye dayanarak belirleyebiliriz," diyor. "Fakat bu, kirlilik kontrolü stratejileri açısından gereksiz bir masraf yaratabilir. Onun yerine, havada *neyin* böyle bir etki doğurduğunu anlamaya çalışalım. Söz gelimi, tozdaki belli bir kimyasalın sorun yarattığını bilirsek, o zaman muhtemelen tozun *tümü*yerine, o kimyasalla ilgili kurallar getirebiliriz."

Toksikologlar şu sıralar tamamen şaşırmış durumdalar. Sanayi ve otomotiv tozlarında binlerce bileşen var. Belki hepsi de sorun yaratıyor. Belki de sadece ikisi sorun yaratıyor. Belki tozla beraber bulunan ozon gazı sorunun bir parçası. Ve bu sefer de *hangi* sorun diye sormamız gerekiyor. Belki de bir toz astım nöbetine, bir diğeri bronşite, bir başkası ise kalp sorunlarına yol açıyor.

Schlesinger, kafasını hayretle yana eğerek "Kalp-damar hastalıkları, kalp krizi, inme, bunun gibi hastalıklar... Nasıl olur da düşük seviyeli tozlar soluduğumnuz için kalp krizi geçiririz? *Ciğerlerimize* inen bir parçacık nasıl böyle bir duruma yol açabilir?

Araştırmacılar tamamen de teoriden yoksun değiller. Bunların bazıları tozun "çeşnisini" ele alıyor. Örneğin metal bakımından zengin tozlar, sık sık şüphe çeker. Schlesinger, fosil yakıt yakmanın, bakır, nikel, demir ve vanadyum gibi, kimyasal tepkime yapan metalleri serbest bıraktığını söylüyor. Belki bunlar akciğerlerin dokusuyla tepkimeye giriyor. Çözünmüş sülfür ve azot damlaları gibi asidik parçacıklar, sık sık karşılaşılan başka zanlılardır. Onlar da doğal olarak kimyasal tepkimeye yatkındır.

Dizel kurumu uzunca bir süredir tehlikeli tozlar listesinde yer alıyor. Federal hükümet, dizel tozunu kansere yol açması "son derece olası" tozlar arasında sınıflandırıyor. California'daki bir hava kirlilik kurumu daha da ileri giderek, Los Angeles bölgesinde açık havayı kirleten maddelerin yarattığı toplam kanser riskinin yaklaşık üçte ikisinden dizel kurumunun sorumlu olduğu tahmininde bulunuyor. Petrol rafinerileri, otomobil tamirhaneleri ve otomobillerin egzos borularından çıkanlar gibi diğer dumanların da ölümcül olduğundan kuvvetle şüpheleniliyor.

Fakat bazı bilim insanları da, tozun *büyüklüğünün* kritik etken olabileceğini düşünüyor. Ne de olsa, toz ne kadar küçük olursa, ciğerlerde o kadar derine inip orada o kadar uzun süre kalabilir. Çok başarılı bir epidemiyoloji araştırmasında, ABD kentlerinde ölüm ile toz arasındaki ilişki inceleniyor. Şehirlerin her birindeki toz çeşnisinin karışımı farklı olsa da, ölüm oranlarının bu farklılıkları neredeyse hiç dikkate almadığı gözleniyor. "Ölüm grafiğine" en iyi uyan "toz grafiği" havadaki ince parçacıkların toplam sayısını veren grafik oluyor: ince tozların yoğunluğu arttıkça ölüm sayısı da artıyor; araştırmanın basit mesajı bu.

Schlesinger önündeki güçlüğü, "Her türden ve her boyutta farklı kimyasal var" diye özetliyor. "Farklı gazlarla bir araya geliyorlar. İnsan kaynaklı gazlardan tutun, doğal kaynaklılara ka-

dar." Kaşlarını kaldırıyor, parmaklarını masaya vuruyor. Her şeye rağmen Schlesinger ve diğer toksikologlar ilerleme sağlıyorlar.

Deneyler yapan değişik araştırmacılar, insanları kısa süreli olarak her türlü tuhaf tozu solumaya ikna etmiştir. Gönüllü katılımcılara, demir oksit, manganez oksit, dizel egzozu ve sülfürik asit damlaları vermişlerdir. Havanın akciğerlerde ilerlediği yolu izleyebilmek için teflon tozu, radyoaktif izler bırakan alüminosilikat tozları ve mikroskobik polistiren parçacıkları dâhil olmak üzere daha ağır parçacıklar da sunmuşlardır.

Fakat hayvanlarla yapılan çalışmalar, insan ölümünü tetiklemesi muhtemel etkenleri daha açık bir biçimde göstermektedir. Hayvanları belli toz çeşnilerine maruz bırakmak, belli hastalıkları ortaya çıkarmıştır. Örneğin süper ince karbon tozları kanın yapısını, inme riskini artıracak şekilde değiştirir. Dizel kurumu da, hem trombositlerin sayısını hem de beyaz kan hücrelerinin sayısını değiştirerek, kanın yapısında farklılık yaratır. Petrol yakan motorların egzoz dumanı aritmiye, yani kalbin düzensiz atmasına neden olur. Metal tozları akciğerlerde, şişmeye neden olan biyolojik tepkimelere yol açar. Hayvanları "sokaktan gelen" kirli havaya maruz bırakmak, tozun kurbanlarını alt edebileceği çok çeşitli biçimler ortaya koyuyordu. Çeşitlilik gösteren bir grup olarak, bu karışık tozlar kanın kimyasını değiştirirler. Kalp atışlarının hızını değiştirirler. Ciğerlerde bulunan savunmaya yönelik kimyasalların karışımını değiştirirler.

Ve bilim adamları hem insanlarda, hem de hayvanlarda çok çeşitli tozların, bunları ciğerden atmayı sağlayan mukoza merdivenine hasar verdiğini ortaya çıkarmıştır. Tütün dumanı bunlardan biridir. Fakat İngiliz marangozlar arasında yapılan bir araştırma, muhtemelen yıllarca ağaç tozuna maruz kaldıkları için onların da merdiven sistemlerinin çok ağırlaştığını ortaya koymuştur. Kirli havada çok sık rastlanan parçacıklardan biri olan sülfürik asit damlaları da mukoza merdivenini değiştirip bozar. İlk önce sülfür mukozayı daha hızlı hareket etmeye ve böylece akci-

ğerleri daha hızlı bir biçimde temizlemeye iter. Ama zaman içinde etkisi tersine döner ve sülfür, kendisinin dışarı atılmasını sağlayacak aracı etkisiz hale getirir.

Bu tür buluşlar, tozun insanları öldürebileceği değişik yolları akla getirmektedir. Vücudun saldırıya uğradığında verdiği standart cevaplar olan basit kaşıntılar ve şişlikler, zayıflamış ciğerleri oksijen emmeleri için yeteneklerinin ötesinde zorlayabilir. Kalple ilgili ölümler bu yetersizliğin bir uzantısı olabilir: zayıflamış bir kalp, kana ihtiyaç duyan organlara oksijenden yoksun kanı pompalamaya çalışırken kendi kendini öldürebilir.

Toz avcılarının arayışı giderek daha büyük bir aciliyet kazanıyor. Toz insan vücutlarının içine yerleşmeyi sürdürüyor ve bu toz, ABD'de her yıl 60.000 kez bir hayatı sona erdiriyor.

Toz avcıları, uzun bir süreç olan, düşen tozları sınıflandırma işinin daha başındalar. Her yıl çevremize inen sayılamayacak tonlarla küçük şeyden kiminin gübre olarak düştüğünü, bazılarının ise minik ölüm ve hastalık taşıyıcılar olarak yağdığını gösteriyorlar. Bu parçacıkların birçoğu bu konudaki bilinçlenmemiz açısından o kadar yeni ki, nasıl bir etkileri olabileceğine dair hiçbir fikrimiz yok.

Belki yakında, Asya'dan ya da Afrika'dan çöl tozları geldiğinde saklanıp korunmamız gerektiğini fark edeceğiz. Çok değil, kısa süre önce bilim insanları çöl tozu ve topraktan kalkan tozları sadece rahatsızlık yaratıcı etkenler diye niteleyerek göz ardı ediyorlardı çünkü bunları bize zarar veremeyecek kadar büyük ve basit parçacıklar olarak görüyorlardı. Fakat Afrika'dan rekor büyüklükte toz fırtınaları kalkarken, Karayipler'deki toz avcıları bu tozun son derece ince olduğunu, ayrıca hiç de zararsız sayılamayacak başka maddeleri de taşıdıklarını ortaya çıkarıyorlar. Zehirli sanayi tozlarına gelince, bunların yere inmesinin çevrede yaşayan hayvanlar, bitkiler ve insanlar açısından sorunlara yol açabileceğini uzun süredir biliyorduk. Fakat şehrimizin göğünden karanlık bir toz bulutunun geçip gittiğini gördüğümüzde, zararsızca kaybolup gittiğini sanıyorduk.

Toz avcıları artık yaşadığımız yerin tozu geçip giderken, arkadan başka birinin tozunun geldiğini fark ediyorlar. Her gün, bütün gün boyunca tozlar temelli kalmak üzere yaşadığımız yerlere gelmekte.

9. Bölüm

Çevrede Dolaşan Bazı Tatsız Tipler

Türkiye'de bir kaya evde, sekiz kadın halka olmuşlar, yerde oturuyorlar. Önlerindeki hamur tahtalarının üstünde, ekmek hamurundan geniş, kâğıt inceliğinde yuvarlak yufkalar açıyorlar. Bunları bir sacın başında eğilmiş duran yaşlıca bir kadına uzatıyorlar. Sac, kaya evin zeminindeki bir çukurda yanan ateşin üzerine yerleştirilmiş: yaşlı kadın ateşe sürekli kurumuş asma dalları ve ot atıyor. Her yufka, kısa bir süre sacın üstünde kalıyor, ardından giderek yükselen bir yığının üstüne yerleştiriliyor. Gelecek kış boyunca, orta yaşlı, kara gözlü bir hanım olan ev sahibi ve ailesi bu yufkaları yiyecekler. Kadınlar çalışırken konuşup gülüşüyorlar. Öğle olunca birkaç tane taze yufkaya sahanda çırpılmış yumurta, peynir ve kokulu otlar koyup dürüyorlar. Dürümleri ve küçük, bereli elmaları, bir yanı sonbahar güneşine ve esintisine açılan kaya evin içinde birbirlerine veriyorlar.

Solmuş basma giysileri ve başörtüleri una bulanmış. Ateşten yükselen ince duman önce kaya evin içini bir dolandıktan sonra rüzgâra karışıyor. Un da, duman da solunduğunda zararlı tozlar, ancak kaya evin kalın duvarlarında belki de daha öldürücü parçacıklar bulunabilir.

30 milyon yıl önce Türkiye'nin orta bölgelerindeki yanardağlar muazzam bir kül tabakası püskürttü. Kül yere indiğinde, kaşıkla kazınabilecek kadar yumuşak, soluk pembe ve açık kahverengi kayaya dönüştü. Milyonlarca yıl boyunca rüzgâr ve su, külü yontup tuhaf biçimlere soktu, 15 ilâ 30 metre yüksekliğinde kayadan koniler oluşturdu. Uzaktan bakınca bu koni topluluğu, burunları göğe yükselmiş, bej renkli uzay gemisi kümelerine benzer. Ama yakından bakıldığında içlerine oyulmuş küçük pencereler ve kolay kolay fark edilmeyen kapılar görülür. Bazıları eskidikleri için parçalanmıştır; bunların içinden, burada yaşayan insanların oydukları odalar ve dönerek yükselen merdivenler görünür. Binlerce yıl boyunca insanlar evlerini, ahırlarını ve kiliselerini bu kayaların içine oymuşlardır.

Göreme'de ekmek yapan köylülerin birçoğu beton apartmanlara taşınmak için eski koni biçimindeki kaya evlerini terk etmiş olsalar da bazıları, burada kalmakta ısrar etmişler. Ev sahibi hanımın geniş balkonu büyük bir koninin yamacına oyulmuş. Koninin derinlerindeki, mutfak loş ve serin. Oyulmuş pencerelerinde fırfırlı perdeler görülüyor, kaya duvarlar boyunca uzanan tellerin ucunda elektrik ampulleri parıldıyor. Elektrik ocağının üstünde yontulmuş küçük bir gözün içinde bir kutu kibrit duruyor. Aşağıda, derinlerde, ailenin eşeği, kayaya oyulmuş ahırda anırıyor. Burası tipik bir kaya ev, tıpkı Kapadokya'nın geniş düzlüklerine yayılmış sayısız diğer kaya evler gibi.

Eski volkanik kül normalde halk için büyük bir sağlık sorunu değildir. Sıcak magma zerreleri genelde öyle çabuk soğur ki, zararlı kristaller oluşturamazlar. Fakat işin içine su girince durum değişiyor. Kül yere iner inmez, yağan yağmurla içinde küçük tüneller açılmaya başlamıştı. Su akıp geçtikçe kül moleküllerini

eritiyor, ardında bu minerallerin bazılarını yeni bir biçimde bırakıyordu. Damlayan suyun her bir molekülü, külün içindeki boş cepleri dolduran uzun, incecik kristaller oluşturdu. Çıplak gözle görülemeyecek kadar küçük olan bu iğne biçimli kristaller hızla birikti, bazen tek tek çubuklar, bazen de tombul demetler oluşturdular. Ve epey zaman sonra, yağmur ve rüzgâr yaşlanmakta olan kül tabakasını aralayıp açmaya başladı.

Bu durum, yakından inceleyecek teknolojiye sahip olan herkese külün sırrını açarsa da, Türk bilim insanları ancak 1974'te kayaları ilk kez Karain isimli küçük bir kaya köyde yakından incelediler. Tuhaf bir toplu kanser vakası duymuşlardı. O yıl Karain'de ölen 18 kişiden 11'i akciğer mezoteliomaası hastalığından, üçü ise bağırsak mezoteliomasından ölmüştü. Ölümlerden sadece dördünün nedeni mezotelioma hastalığı değildi.

Mezotelioma çok ender rastlanan bir kanser türüdür. Normalde asbest tozuyla çok yakın çalışan insanlarda görülür. Fakat Karain yakınlarında hiç asbest sanayi olmamış. Köy düz bir vadinin kenarında yükselen çıplak kül kayalarına yaslanmış koni topluluklarından ve taş bloklarla yapılmış evlerden oluşan sessiz bir yer. Köy halkı çiftçilikle geçiniyor. Sorunu açıklayamayan ve kaygılanan bilim insanları Karain'e geldiler. Buldukları şey, onları Karain'ine ve başka birkaç kaya kente özgü tozun muhtemelen insanları, bu yumuşak kayaları ilk kazmaya başladıkları zamanlardan bu yana, sayılamayacak kadar uzun kuşaklar boyunca öldürmekte olduğuna inandırmaya yetti.

Türk bilim insanları kısa süre sonra Karain'in isminin "karın ağrısı" ile eş anlamlı olduğunu kabul ettiler. Araştırmacılar köy sakinleriyle ilgili eski bir deyişi de aktardılar: "Karain köylüsü göğsünde ve karnında ağrı çekerek hastalanır, omuzları düşer ve ölür."

Araştırmacılar bölgedeki diğer kasabalara da dağıldılar. Aynı kötü kaderi paylaşan bir grup kasaba daha buldular; tozun getirdiği acının yaşandığı birbirinden ayrı yerlerdi buralar. Köylerden birinde çok olumsuz mezotelioma oranına rastlanırken, bir diğerinde hastalığa hiç rastlanmıyordu. Karain'in birkaç ki-

lometre kuzeyindeki Karlık'ta kanser yoktu örneğin. Kuzeybatıda turistlerin çok geldiği Göreme de temiz görünüyordu. Fakat elli kilometre ötede daha büyük bir köy olan Tuzköy'de normalin binlerce kat üstünde bir mezotelioma oranı görülüyordu.

Bir neden arayışı başladı. Hastalıktan etkilenen şehirlerde bilim insanları ev tozu, cadde tozu, badana tozu, kuyu suyu, toprak, kül kayasından yapılmış tuğlalar ve kaya evlerden alınmış örnekler topladı. Yöredeki doktorların yardımıyla bilim insanları, akciğerleri hasta olan insanlardan akciğer dokusu örnekleri aldılar. Araştırmacılar baktıkları hemen her yerde, erionit denilen bir kristal mineralin mikroskobik ölçeklerdeki iğnelerine rastladılar. Erioniti akciğerlerde, sokaklarda, yumuşak kayanın içinde buldular. Karain'in yeni kütüphanesinin taş duvarından alınan bir örneğin yarı yarıya erionit olduğu anlaşıldı; kaya iğneciklerin oluşturduğu küçük demetler karmakarışık bir haldeydi.

Araştırmacıların telaşı yatıştığında, en azından altı köyün, suyun oluşturduğu antik bir erionit birikiminin yakınında kurulmak, ya da burayı kazıp yerleşmek talihsizliğine uğradığı ortaya çıktı. Herhalde kayaları oyan ilk insanlar buraya geldiklerinden beri, bu köylerde yaşayanlar bu kötücül tozu solumuştu. Bu köylerin her birinde dünyaya gelen ilk kahverengi gözlü bebeği ilk aldığı solukta, bu yörenin tozu karşılamıştı.

Bu toz hastalığı merkezlerinin keşfinin üstünden 25 yılı aşkın zaman geçmiş olmasına, yeni bir kuşağın daha iğneciklerle enfekte olmasına karşın, ABD'deki Türk Büyükelçiliği hastalıktan etkilenmiş köy ve kasabaların hiçbirinin henüz boşaltılmadığını itiraf etti. Elçiliğe göre bu tür işler zaman alıyordu.

Nerede yaşıyor olursanız olun, kapınızın önündeki tozların özel ve yerel bir çeşnisi olacaktır. Dünyanın bazı yerlerinde ise yerel tozlar belâ demektir. Bu kötücül tozların bazıları tamamen doğaldır. Vadi humması mantarı ve ölümcül hantavirüs gibi bazı mikroplar toz halinde dolaşırlar. Bildiğimiz çöl tozu bile akciğer hastalıklarına yol açabilir. Peki, gerçek bir felakete yol açan, binlerce canlıyı öldüren tozların üretimi nasıl oluyor? Bu pek

doğanın yapacağı bir şeye benzemiyor. Bu, sanayi devriminin marifeti olmuştur.

İnsan türü, motorların ve güçlü makinelerin geliştirilmesinden daha çok önce, dumanlı küçük ateşler yakmış, beslediği koyun sürüleriyle çöllerin büyümesine yol açmıştı. Fakat büyük makinelerin faaliyete geçmesinden sonra, dünyada fabrika bulunan her kasabanın ve maden bulunan her köyün ayrı bir toz imzası oldu. Sanayi devrimi, insan elinden çıkma "polen" bulutları yarattı; bunlar işçilerin ve orada yaşayan diğer insanların akciğerlerinde yeniden üreyen sanayi tozlarıydı. Günlük tıp dili, bu yeni doğan toz hastalıklarına isim veriyordu: Değirmen humması. Uçan kül ciğeri. Ağaç hamuru işçisi hastalığı. Alüminyum ciğeri. Bakelit pnömokoniosis hastalığı. Deterjan işçisi ciğeri. Et sarıcı astımı. Havalandırma ciğeri. Ve tabii ki asbestosis.

Türkiye'den çok uzakta, dünyanın öbür ucunda, Montana eyaletindeki Libby kasabası yaklaşık 2500 kişinin yaşadığı, koyu çamların arasına gömülmüş, küçük bir dağ kasabasıdır. Kapadokya'da olduğu gibi burada da, akciğer hastalığından ölen insanların sayısı korkutucu düzeydedir. Fakat Kapadokya'daki tozun tersine, Libby'nin ölümcül tozu sanayi tarafından toprağın üstüne çıkarılıp salınmıştır.

Kasabanın sekiz kilometre dışında bir dağın tepesinde, 1920'lerde açılmış bir vermikülit madeninin geniş yarığı bulunuyor. *A Civil Action* adlı film ve kitapla kötü şöhret kazanan W. R. Grace & Co. Şirketi 1960 ile 1990 arasında bu vermikülüti kayaları dinamitle patlatarak çıkardı ve işlenip başka fabrikalara gönderilmesi için Libby'ye taşıdı. Isındığında şişen bir kaya olan vermikülit çimentoda, bahçecilik ürünlerinde, harçsız taş duvar desteği ve yalıtım malzemesi olarak kullanılıyordu.

Sağlık ve çevre yetkilileri, W. R. Grace'in operasyonunu yıllarca izledi, çünkü bu vermikülit yatağının içinde asbest mineralı kristallerinin oluşturduğu kalın damarlar bulunuyordu. Çıkarılan vermikülitin bir bölümü yüzde kırk asbest taşıyordu.

Asbestin insanoğluna *yardım* konusunda uzun bir geçmişi vardır. İnsanlar bu tozla uğraşmanın risklerini keşfetmeden bin-

lerce yıl önce, onun kendine özgü cazibesini anlamışlardı. 4000 yılı aşkın bir süre önce, Fin halkı asbest liflerini çömleklerinin kiline karıştırmış, evlerindeki çatlakları asbestle kapatmıştır. Yaklaşık 2000 yıl önce Romalılar asbest liflerini, cenaze yakılan ateşten yanmadan çıkacak kefenlerin dokumasına katmışlar, böylece kömürleşmiş kemiklerle odun külünü birbirinden ayrı tutmayı başarmışlardır.

Bu yararlı tozun ölümcül olduğu yönündeki ipuçları da eskidir. Romalı doğabilimci Baba Plinius asbest çıkaranların ve dokuyanların pek hastalıklı insanlar olduğunu gözlemlemiştir. Hatta onlar için bir tür maske geliştirmiştir. Fakat uyarıları, dünyanın diğer kesimlerinde asbestin doğal olarak bulunduğu yerlere ulaşmamıştır. Plinius'un asbestle ilgili uyarısından yaklaşık 1200 yıl sonra, yorulmak bilmeyen gezgin Marco Polo bugünkü Batı Çin'deki dağlarda hayret uyandırıcı bir kaya bulduğunu yazmıştı. Marco Polo, buradaki insanların bu kayayı kırarak liflerine ayırdığını anlatıyordu. Sonra bunu eğirip iplik haline getiriyor, ondan sonra da olağanüstü bir kumaş dokuyorlardı. Ev kadınları bu kumaşı yıkamak yerine ateşe atıyorlardı; kumaş ateşten bembeyaz çıkıyordu. Marco Polo gibi başkaları da, asbeste, zaman zaman ocağın içindeki odunların arasında sürünürken görülen ateşe dayanıklı hayvana atfen "semender" ya da "semender yünü" demişlerdi. Asbestten mezara bir yol uzandığını en sonunda tartışılmaz biçimde gösterenler, II. Dünya Savaşı'nda tersanelerde çalışan işçiler oldu. Savaştan yirmi-otuz yıl sonra tersane işçileri ile imalat ve inşaat sektöründe asbestle uğraşan insanlardan binlercesi ölmeye başladı. Bugün bile uzun zaman önce bu tozu solumuş ABD'li işçiler arasında her yıl 2000 ilâ 3000 yeni mezotelioma vakası ortaya çıkmaktadır. Her yıl yüzlerce kişi de "asbestosis", yani akciğerlerde yaralar açıp iş göremez derecede sertleştiren bir hastalık yüzünden ölmektedir. Asbest ayrıca bildiğimiz akciğer kanserine de yol açmaktadır.

Bu yüzden yetkililer zaman zaman W. R. Grace'in Libby kasabasındaki madenini denetliyorlardı. Fakat her nasılsa, işçilerin ne kadar asbest soluduğuyla ilgili resmi kaygılar, şehrin ta-

mamında bir korkuya dönüşmedi. Bu yüzden de, işçilere, pek de etkili bir koruma sağlanmışa benzemiyordu. Hatta Libby, halkına mezotelioma teşhisi konmaya başladığında bile, yetkililer önlerindeki tablonun bütününü fark edemediler. 1999 yılının Kasım ayında *Seattle Post-Intelligencer* gazetesi Libby'deki gerçeğin daha geniş bir tablosunu ortaya koydu: Yaklaşık 200 kişi asbest yüzünden ölmüştü, yaklaşık 400 kişide daha, bu korkutucu hastalık teşhis edilmişti. Asıl akılları başa getiren haber ise, bu insanların birçoğunun madende hiç çalışmamış olmasıydı. Görünüşe göre tüm kasaba tehlike altındaydı. Federal çevre koruma kurumu EPA olay yerine koştu.

Gazetenin haberi yayınlandığında, EPA'nın Libby'de görevlendirdiği temizlik ekibinin koordinatörü Paul Peronard, "İlk kez birileri bütün parçaları bir araya getirmişti," diyor. Peronard'ın ekibi bu salgınla başa çıkabilmek için Libby'de asbestle ilgili hastalıklar hakkında hızlı bir araştırma yaptı. Asbest yüzünden hastalanan her beş kişiden biri vermikülit işinde hiç çalışmamıştı. Peki bu ölümcül tozu nasıl bu kadar çok solumuşlardı?

Peronard'ın ekibi daha derinlere indikçe, kurbanların birçoğunun vermikülit işçilerinin ailelerinden olduğunu ortaya çıkardı: Muhtemelen işçilerin elbiseleriyle eve gelen görünmez iğneler kaderlerini çizmişti. Kurbanların birkaçının hiçbir aile bağı da yoktu. Fakat bunların birçoğu da çocukluklarında, küçüklerin beyzbol sahasının bulunduğu çayırların yakınında, vermikülit işleme fabrikasının dışındaki vermikülit yığınlarının tepesinden yuvarlanarak oyun oynadıklarını hatırlıyordu.

Fakat Peronard, bazı kurbanların vermikülitle hiçbir bağlantısı bulunamadığını söylüyor. Daha fazla test sonucu alındıkça, çirkin bir olasılık daha çok ortaya çıkmaya başladı: Belki de kasabanın tamamı asbest tozuna maruz kalmıştı. Gerçekten de ilk test sonuçları bahçelerde, avlularda ve ev tozunda asbest lifleri olduğunu ortaya koyuyordu. *New York Times* gazetesi, insanların bahçelerinde bitki köklerini kuraktan korumak, evlerini yalıtmak, hatta pişirdikleri hamur işlerinin fırında fazla kabarmasını engellemek için kullanmak üzere evlerine torba tor-

ba vermikülit götürmüş olduklarını yazdı. Peronard, Libby'de W.R.Grace'in Zonolite marka vermikülitine atfen Zonoekmeği adında bir tarife bile rastladığını söylüyordu.

EPA evlerin tamiratı ve yenilenmesi konusunda hemen bir uyarı yaptı: "Asbestin yalıtımda kullanıldığını kesinlikle görüyoruz. Vardığımız ilk sonuca göre, asbestin sadece duvarların içinde olması o kadar önemli değil," diyor Peronard. "Fakat duvarı bir biçimde kazıyıp içindeki asbesti havalandırırsanız, havadaki lif yoğunluğu kaygı yaratacak bir dereceye ulaşır. Bunu hayatınızda bir kez yaptıysanız ne mi olur? Bunun önemini bilemiyorum. Hayatınızda beş kez mi? Ya da her gün mü?"

Peronard, aslında çok iyi bilinen öldürücülüğüne karşın asbest tozunun o kadar iyi anlaşılamadığını söylüyor. Başta EPA bütün asbest çeşitlerinin akciğerler açısından aynı derecede tehlikeli olduğunu kabul etmiş Fakat yeni araştırmalar, Peronard'ın kişisel kanısına göre, bunun modası geçmiş bir görüş olduğunu ortaya koymaktadır. Birçok araştırmacı bugün kıvrımlı "krizotil" asbest tozunun ki,–asbestin en yaygın biçimidir- en az ölümcül asbest türü olduğunu düşünüyorlar. En ince, en iğne şekilli asbest tozları, Libby'de bulunan "tremolit" ve "aktinolit" lifleri dâhil, bundan onlarca kez daha tehlikelidir.

Üstelik sağlıkla ilgili araştırmacılar ne kadar asbest tozunun kansere yol açacağından emin değildir. Mesleki Güvenli ve Sağlık İdaresi (OSHA), işyerindeki asbest yoğunluğunun 9 santimetreküp havada iki liften az olması gerektiğini söylemektedir. Fakat kurum, bu kadar düşük bir seviyede bile, yüz işçiden birinin asbest tozu yüzünden kanser olacağını tahmin ediyor.

Peronard, "EPA halkın geneli açısından yüzde bir kanser riskini kabul etmez," diyor. "Bu yüzden bazıları bu sınırın yüz bin kat daha azaltılması gerektiğini söylüyor. Sorun şu ki asbesti bundan ancak *bin* kat daha küçük olduğunda tespit edebiliyoruz."

Asbest iğneciği akciğerlere girdikten sonra, kanserin ortaya çıkmasına kadar toz orada 10 ilâ 20 yıl yaşıyor. W. R. Grace Libby'deki fabrikayı 1990'da kapattı. Fakat aradan dokuz yıl geçtikten sonra bile, şaşkınlığını hâlâ üzerinden atamamış olan

kasabada her hafta 12 ilâ 14 kişi asbestosis, akciğer kanseri ya da mezotelioma hastası olduğunu öğreniyordu.

Herhalde Türkiye'nin orta bölgelerinin kanser yapan toz ile Libby'nin kanser yaratan tozu arasındaki en büyük fark, Montana'daki asbest liflerinin bütün ülkeye dağılmış olmasıdır. Bu haber duyulmadan önce Libby'den ayrılan tahminen iki yüz işçi ve aileleri, muhtemelen bu tozu da ciğerlerinde götürmüşlerdir. Fakat daha kaygı verici olan şu ki, W. R. Grace vermikülüti ülke genelinde 300 kadar fabrikaya göndermişti. EPA'nın bu fabrikaların her birinin yerini belirlemesi ve araştırması gerekmektedir. Buraya kadar haberler hiç de iyi değil.

Peronard, "İlk bakışta, asbestle ilgili hastalıkların yaygınlık oranı, bu tesislerin bulunduğu yerlerde daha yüksek olma eğiliminde gibi görünmektedir," diyor. "Ve yine asbest yığınlarının üstünde oyun oynayanlar olduğunu duyuyoruz."

Libby'ye özgü bu toz hâlâ ülkenin her tarafında dolanıyor olabilir. Ne de olsa vermikülit yalıtımı milyonlarca eski evin duvar sıvalarında vardı. Vermikülit bahçecilik mağazalarında da hâlâ satılıyor olabilir.

2000 baharında, EPA Seattle bölgesinde bir mağazanın bahçecilik bölümünde satılan bir paket vermikülüti test etti. Haberi yine *Seattle Post Intelligencer* gazetesi veriyordu: Zonolite türü bu vermikülit 1991'de California'daki bir W. R. Grace fabrikasında ambalajlanmıştı. Evet, vermikülite asbest bulaşmıştı. EPA bundan sonra ülkenin dört bir yanından alınmış çok çeşitli vermikülitli bahçecilik ürünlerini test etti. Kurum bazı ürünlerin asbest içerdiği sonucuna vardı, ama tüketicilerin bunların hangi ürünler olduğunu bilmelerine imkân yoktu.

Diyelim ki New Jerseyli bir bahçıvan, uzak yoldan gelmiş bir paket W. R. Grace vermikülitini domates tarhına boşalttı. Bu durumda Libby' tozu nasıl bir risk yaratacaktır? EPA bu soruya kesin bir cevap verememektedir. Fakat en kötü ihtimalle bu işin riski, her gün asbestle çalışmanın riskinden daha düşük olacaktır.

W.R. Grace ise sattığı ürünlerin güvenlik sınırını aşan düzeyde asbest içerdiğini her zaman reddetmiştir. Şirket ayrıca ma-

dencilik ve maden işleme fabrikalarının sağlık ve emniyet yönetmeliklerine uyduğunu söylemektedir. Fakat Libby'de serbest kalmış kötücül bir toz bulunduğunu inkâr etmemekte ve yerel hastaneye kasaba sakinlerinin asbestle ilgili hastalık taramalarından geçirilmeleri için para ödemektedir. Ama bu şirket aleyhine açılan davaların giderek çoğalmasını önlemiyor.

Sanayi tozları arasında, Libby'nin tozu ortalama bir tozdan daha demokratiktir: Ayırımsız herkese bulaşmıştır. Yerel tozlarda her zaman böyle olmaz. Genellikle sanayi tozlarının gazabı işçiler üzerinde yoğunlaşır. Bu tozların bir bölümü toplumun geneline ulaşmaya eğilimliyse de, etkileri en fazla içlerine çekenler üzerinde daha büyüktür.

Birkaç yüzyıl önce, akciğerleri tozla dolmuş bir işçinin göçüp gitmesi herhalde, bilimsel olarak pek ilgi uyandırmıyordu. İşçilere harcanabilir meta gözüyle bakılıyordu, tabii eğer bakılıyorsa. Artık ABD'de işçiler toza karşı korunmalarına ilişkin kurallarla son derece iyi korunuyorlar... O kadar iyi korunuyorlar ki, hâlâ her yıl binlercesi ciğerleri tozla dolmuş bir halde ölüp gidiyor!

Bunun sebebi bilgi eksikliği değildir. Üç yüz yılı aşkın bir süre önce Avrupalı bir doktor, ölmüş taş ocağı işçilerinin akciğerlerini kesip açtığında çiğerlerin kaya tozu kütlesi haline geldiğini görmüştü. Bir sonraki yüzyılda meraklı doktorlar, insanın çalıştığı yer ile akciğer hastalığı arasındaki bağlantıyı buldular. Mesleki sağlık disiplini yavaş yavaş da olsa gelişmeye başlıyordu.

Doktorlar, günlerini değirmen taşları ve öğütücü çarkların arasında geçiren işçilerin ölümcül bir nefes hastalığına yakalandıklarını fark ettiler. Taş yontan işçiler konusuna yeniden dönen doktorlar, kumtaşı yontmanın ölümcül bir meslek olduğunu, ama kireçtaşı yontmanın böyle olmadığını gördüler. 1800'lerin ortasında bir doktor, ölmüş bir değirmen işçisinin ciğerlerinden aldığı ince kumu analiz ettiğinde, artık bilim en tehlikeli mesleki tozlardan birine iyice yaklaşmıştı.

Bu toz, daha çok kuvars olarak bilinen kristalleşmiş silikaydı. Granit büyük ölçüde kuvarstan oluşur. Kumtaşı da, neredeyse

tamamen küçük kuvars taneciklerinden oluşur. Kumsalların büyük bölümü gibi. Kuvars, Dünya'nın kabuğunda en sık rastlanan ikinci mineraldir, kuvars tozunun işçilerin yüzlerine üflendiği mesleklerin listesi de epeyce uzun çıkmıştı. Kuvars tozundan kaynaklanan hastalıkların isimleri, kuvars bakımından zengin kayaların ne kadar yaygın olarak kullanıldığını göstermektedir: Bileyici çürümesi, taş ustası hastalığı, madenci astımı, çömlekçi çürümesi, kaya veremi.

Bugün ABD'de en azından bir milyon işçi ciddi miktarlarda kuvars tozu içinde çalışmaktadır. Her yıl bu işçilerin yaklaşık 250'si "silikoz" teşhisiyle hayatını kaybetmektedir. Duvar ustaları, madenciler, kaya deliciler ve kırıcılar, kum püskürterek temizlik yapan işçiler, dökümhane işçileri ve değirmenciler hâlâ en hassas gruplar arasında yer almaktadır. "Öğütülmüş silikayla", yani diş macunundan kâğıt kaplamalarına kadar her yerde kullanılan bu kaya tozuyla çalışan insanlar da yüksek risk grubuna dâhildirler. Bugün bile patologlar açtıkları kadavralardaki akciğerlerin, neşterle kesilemeyecek kadar tozla dolu olduğunu görüyorlar.

Akciğerlerin bu kadar tozlanması, amatörce yapabilecek kadar kolay bir iş değildir. İnsan akciğerleri epeyce bir miktar tozu ağırlamaya alışıktır. Tozu yakalayıp dışarı atma yetenekleri hayret vericidir. Ama bir noktaya kadar.

Akciğerlerimiz her gün ortalama yaklaşık 15.500 litre hava alır. Bu havanın içindeki oksijen akciğerlerimizde 500 milyon alveolün duvarlarından geçer. Bu küçük hava keseciklerinin toplam yüzeyi, bir patologun hesaplarına göre bir tenis kortu büyüklüğündedir.

Fakat ortalama düzeyde kirli havanın bile her santimetreküpünde binlerce minik parçacık bulunmaktadır. Dolayısıyla ortalama düzeyde kirli bir hava, bir dakika boyunca solunduğunda bile, yaklaşık 30 milyon parçacık akciğerlerimizdeki dallanmış hava borularının duvarlarına yapışmış olabilir. Bu hava boruları tozu sürekli dışarı taşıyan mukoza merdivenleriyle kaplıdır. Fakat nefes aldığınız aynı dakika içinde, 10 milyon başka parçacık

gelip alveollerin içine yerleşmiş olabilir. Ve bu alveollerde merdiven bulunmaz.

Tozların bir bölümü çözünüp dağılacaktır. Fakat minyatür kayacıklar, pürtüklü kurum parçaları ve başka katı tozlar çözünmeyecektir.

Neyse ki, her hava baloncuğunun içinde âdeta koruma görevlisi gibi nöbet tutan, makrofaj denilen hücreler vardır. Bir toz parçası buraya indiğinde, bir makrofaj onu çevreleyip bir lenf nodülüne ya da en yakındaki mukoza merdivenine taşıyacaktır. Çoğu zaman bu korumalar tozu, geldiği kadar hızla dışarı atar. Fakat sistem hatasız değildir. Örneğin tütün dumanı mukoza merdivenini yavaşlatabilir. Uzun asbest iğneleri, makrofajların başa çıkamayacağı kadar tuhaf biçimli olabilir. Demir gibi zararsız bir toz öyle kalabalık bir halde gelebilir ki, hiçbir zarar vermeden öylece birikip kalabilir. Ya da bir toz o kadar zehirli olabilir ki, onu dışarı atmaya çalışan korumaları öldürebilir. İşte, kuvars tozunun etkisi de böyledir.

Bir parça kuvars tozu ciğerlere kaçtığında, bir makrofaj görev bilinciyle hemen onu saracaktır. Fakat bu tozda var olan bir şey, korumanın, haydi midesine diyelim, ağır gelir. Mide yırtılır. Koruma hücre ölür. Toz zerreciği yeniden serbest kalmıştır. İkinci bir koruma olay yerine gelecek ve o da aynı şekilde öldürülecektir.

Bu çatışma, yara sarıcı hücrelerin ölmüş korumalarla kuvars zerresinin çevresine lifli bir ağ örmesiyle son bulacaktır. Daha fazla toz, daha fazla koruma ve yara sarıcı toplandıkça, 70 milimetre büyüklüğünde, yara izini andıran ve merkezinde bir toz zerreciği bulunan bir "nodül" oluşacaktır. Akciğerin her tarafında bu tür tozlu yaralar oluştukça, her yumru, akciğerin hava kapasitesini azaltacaktır. Yirmi yıl ya da daha fazla süre devam eden bu tür toz savaşları sonunda genellikle "klasik silikoz" ortaya çıkar; röntgende bakıldığında donuk bir yıldız topluluğu olarak görülür. Katı nodüller akciğerin işleyişini zorlaştırırsa da, ömrü kısaltmayabilirler.

Öte yandan silikoz ilerleyip fibroza dönüşebilir. Yara sarıcılar öyle yoğun bir ağ dokuyabilirler ki, akciğerler kana yeterince oksijen pompalayamaz hale gelir. Bu aşamaya gelen insanlar hayatlarının geri kalanını bir oksijen tüpüne bağlı geçirmek zorunda kalırlar. Ve böyle bir ömür, havasızlıktan boğularak ya da kalp yetmezliğiyle son bulur.

Bir işçi özellikle kalın bir kuvars tozu bulutu içinde çalışıyorsa, hastalık hızlanabilir. "Hızlanmış silikoz"da, yaraların oluşması, beş ilâ on beş yıl sonra solunum darlığına yol açar. Çok fazla miktarda toz soluyan işçiler (geleneksel olarak bu grupta korunmasız çalışan kum temizliği işçileri, kaya delgicileri ve toz silikayla uğraşanlar yer alır), iki ilâ üç yıl kadar kısa bir süre sonra "akut silikoz" hasatlığına yakalanma riskiyle karşı karşıya kalacaklardır: travmaya uğrayan akciğerler nodüllerle dolar, ama aynı zamanda akciğerlerdeki hasarlı hava ceplerine akan hastalıklı bir sıvının içinde boğulurlar. Hiç değilse uzun sürmeyen bir hastalıktır bu.

Fakat akut silikozun korkunçluğu bile, bu tozun kötücül damarını tatmin etmiyor anlaşılan. Kuvarsın kanserden bağışıklık sistemi bozukluğuna kadar bir dizi hastalığı teşvik ettiği giderek açıklık kazanmaktadır. Özellikle tütün dumanıyla birlikte, kuvars tozu akciğer kanserine yol açabilir. Tabii tütün dumanı tek başına bu işte mükemmeldir. Fakat silika tozu da tek başına bunu başarabilir.

Washington D.C.'de George Washington Üniversitesi'nde epidemiyolog olarak görev yapan David Goldsmith, akciğer kanserinin ancak buz dağının görünen ucu olabileceğini söylüyor. Goldsmith, bu yüzyılın başlarından beri sürekli akan bir dizi kanıtın, silika ile mide, lenf ve deri kanserinin yanı sıra böbrek hastalıkları, verem ve romatoid artrit, skleroderma, Sjögren sendromu ve lupus dâhil bir dizi bağışıklık sistemi rahatsızlığının ilişkilendirilmesini mümkün kıldığını belirtiyor. Bütün bu suçlamalar doğruysa, Goldsmith'e göre, bu kuvars için son derece kötü bir sicil demek olacak. Kuvarsın bütün bunları nasıl yaptığıysa, Goldsmith'in söylediğine göre, şimdilik düşünce aşama-

sında. Toz işçilerinin karşı karşıya kaldığı olası riskler henüz bilimsel bir ilgi fırtınası uyandırabilmiş değil. "1980'lere dek silika konusuyla ilgili araştırmalar kamu sağlığının en göz ardı edilmiş alanı olarak görülüyordu," diyor Goldsmith; kendisi buna rağmen bu konuyu sebatla araştırmış. "Bugün kuvars hakkında eskiden bildiğimizden daha fazlasını biliyoruz, ama *hâlâ* bilmediğimiz bir sürü şey var."

Bu devirde, insanların hâlâ silikozdan ölmesi biraz şaşırtıcı geliyor. ABD'nin de bu çok önlenebilir toz hastalığına karşı mücadelede başı çektiği tam olarak söylenemez.

Örneğin Avrupa ülkeleri kuvars kumunun, püskürtme kumla temizleme işlerinde kullanılmasına yaklaşık 50 yıl önce ciddi sınırlamalar getirdi. ABD hükümeti 1974'te aynı adımı atmaya çalıştı, fakat boya ve kumla temizleme sektörlerinin baskısı altında kaldı. 1996'da dönemin Çalışma Bakanı Robert Reich kuvars tozuna karşı yeni bir savaş açtı. "Sadece toz değil, bu silika" sloganı altında Reich, işçilere tozlu çalışma yerlerini sürekli suyla ıslatmaları, kumla temizleme işinde farklı bir kum kullanmaları, düzenli olarak röntgen çektirmeleri için ısrar ediyordu. Evet, küçük çaplı bir savaştı bu. Fakat gelişmekte olan ülkelerde silikayla çalışan birçok işçi bu toz karşısında bu kadar bile güçlü bir savunmaya sahip değildir.

Goldsmith sabırsızca "Güney Amerika, Çin ve Rusya'da," diye sayıyor: "Buralarda hâlâ çok yüksek düzeylerde silikaya maruz kalınıyor. 1995'te Çin'de silikoza yakalanan insanlar ortalama ömür süresinden yirmi yıl kaybediyorlardı. Bu ciddi bir sorundur."

Halk yığınları için ise kömür tozu, kara akciğer diye bilinen hastalık yüzünden çok daha iyi tanınan bir canavardır.

Karbon bakımından zengin olan kömür tozu, makrofajları kuvars tozunun yaptığı gibi öldürmez. Bir kömür tozu zerresi akciğere değdiğinde, bir koruma hücresi onu hemen sarmalamayı ve merkezi bir temizleme noktasına taşımayı başarır. Fakat toz yeterince hızlı bir biçimde temizlenmezse, birikir. Bu durumda,

sonuçta ortaya çıkan toz lekesine "makül" denir. Bu leke akciğer dokusuna sıkışmış kara bir bezelye tanesini andırır.

Hastalığın başlarında akciğerin bir bölümü, belirli aralıklarla serpilmiş bu kara bezelyelerle lekelenmiş olacaktır. Madencinin balgamı bu toz yüzünden siyah renkli olsa da, kara akciğer hastalığının bu ilk aşaması öldürücü değildir. Ancak bu kömürle lekelenme aşamasına gelmiş her üç madenciden biri bu toz yüzünden ölecektir.

Bir madenci toz solumaya devam ederse, akciğer dokusu bozulmaya başlayacaktır. Amfizem, akciğer dokusunun elastikiyetini azaltabilir; bu durumda madenci nefes vermekte zorlanacaktır. Ya da, silikayla çalışan işçilerin akciğerlerini katılaştıran yara açıcı hastalık olan fibroz baş gösterecektir. Bir kömür işçisinin dudakları ve kulakları, akciğerlerinden kanına oksijen aktarımı yavaşladığı için mavileşebilir. Tozlu lifler ciğerlerini tıkadıkça, nefes alıp vermesi gittikçe zahmetli ve acılı bir hal alacaktır. Silikayla çalışan bir işçi gibi, soluğu tıkanan madenci de son yıllarını sürekli bir oksijen tüpü eşliğinde geçirebilir.

Kömür tozu her yıl 1500 kadar madencinin ölümüne yol açar. Binlerce işçiyi de sakat bırakır. Kömür vergisiyle desteklenen bir kara akciğer fonu her yıl 200.000 kişiye –hem hastalanmış işçilere, hem de ölenlerin eşleriyle çocuklarına– yaklaşık 1,5 milyar dolar dağıtmaktadır.

Kömür tozunun zararları, ABD'de denetim kurullarının dikkatini ancak 1960'larda çekmiştir. Şimdi bile kömür madeni tozuna getirilmiş federal sınırlamalara rağmen ölüm sayısı ısrarla düşmemektedir. Bunun bir nedeni, madenlerde yapılması zorunlu toz testlerinde büyük ölçüde hile yapılması olabilir. Çalışma Bakanlığı, 1990'ların başında testlerde hile yaptıkları için yüzlerce maden şirketini kapatmıştı. 1998'de Kentucky'de, Louisville'de Courier-Journal gazetesi, hile geleneğinin hâlâ yaygın bir uygulama olduğunu yazıyordu. 2000'lerin sonunda federal hükümet test yapma işini kendisi üstlenmeye başladı. Fakat bütün madenler şu anda geçerli toz limitine uysalar bile, madencilerin sağlığını inceleyen federal bir kurumun görüşüne gö-

re, madenciler yine de toz hastalığına yakalanma riskiyle karşı karşıyalar. Araştırma kurumu, getirilen sınırın zaten çok yüksek olduğunu da belirtiyor.

*Kara akciğer hastalığ*ma yakalanmaktan kurtulan madenciler, onun yerine silikoza yakalanabilirler. Madenciler, ulaşmak istedikleri kömüre –ya da altına veya kaya içinde gömülü herhangi bir hazineye– ulaşmak için genellikle kumtaşını ve başka kayaları delmek zorunda oldukları için bolca kuvars tozu soluyabilirler. Wyoming'deki geniş, açık ocaklar gibi yüzeydeki madenler yeraltı madenlerinden daha az tozlu sanılsalar da, öyle değillerdir. Hükümetin kısa süre önce Pennsylvania'da yaptığı bir araştırmada, kendi isteğiyle röntgen çektirenlerin yaklaşık yüzde 7'sinin silikoz hastası olduğu görülmüştür.

Ve hasta olanlar sadece maden ürünlerini soluyan işçiler değildir. Komşularla paylaşma ruhuna uygun olarak yüzeydeki kömür madenleri, yörenin havasına ölçülebilir derecede toz katarlar. Kısa süre önce yapılmışve madenlerin yakınındaki dört kasabadaki durumu, daha uzaktaki dört kasabayla karşılaştıran bir araştırmaya göre bu toz miktarı büyük değildir. Fakat bu çalışmayı yürüten uzmanlar, madenlerin yakınındaki kasabalardaki çocukların doktora, ortalama bir çocuktan biraz daha sık gitmesinin, bu fazladan toz miktarıyla açıklanabileceğini tahmin ediyorlar.

Asbest, kuvars ve kömür: Bunlar ABD'li işçilerin ciğerlerine yerleşen sanayi tozlarının en iyi bilinleridir. Fakat bir işçinin uzun süre boyunca soluduğu her kaya ve metal tozu kendine özgü bir hastalığa yol açacaktır. Gerçi bu hastalıkların bazıları RTIK Amerikan tıp literatüründe pek az rastlanan dipnotlar haline geliyorlar ancak, gelişmekte olan ülkelerdeki işçiler hâlâ risk altındadır.

Örneğin "talkoz", "silikoz"a benzer, ama nedeni öğütülerek talk haline getirilmiş sabuntaşıdır. Öğütülmüş kuvars gibi, talk tozunun da yüzlerce kullanım alanı vardır. Kozmetik ürünleri, bebek pudrası, haplar, kâğıt yüzeyi kaplamaları ve bahçe gübre-

leri genellikle talk pudrası içerir. Bu yetmezmiş gibi, talk yataklarından bazılarına asbest bulaşmış olabilir.

Grafit de akciğerlerde, kömür tozuna çok benzer bir şekilde davranır. Bir ders kitabında grafit tozu kurbanı olmuş birinin akciğerlerinin "mürekkebe batırılmış sünger görünümünde olduğu" belirtilmektedir. Karbonun kristalleşmiş biçimi olan grafit, kayganlaştırıcı maddelerden kurşun kalemin içindeki "kurşuna" kadar hemen her şeyde kullanılmak üzere öğütülür.

Çömlekçi akciğeri hastalığının nedeni, çömlek sırı yapmak için öğütülen, silika bakımından zengin bir kaya olan feldispattır. Kuvarstaki silikanın kristalleşmiş halde olmasına karşın, feldispattaki silika öyle değildir. Yine de çok fazla feldispat solumak, akciğerlerin lif oluşturan hücrelerini tahrip eder. İlk kez İngiltere'de teşhis edilen "çamaşırcı pnömokoniozu" hastalığı, çamaşır teknesine atmadan önce çömlek işçilerinin elbiselerini silkelemekten ileri gelmiş olabilir.

"Sideroz" kaynakçılarda görülür ve akciğerleri demir damlacıklarıyla ya da kararmış gümüş zerreleriyle doldurur. Kimi zaman bu tozlar akciğerde o kadar zararsız bir biçimde varlıklarını sürdürür ki, bunlara "rahatsızlık verici tozlar" denir. Fakat yavaş yavaş biriken kanıtlar, metal tozlarını, insanları kısa sürede öldüren "kriptojenik fibroz yapıcı alveolit" hastalığıyla ve ağız kanseriyle ilişkilendirmektedir.

İlk bakışta bitkisel tozlar metal ve mineral tozlarından daha zararsız görünebilir. Taş tozları mikroskop altında genellikle keskin kenarlı kayaları andırsalar da, bitki tozları daha çok yumuşak iplikçiklere benzerler. Fakat bitkilerin, işçilerin akciğerlerini kirletme konusunda uzun bir geçmişleri vardır.

İrlanda'da keten ipliği eğirme işi 1800'lerin sonunda evlerden çıkıp fabrikalara girdiğinde, birçok işçide birden "pazartesi sabahı humması" ortaya çıkmıştı. Bu işin yapıldığı en tozlu yerlerde çalışan işçiler kronik öksürük, hırıltılı soluma ve nefes darlığı çekiyorlardı. Semptomların en kötü yaşandığı gün pazartesiydi, yani işçilerin fabrika dışında biraz zaman geçirdikten sonra

geri döndükleri gün. Sonraları hafta ilerledikçe belirtiler hafifliyordu. Bu tozu 10-20 yıl soluduktan sonra, pazartesileri en kötü biçimde yaşanan hastalığın bu hali, artık kalıcı oluyordu. Teknik olarak "bissinoz" olarak bilinen bu hastalık kısa süre sonra dünya çapında keten, pamuk ve kenevir dokuma fabrikalarında dikkat çeker hale geldi.

Silikozs ve kara akciğer gibi, bu toz hastalığı da kolay kolay geçmiyordu. 1995 itibarıyla OSHA, ABD'de 35.000 pamuk işçisinin, "kahverengi akciğer" adını verdikleri bir hastalıktan şikâyetçi olduğunu tahmin etmişti. ABD'de pamuk tozunun yol açtığı ölümler nadiren kayıt altına alınmaktadır, bunun nedeni muhtemelen kahverengi akciğerin sık rastlanan başka akciğer hastalıklarıyla karıştırılmasıdır. Fakat pamuk yetiştirilen daha yoksul ülkelerde, kahverengi akciğer hastalığı çok yaygındır.

Pamuk tozu aslında bitki parçacıkları, pislik ve bakteri karışımıdır. Bu bakteriler zehirli olabilir. "Endotoksinler" hem canlı hem ölü bakterilerden çıkan zehirli kimyasallardır ve hayaletler gibi havada dolanırlar. Bu toksinler bir fabrikanın her yerinde dolaştıkça, işçiler bunları solur. Yine de kahverengi akciğer hastalığının kesin sebebi belirsizliğini korumaktadır. Daha az belirsiz olan bir gerçekse, aynı zamanda tütün dumanı da soluyan pamuk işçilerinin, bu hastalığa yakalanma olasılıklarını artırmak için epeyce çaba gösteriyor olduklarıdır.

(Sentetik lifler, akciğerler açısından daha sağlıklı demek değildir. "İp işçisi hastalığı" sahte kadife battaniyeler, kurdeleler, otomobil döşemesi ve benzeri malzemelerin yapımında kullanılan küçük naylon iplikçikler üretilen bazı fabrikalarda rastlanan yeni bir hastalıktır. Bilim insanlarının bir zamanlar biyolojik olarak atıl gördüğü tozlar giderek akciğerlerde sorun çıkarabileceklerini göstermektedir.)

Ağaç tozu, kötü şöhretli bir başka bitkisel tozdur. Birçok mobilya yapımcısı, marangoz, bıçkıhane işçisi ve ahşapla çalışan diğer işçi, bu işe başlamalarını takiben iki yıl içinde öksürmeye başlarlar ve akciğerleri fonksiyonunu yitirir. On yıl boyunca bu işi sürdürenlerin, özellikle de sigara içenlerin, astıma yakalanma

riskleri bir hayli yüksektir. Ağaç tozu birkaç araştırmada burun ve ağız kanseriyle de ilişkilendirilmiştir. Bazı ağaçlar diğerlerine göre daha kuvvetli tozlar üretirler; en ağır suçlular kayın ağacı, sedir, meşe, abanoz, iroko ve zebra ağacıdır. Ahşabı boyuna kesmek de bir küf bulutunun kalkmasına yol açabilir. Ve "akçaağaç kabuğu soyucusu akciğeri", "sekoyasis" ve "kâğıt fabrikası işçisi akciğeri" gibi şiirsel isimli hastalıkların nedeni, ahşabın kendisi değil, bu mantarsı tozlardır.

Her an, her yerde rastlanan çok bulaşıcı kuvars tozunun bitki dünyasında bir kardeşi varsa eğer, bu ancak yine her yerde ve her zaman bulunan bulaşıcı buğday unu olabilir. Un, her yerde bulunur ve çok güçlüdür. Neyse ki, un bulutları içinde dolanan fırın işçilerinde sadece alerjiye ve astıma yol açmakla yetiniyor gibidir.

Araştırmalar, işe yeni girmiş fırın işçilerinin yüzde 10 gibi yüksek bir oranının işe başlamalarını takiben ilk bir ay içinde una karşı hafif bir alerji geliştirebileceklerini göstermektedir. Üç yıldan sonra her beş fırıncıdan birinde aynı ılımlı tepki görülmektedir. Bir araştırmaya göre, on yıl sonra fırıncıların yarısı una karşı hassas hale gelmektedir ama, sadece yüzde 5 ilâ 10'unda tam anlamıyla astım görülmektedir.

Pamuk tozu gibi, buğday ununun da bazı sorunlara yol açabilecek tatsız yoldaşları vardır. Unda buğday kılından tutun, mantarlara, ezilmiş buğday biti parçacıklarına, mayt denilen akarlara ve kemirgen kılına kadar her türlü kirletici bulunur. Bu tozların her biri kendi başına da astıma yol açabilir. "Buğday biti hastalığı" zararlı denecek kadar kirlenmiş una karşı verilen güçlü bir alerjik tepkidir. Süpürgedarısı, arpa, mısır, soya fasulyesi ve yulaf tozları buğday tozuyla benzer sorunlara yol açar. Ve söylemeye bile gerek yok belki, sigara içmek işi daha kötüleştirir.

Pamuk, ahşap ve tahıl tozları en bilinen bitkisel tozlar olsalar da, bu öykü bitki imparatorluğunun her yerinde sürer gider: Çay yaprağı işleyen insanlar hava yollarını tıkayan tozlar solurlar. Kahve tozu akciğerlerde geri dönülmez hasara yol açabilir. Sigara fabrikalarında tütün işçileri pamuk tozu hastalığı-

na benzer bir hastalığa yakalanabilirler. Mantar işçileri, küflü mantar tozlarının yol açtığı bir hastalığa yakalanma riskiyle karşı karşıyadır. Sonra bir de şu "kırmızıbiber açıcısı akciğeri" denilen hastalık vardır. Bu hastalık, bir zamanlar Macaristan ve Yugoslavya'da tombul, kırmızı (ve küflü) biberlerin tohum keselerini açan insanların tekelindeydi. Tohumların seçilerek üretilmesi artık, tohum keselerini açma gereğini ve böylece renkli bir hastalığı da ortadan kaldırmıştır.

Mineral ve bitkisel derken *hayvan* fabrikaları bile zararlı bir toz bulutuna yol açabilir. Herkes, kedilerin ve köpeklerin çıkardığı tozun hapşırıklı alerjiye ve hırıltılı astıma yol açtığını bilir. Peki fareler? Çekirgeler? Bunlarla çıkardıkları tozlu yan ürünlerine duyarlı hale gelecek kadar fazla zamanı kim geçirir ki?

Laboratuvar hayvanları üretip onlarla deney yapan insanlar geçirir tabii ki. Öyle görünüyor ki fareler, sıçanlar ve diğer laboratuvar hayvanları iş hastalık saçmaya geldiğinde son gülen olurlar: vücutlarından çıkan tozlar, bakıcılarının "kemirgen bakıcısı hastalığı" denilen grip benzeri bir hastalığa yakalanmasına, hatta ömür boyu sürecek astım cezasına çarptırılmasına neden olur.

Sıçan idrarının havada uçuşan parçacıkları üretme tesisleri ve laboratuvarlarda çalışanlarda alerjiyi tetiklemede özellikle etkilidir. Farelerin tutulduğu binaların havalandırma sisteminin parçalarında idrar tozu bulunmuştur; bu durum bu maddelerin çevreye yayılıyor olabileceğini düşündürmektedir. Kobayların idrar ve tükürüklerinin havada uçuşan parçacıkları da çok tehlikelidir. Tavşanlar, hatta laboratuvarda üretilmiş çekirgeler de zararlı tozlar çıkarırlar.

Hepsi, bir arada ele alındığında, bu küçük hayvanlar üremelerini ve bakımlarını yapan insanların yaklaşık üçte birinde alerji semptomlarına yol açacaklardır. Bu kişiler bu uyarıyı dikkate alıp mesleklerini değiştirmiyorlarsa eğer, toz bu kişilerin yaklaşık yarısında kendileri işi bıraktıktan sonra bile onlardan ayrılmayacak astım semptomları doğurur.

Şimdi tozlu fabrikaları ve laboratuvarları bırakıp çiftliklere doğru gidelim. Kuşkusuz güneşin altında çalışan çiftçininki ka-

dar sağlıklı bir meslek daha yoktur. Temiz kır havasında arabayla bir yere gitmek bile bir mutluluk kaynağıdır.

Ama durun, siz yine de arabanızın penceresini kapatsanız fena olmaz. California Teknoloji Enstitüsü'nde bir süre önce yapılmış bir çalışma, asfalt döşeli yollarda giden otomobillerin polenden küfe, hatta hayvan kepeğine kadar yirmi tür bilinen alerjen taşıyan bir toz bulutu kaldırdığını ortaya koymuştur. Şehir dışında gittiğiniz bir kilometre yol, şehir içinde alınan aynı yoldan daha fazla toz çıkaracaktır, çünkü kırsal kesimdeki yolların kenarlarında bitkilere ve toprağa daha çok rastlanır.

Kırsal yaşamdaki bağımsızlığın gururlu sembolü olan, içinde atıkların yakıldığı varillerden birinin yanından geçiyorsanız, pencerelerinizi *daha sıkı* kapatın. Bu şık aletten (200 litrelik bir bidon) çıkan kurum ABD'nin kırsal bölgelerinin ve dünyanın az gelişmiş birçok bölgesinin simgesi olan bir tozdur.

EPA'ya göre, ABD'de hâlâ 20 milyon kişi ev atıklarından kurtulmak için bu varilleri kullanmaktadır. Kurum, bu ilkel ocaklar üzerinde yaptığı testlerin sonuçlarına kendisi bile şaşırmıştır: Üç günlük çöpü bile bir varilde yakmak, iki yüz ton çöp yakan büyük ve yeni bir çöp imha fırınının çıkaracağı miktarda kanserojen dioksin üretebilmektedir. Arka bahçedeki varilin nispeten daha düşük ısıda yanması, kloru dioksinlere çevirmenin anahtarıdır. Klor, ise beyazlatılmış kâğıttan, polivinilklorid (PVC) plastik şişelere ve hatta sofra tuzuna kadar her şeyde bulunabilir.

Bu köy bidonları bulut halinde duman çıkarırlar. Bir günlük çöpten 125 gramdan fazla kurum parçacığı çıkar. EPA, geri dönüştürülebilir malzemelerin çöpten çıkarıldığında, yanan varilin daha az kurum, ama daha fazla dioksin ürettiğini tespit etmiştir.

Diyelim hiç yanan varil görmüyorsunuz; ama çiftliğe giden yolda bir çöp kamyonuna rastlayabilirsiniz. Bu durumda pencerelerinizi kapalı tutmayı sürdürün. Çöp kokusu, plastik torbalardan çıkan bir şeylerin havaya karıştığının işareti olmalı sizin için. Çöpçüler muhtemelen bizlerin attığı her şeyin bir parçasını soluyordur. Çöp toplama tesislerinde havada oynaşan

dışkı bakterileri türlerine bakılırsa, çöpçülerin soluduğu şeylere çocuk bezlerinin ve köpek pisliği torbalarının içeriği de dâhil olmalıdır.

Çöple uğraşanlar gerçekten bu tozdan etkilenir. İster kamyonette çalışıyor olsunlar, ister çöp yakma tesislerinde, ister geri dönüşüm programlarında, bu işçiler diğer işçilerden daha fazla ishal, bronşit, öksürük, astım, nefes darlığı, gribe benzer hastalıklar ve yorgunluk şikâyeti yaşarlar.

Sonunda çiftliğe geldik. Bildiğimiz güzel çiftlik, yani beton bir tahıl ambarını havaya uçurabilecek güçte "toz patlamalarının" mekânı. İneklerin bile "sis hummasına" yakalandıkları mütevazi çiftlik. Gürbüz işçilerin "organik toz zehirlenmesi sendromu" denilen ateşli ve ağrılı bir hastalıktan yorgan döşek hasta düştükleri sağlıklı çiftlik. Profesyonellerin deyişiyle OTZS hastalığı, mavi yakalı işçilere musallat olan, her yıl yüz binlercesini rahatsız eden, uzun zamandır ihmal edilmiş bir başka hastalıktır. Bir samanlık eğlencesine katılmış herkes, eski saman tozunun yaratabileceği, boğazdaki tıkanma hissini bilir. Bu, OTZS'nin nasıl bir hastalık olduğunun en hafif işaretidir. 1994'te bu tarımsal rahatsızlığa daha fazla dikkat çekmek için yapılan bir çağrıda Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü (NIOSH) tipik bir vakayı şöyle aktarmıştı:

"Yaşları 15 ile 60 arasında değişen 11 erkek işçinin, Alabama'da havalandırması kötü bir depolama tesisinden 800 kile yulaf taşıdıkları ve bu yulafın içinde pudramsı beyaz toz yumakları bulunduğu belirtilmiştir. Çalışma koşullarının son derece tozlu olduğu, ambarın içindeyken bütün işçilerin tek bantlı, atılabilir maskeler taktığı bildirilmiştir. İşçiler iki-üç kişilik gruplar halinde, 20 ilâ 30 dakikalık vardiyalarla, sekiz saat boyunca yulaf küremişlerdir. 4 ilâ 12 saat içinde, ambarda çalışan işçilerin dokuzu da ateşlenip titremeye başlamış, göğüslerinde rahatsızlık, zayıflık ve yorgunluk hissetmiştir. Sekizi nefes darlığı çektiğini, altısı öksürükten, beşi vücutlarında ağrıdan şikâyetçi olduğunu, dördü de başlarının ağrıdığını aktarmıştır. Ambarın dışında kalan iki işçide hiçbir belirtiye rastlanmamıştır."

Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü, kırsal kesimde farklı uğraşlar yoluyla ortaya çıkan başka vakalardan da söz ediyor: 52 yaşındaki bir adam kompost haline getirilmiş ağaç kabukları ve yaprakları küremiş, ardından 12 saat sonra ateş ve solunum güçlüğü şikâyetiyle acil servise kaldırılmıştır. Başka bir vakada, bir ambarın tepesinden küflü bir silaj tabakası kaldıran işçiler beyaz bir "sis" solumuşlar, kısa süre sonra da hasta olmuşlardır.

O sis, tahıl zerreciklerinden, ekşitilmiş tahıl olan silaj parçacıklarından ya da samandan oluşmuyor. Bu ürünlerin içinde yaşayan mikropların parçalarından oluşuyor. İş yaşamlarının herhangi bir aşamasında, bütün çiftçilerin üçte birinin yaptığı gibi bu sisten yeterince solursanız, birkaç saat sonra gerçek bir çiftlik deneyimi yaşarsınız: OTZS gribe çok benzer gribin yanına bir de solunum güçlüğü eklenmiş hali gibidir.

OTZS hakkındaki kaygılar yeni olsa da, hastalığın kendisi yeni değildir. Halk arasında "tahıl humması" ve "silo boşaltıcı sendromu" olarak bilinir. Şu zamana kadar, bu sık rastlanan hastalık hakkındaki kaygılar organik tozların nasıl hasar verdiğinin anlaşılmasını sağlayamamıştır. Sanık kimi zaman endotoksinler, yani bakterilerin havaya saldığı toksinlerdir. Ancak tahıllar küf, kabuk parçacıkları, başakçıklar, nişasta topları ve tahılın kendisinden gelen kıllar ve bunların yanı sıra böcek parçacıkları, polenler ve kemirgen kıllarıyla da kirlenmiş olabilir.

OTZS'yle ilgili güzel haber, bu hastalığa yakalanan çiftçilerin genellikle birkaç gün içinde iyileşmesidir. Kötü haberse, hastalığa bir kez yakalanan bir çiftçinin muhtemelen tekrar yakalanacağıdır. Çiftlik işçileri eğer OTZS yüzünden çiftliği bırakıp kente göçmezlerse, bu kez "çiftçi akciğeri" denilen hastalığa yakalanabilirler. Kırsal kesimde rastlanan bu hastalık bronşite, nefes darlığına, kilo kaybına, vücudu yavaş yavaş oksijenden yoksun bırakan akciğer fibrozu hastalığına karşı ömür boyu devam eden bir mücadeleye dönüşebilecek alerjik bir durumdur.

Bir inek bile, burnu uzun yıllar boyunca tozlu yemlere gömülmüş bir halde yaşarsa "çiftçi akciğeri" hastalığına yakalanabilir. Sis humması adı verilen hastalık ise, inekte kronik öksürüğe ne-

den olur. Sis humması sakin bir hayat süren ineği güçten düşürecek bir sorun değildir. Fakat hastalığın *atlarda* rastlanan ve "soluğan hastalığı" denilen versiyonu, yarış atlarının kariyerine zarar verebilir.

Bu bitki tozları pek göze batmazlar. Öte yandan "hayvan" tozları, varlıklarını fark edilmemesi mümkün olmayan kokularla duyururlar. Üstelik beklenmedik ölçüde büyük zarar da verebilirler. Örneğin domuz tozları gübre taneciklerinden kuru hayvan dışkısı parçacıklarına, hastalık saçan mikroplara, ahır samanı ve yem parçacıklarına, domuz derisi parçacıklarına ve bol miktarda endotoksine kadar pek çok şey içerir. Nebraska Üniversitesi Tıp Merkezi'nde akciğer uzmanı olan Susanna Von Essen'a göre, binlerce domuzun aynı ağıla tıkıldığı, toplu üretim yapılan çiftliklerde toz özellikle tehlikelidir.

Von Essen, "Domuz ağıllarında çok fazla endotoksin, toz ve amonyak bulunur, bu yüzden de birden çok maddeye maruz kalmak mümkündür. Ayrıca çiftçilikte kâr marjları düşüktür, dolayısıyla insanlar genellikle ahırların havasını temizlemek için para harcamak istemezler." Von Essen, domuz tozlarının etkisinin kolay anlaşılamadığını söylüyor. En olası zanlılar endotoksinler olsalar da, laboratuvar deneylerinde Von Essen toz örneklerinden endotoksinleri ayırmış, buna rağmen geride kalan tozların yine hücrelerde şişmeye yol açabildiğini görmüştür.

"Bir 'Faktör X' var," diyor. "Bunu bulmaya çalışıyoruz." Domuzlarla insanlar arasında geçen virütik hastalıklar ise bu kadar gizemli değil. Von Essen, havada uçuşan damlacıkların zaman zaman hayvanlardan insanlara menenjit ve domuz gribi bulaştırabileceğini söylüyor.

Albert Heber, bu alanda ilk elden deneyim sahibi olan bir domuz tozu araştırmacısı. Purdue Üniversitesi'nde profesör olan Heber, şu aralar domuz çiftliklerinden çıkıp civarı rahatsız eden çeşitli mikropları ve başka tozları inceliyor. Fakat gençliğini dayısının domuz çiftliğinde çalışarak geçirmiş olduğu için, durumun ahırların içinde çalışan insanlar için, rüzgârla bu tozlara maruz kalanlar için olduğundan daha zor olduğunu biliyor.

"İnsan her zaman öksürükle balgam çıkarır" diye hatırlıyor. "Bunun neden olduğunu o zaman bilmiyordum. Beş yıl boyunca çektim. Sonra dayımın işini bıraktım, öksürük de geçti. Daha sonra bu araştırmaya başladım ve " Demek ki buymuş!" dedim. Şimdi bile birkaç dakikalığına bir ahıra girecek olsam, o *tadı*... o etkileri birkaç gün yeniden yaşıyorum."

Heber, 1980'lerde domuz tozuna alerjisi olduğu için kendi ahırlarında 15 dakikadan fazla kalamayan bazı çiftçilerle tanıştığını hatırlıyor. Koşullar iyileşmiş olsa da, bu işte çalışanların çok sık değiştiğini söylüyor. Bu pek şaşılacak bir durum değil. "Filtrelerin üzerinde topladığımız toz pislik renginde," diyor. "Kahverengi. Dışkı tozu bu." Heber İngiltere'de, domuz çiftliği sahiplerinin bütün işçilere bir solunum cihazı vermek zorunda olduğunu söylüyor. Ama bu ABD'de geçerli bir uygulama değil.

Kümes hayvanı yetiştiriciliği de kolay bir iş değil. 1960'ta kuş tozu hastalığı ilk kez ördek yolucular ve muhabbet kuşu yetiştiricilerinde fark edildi. Daha sonra tavuk ve hindi yetiştiricilerinde de görüldü. Ancak toz hastalığı en çok güvercinlerden dolayı bilinir. Güvercin meraklısı beş kişiden biri kuşlara karşı alerjik bir tepki geliştirir. Dolayısıyla hastalık "kuş meraklısı hastalığı" ve "güvercin besicisi akciğeri" gibi isimler almıştır

Genellikle, kuru kuş pisliğindeki mantar tozu bu hastalıkların sebebi olarak gösterilmiştir. Bu görüş kimi zaman eleştirilmiştir, çünkü güvercin dışkısı "higroskopik"tir"; yani suyu çeker ve cıvık kıvamını korur. Yapışkan şeyler de toz haline gelme eğiliminde değildir. "Buğu" ise başka bir adaydır. Buğu güvercinlerin tüylerini su geçirmez yapmak için kullandıkları gerçekten de küçücük parçacıklar halindeki balmumlu maddedir. Düşen her tüyün ucunda kuştan çıkan kurumuş serum –kan sıvısı– da başka bir adaydır. Bütün bu kuş parçacıkları alerjiye yol açması muhtemel maddeler içerir.

Dünyanın bütün kötü ruhlu tozlarında söz konusu olduğu gibi, çiftlik tozları da bahçe çitinde durmaz. Bir kömür madeni, kâğıt fabrikası ya da atık yakma varili nasıl civardaki havayı kir-

letiyorsa, bir çiftlik de etrafındaki havayı kirletir. Böcek ilaçları ve gübreler, gaz ya da toz halinde yerleşim yerlerinde istedikleri gibi dolaşabilirler. Hele toprağa gelince, tonlarcası havada uçuşur. Tahıl tozları bile temiz kır havasına pek çok şey katabilir. Topluca hesaplandığında, ABD'deki silolar ve un değirmenleri gibi tahılın saklandığı ve işlendiği – tesisler çevrelerindeki havaya her yıl yarım milyon ton toz salmaktadır, bu toza fare kılları ve böcek parçacıkları da dâhildir. Bu toz hastalıklardan daha feci olabilecek bir tehlikeye yol açabilir.

Tahıl her döküldüğünde, itildiğinde ya da karıştırıldığında, taneler birbirine sürtünür ve parçaları kopar. Bu ince toz tahılın arasında, havada, aletlerin üzerinde, deponun köşelerinde birikir. Boyutu çok küçük olduğundan, son derece parlayıcıdır. DeBruce Grain, Inc.Şirketinin silosunda çalışan işçilerin 1998'de ilk elden öğrendiği gibi.

Kansas Haysville'de bulunan ve dünyadaki en büyüklerden biri olan tahıl deposu, düzlük arazide yaklaşık yarım kilometre boyunca sıra sıra uzanan yüksek çimento silolarından oluşmaktadır. Taşıma kayışları yeraltındaki tünellerden geçerek tahılı bu tesisin içinde taşırlar. 8 Haziran sabahı deponun bir yerinde, aniden bir kıvılcım çaktı. Belki taşıma kayışlarından birinde eskimiş bir mil yatağı ısınmaya başlamıştı, belki de çalışanlardan biri lambayı yanlış bir yerde bırakmıştı; ilk kıvılcımın kaynağı bulunamadı.

Sebep ne olursa olsun, sıcak bir şey, çevresindeki tozun giderek ısınmasına yol açtı. Kıyıda kalmış bir parça toz yanma noktasına gelince de, küçük bir ateş topu patlayıverdi. Ateş topu havadaki tozun içinde hızla genişledi. İlk ateş topu zayıftı. Fakat havaya, yatışmış tozlardan yoğun bulutlar kaldıracak kadar güçlüydü. Havaya yeni kalkan bu toz bulutu da alev aldığında, meydana gelen ikinci bir patlama otomobil büyüklüğünde beton parçalarını ambarların dışına fırlattı. Silonun çelik kapılarını alüminyum folyo misali buruşturuverdi. On altı kilometre ötede Wichita'da evler sarsıldı. Ortalıkta tozdan, tahıldan, yaralı işçilerden geçilmiyordu. Yedi kişi öldü, bunlardan dördü günler-

ce tahılın altında gömülü kaldı. Yıkık silolardan haftalarca yanan tahılın dumanı tüttü. Haysville tek değildi. O yıl ABD'de 18 toz patlaması daha oldu; bereketli bir yıldı yani. Bu patlamalarda toplam 24 kişi yaralandı ve 30 milyon dolar değerinde mal hasar gördü.

Fakat bir çiftlik tozunun civarı üzerindeki etkisi açısından, bir toz patlaması bile birkaç bin domuzdan çıkan toz kadar sorun yaratmayabilir. Komşular için bitki tozları basit sorunlardır. Fakat havada uçuşan hayvan tozları, rüzgârdaki herhangi bir değişimi şaşmaz bir şekilde taşıdıkları kokularla haber verirler.

Profesör Albert Heber, mesleğinin bu aşamasında vaktini domuz ağıllarının dışında, komşuların burnuna çarpan zararlı tozları azaltmanın yolunu arayarak geçiriyor. Araştırmalarından biri, bir domuz ağılından, rüzgârın estiği yönde 200 metre kadar uzakta ölçülebilecek bir bulut oluşturacak kadar çok bakteri çıktığını ortaya koydu. Bakteriler, bir futbol sahası uzaklıkta bile tespit edilebiliyorlardı; kuru ve güneşli havaya rağmen canlıydılar. Bakteriler bir yana, domuz tozu tek başına bile bile rüzgâr yönünde bir buçuk kilometre öteyi kokutacak kadar yoğun olabilir.

Heber, "İnsanlar genellikle tozdan şikâyet etmez," diyor. "Kokudan şikâyet ederler. Ama kokuyu toz taşır. Sadece tozu göremezler."

Domuz tozunun kokusu efsane olmuştur, inek tozunun da ağırlığı açısından rakibi yoktur. Kasaplık sığırların besiye çekildiği yemlikler, uzmanların "dışkı tozu" dediği şey açısından özellikle verimlidir. Kasaplık bir hayvan bir ahırda beslendiği her gün, kuru ağırlıkla beş-altı kilo dışkı üretir. Ahırlar nemli tutulmazsa, inek dışkısı öbekleri kısa süre içinde kurur. Sonra akşamın serinliğinde sığırlar huysuzlanır. Dışkılarına sıkı bir tekme indirip küçücük parçalara ayırırlar. Toz haline gelen dışkı öbekleri havaya karışıp gider.

Ama sahiden gider mi acaba? Açık ağıla kapatılmış bin inek bir gün içinde çevreye yaklaşık yedi buçuk kilo dışkı tozu salacaktır. Bunun toplam etkisi korkunç olabilir. Teksas'ta her gün,

genellikle yaklaşık 3 milyon sığır yemliklerde dışkılarını toz haline getiriyor. Ülke çapında besi hayvanları her yıl 65.000 ton toz kaldırıyor. Erozyonla havalanan tarım topraklarının ağırlığıyla karşılaştırıldığında, bu küçük bir bulut sayılır. Fakat bu tozu akşam sofralarından silmek zorunda kalan çevre halkı için, hayvan tozlarının özellikleri, topraktan çok daha az olmalarının avantajını bastırmaktadır.

Beraberlerinde ölüm ya da hastalık salgını getirdiklerinde, çiftlik ve sanayi tozlarını belirlemek ve suçlamak kolaydır. Fakat doğanın bazı tozları da tehlikelidir; Türkiye'deki kayalardaki yerleşimlerde görüldüğü gibi. Nerede yaşadığınıza bağlı olarak, yörenizdeki toz bir canavar olabilir. Mısır'daki bir mumyaya sorun.

1973'te Detroit'te Wayne Eyalet Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden bir tıp ekibi "mumya çözücünün akciğeri" (gerçekten de vardır böyle bir hastalık) hastalığını önemsemeden iki bin yıl önce ölmüş Mısırlı bir erkek üzerinde otopsi yaptı. Bu adamın vücudunda her türlü hayret verici şeyi buldular; bağırsaklarında kurtlanmış bir et parçası vardı, atardamarlarında da skleroz bulundu. Skleroz bugün yağlı beslenmeye bağladığımız bir rahatsızlıktır. Fakat doktorlara eski Mısır'ın havası hakkında asıl bir şeyler söyleyen, cesedin tozlu akciğerleri oldu. Cesedin akciğerleri yol yol liflerle sertleşmişti. Ve bu hastalıklı bölgelerde iki tür toz birikmişti: biri dumandan gelen siyah karbondu. Araştırmacılar bu tür bir akciğer hastalığının tahmin edilebilir olduğunu, "muhtemelen, insanın kulübe, mağara ya da çadır gibi yerlerde ateş yakmasıyla birlikte ortaya çıktığını" belirttiler.

Fakat diğer toz kuvarstı. Mumya silikoz hastasıydı. Mumyanın ellerini inceleyen ekip bu Mısırlının bir taş ocağı işçisi ya da kol gücüyle çalışan bir işçi olmadığı sonucuna vardı. Bu kuvars tozunu almasının tek bir yolu vardı. Çölde akciğerlerini doldurmaya yetecek kadar kum fırtınasına maruz kalmıştı.

(Cesedin kemiklerine işlemiş başka bir toz, antik Mısır'ın havası hakkında daha hoş bir öykü anlatıyordu. İskeletteki kurşun yoğunluğu milyonda birden azdı. Bugünkü insanların kemikler-

de bu zehirli metalden bunun altı ilâ 20 katı daha fazlası bulunur; bu metaller hâlâ kurşunlu benzin yakan otomobillerden ve maden tasfiye fırınlarından havaya savrulur; kirlilik yaratan eski maddeleri yeniden devreye sokan toprak tozuyla birlikte havaya karışır.)

Mumyadaki hastalık olan "çöl silikozu" çölde yaşayan insanların bir kısmı için hâlâ bir belâdır. Bilim insanları bu toz hastalığını ilk olarak Libyalılarda ve Necef Çölü bedevilerinde fark ettiler. Hastalık o zamandan bu yana başka şaşırtıcı yerlerde de baş göstermiştir.

1991'de Hintliler ve İngilizlerden oluşan bir tıp ekibi Hindistan'ın kuzeyinde Himalayaların üç kilometre kadar yükseğinde silikoz yoğunlukları keşfettiğini duyurdu. Yüksek bir vadide yer alan Chuchot köyü bahar aylarında, dağın manzarasını kapatacak kadar koyu toz fırtınalarına maruz kalıyordu. Biraz daha yüksekte bulunan Stok köyü daha az toz alıyordu. Fakat her iki köy de, sakinlerinin ciğerlerinde silikoz yıldızlarının çıkmasına yetecek kadar toz alıyordu. Ekibin röntgen çekerek yaptığı araştırmada, Chuchot'taki hemen her kadının, bir derecede silikoz hastası olduğu anlaşıldı, erkeklerin de yarısı hastaydı. (Araştırmacılar, kadınların tozlu toprakta çiftlik işlerinin çoğunu yaptığına, aynı zamanda toprak tabanlı evlerin temizliğinden de sorumlu olduğuna dikkat çekiyordu.) Silikoz oranları Stok'ta biraz daha az olmasına rağmen, hâlâ hayret uyandıracak derecede yüksekti. Aynı araştırmacılar daha sonra üçüncü bir köyde üç kişinin çok ilerlemiş silikoz hastası olduğunu gördü.

Çöl silikozu California'da Central Valley çiftçileri arasında, yarı çöllük San Diego'da hayvanat bahçesindeki hayvanlarda, California'nın Monterey-Carmel yarımadasındaki atlarda da görülmüştür. Fakat bazı bilim insanları, çöl silikozunun genelde yanlış bir adlandırma olduğunu savunur. Çölde yaşayanların akciğerlerinde kuvars tozu vardır, zaman zaman vücudun fazlasıyla kuvars yüklü olduğunun tipik işareti olan lifli yaralar da görülür. Fakat bu akciğerler aynı zamanda ev içinde yemek pişirmek için yakılan ateşten dolayı siyah kurum bakımından da zen-

gindir. Bir grup araştırmacı, kum taşı aletlerle mısır öğüten Güney Afrikalı kadınları inceledikten sonra, çöl insanları arasındaki duman ve toz hastalığı için "kulübe akciğeri" demenin daha iyi olacağını önemiştir.

Sanayi tozları gibi, doğal tozlar da hem "mineral", hem de "bitkisel" olurlar. Polen muhtemelen minik rahatsızlık kaynaklarının tüm dünyada en fazla bilinenidir. Fakat bazı bitkisel tozlar, sadece bir yere özgü olabilirler.

"Vadi Humması"nın nedeni, bir kuru toprak mantarının bir yolunu bulup insanların akciğerlerine girmesidir. İsmini San Joaquin Vadisi'nden alan bu mantar bir yılda güneybatı ABD'de binlerce insanı etkiler; ya kendiliğinden yüzlerine üflenmiş ya da insanlar toprakla uğraşırlarken topraktan çıkmıştır. "Çöl humması" ya da "çöl romatizması" da denilen bu mantar akciğerlerde sıvı toplanmasına, ateşe ve ağrılara yol açar, ama nadiren ölümcül olur. Basında çok haberi çıkar. Bu mantarın her yıl yalnızca birkaç kişiyi hasta ettiği California'nın Simi Vadisi'nde, vadi humması pek bilinmez bile. En azından, 1994'te Northridge depremleri Los Angeles'ın kuzeyindeki tepeleri vuruncaya dek bilinmiyordu. Fakat bundan kısa süre sonra, Simi Vadisi bölgesinde 200'ü aşkın insan birden mantar humması yüzünden yataklara düştü.

Hastalık Denetimi Merkezleri, epidemiyologlar Eileen Schneider ile Rana Hajjeh'yi mantar tozunun nereden geldiğini anlamak üzere olay yerine gönderdi. Araştırmacılar depremin ve artçı sarsıntıların binlerce toprak kaymasına yol açtığını öğrendiler. Yamaçlardaki kuru toprak gevşeyip kaydıkça, toz bulutları havaya kalkmıştı.

Schneider "Bu bulutlar etkileyiciydi," diyor. "Bulutların koca koca şehirleri neredeyse kapladığını gösteren resimler var. Bulutların bazıları birkaç ev büyüklüğündeydi. İnsanlar tozun her yere, havuzlara, evlere indiğini söylüyordu. Kendilerini korumak için, derme çatma maskeler takıyorlardı."

Kurbanların acil servislerin yolunu tutması birkaç gün aldı. Öksürük, yorgunluk, gece teri ve ateş şikâyetleri vardı. Birço-

ğuna yanlışlıkla zatürre teşhisi konmuştu. Çoğu iyileşti. Hatta Schneider ile Hajjeh hastalananlardan dörtte üçünün hiç hastaneye yatmadığını öğrendi. Ama üç kurban ölmüştü.

Ekip hastaların bulunduğu yerlerin ve çeşitli yer kaymaları sonrasında yükselen toz bulutlarının izlediği yolların haritasını çıkardığında, iki haritanın örtüştüğünü gördüler: Toz bulutları insanların hastalandığı yerlerden geçmişti. Daha da sağlam bir kanıt, araştırmacıların toz bulutu içinde daha fazla zaman geçirdiğini bildiren insanların Vadi hummasına yakalanmış olmalarının daha muhtemel olduğunun ortaya çıkması oldu. Birçok tehlikeli toz gibi, bu toz da pek anlaşılamamıştı.

Schneider, "Hastalık belirtilerini göstermek için ne kadar spor solumanız gerektiğini kimse bilmiyor aslında," diyor. "Bazıları tek bir sporun yeterli olduğunu düşünüyor. Bazılarıysa daha fazlasına ihtiyaç olduğunu söylüyor."

Uçan mantarların hayat tarzları da gizemlidir. Schneider, topraktan örnek alıp sporlar bulabileceğinizi, sonra 15 metre öteden bir başka örnek aldığınızda bu sefer hiç sporla karşılaşmayabileceğinizi söylüyor.

Hantavirüs, belirli yerlerde ortaya çıkan başka bir uçucu tehlike kaynağıdır. Fakat ilginç olan, bu belirli yerlerin Dünya'nın yüzeyinde her yıl değişiyor olmasıdır. Hastalık 1993'te teşhis edildiğinde, Amerika Birleşik Devletleri'nin güneybatısına özgü olduğu sanılıyordu. Fakat Hastalık Kontrolü Merkezleri kısa süre içinde, bu virüsün tüm dünyaya kemirgenler tarafından yayılan, iyi bilinen zararlı bir mikrop türünden geldiğini ortaya çıkardı. Ve bu virüsün hava durumuna bağlı olarak Dünya'nın herhangi bir yerini vurabileceğini fark etmişlerdi. Tek gereken, virüs kapmış birkaç fareydi.

1993'te ABD'nin güneybatı bölgeleri ortalamadan fazla yağmur aldı ve bitkiler çok gelişti. Fare nüfusu patladı. Bu virüsü taşıyan bir farenin dışkısı ve idrarıyla çıkardığı hantavirüs sayısında da patlama oldu. Ardından, 1999 sonunda Panama'nın bir bölümüne çok fazla yağmur yağdığında hantavirüs burada da ortaya çıktı. Hastalık Kontrolü Merkezleri'nin hep hazırlıklı ol-

masını gerektiren bir başka gelişmeyse 2000'de California Sağlık Departmanı'nın bir başka fare tozu mikrobu olan arenavirüs adlı bir mikrobun geçen 14 ay içinde en az üç kişiyi öldürdüğünü açıklaması oldu.

Hantavirüs ile arenavirüsün insanların soluyabildiği havaya yükselmesi için belli bir derecede kuruluk gerekir. Fakat eski bir kulübe bile kuruyup toz haline gelinceye dek atıkları barındırabilir. Sonra bir kampçı ya da bir çöl gezgini bu tozu karıştırdığında virüs ciğerlerine dalar. Hantavirüs enfeksiyonu geçiren bir hasta hastanede iyileşebilir. Fakat hastalığın genellikle ölümcül olmasının nedeni, kurbanın ciğerlerinin çok hızlı bir şekilde suyla dolmasıdır; o kadar ki hastaneye yetişecek zamanları olmaz. Fakat başka bir doğal tehlike daha vardır ki, o da kurnaz kurt mantarıdır. Kurt mantarı dünyanın birçok bölgesinde görülen küre şeklinde bir mantardır. Bu mantarın çeşitli türlerinin çapı bir-iki santim ile on santim arasında değişir. Kurt mantarı yaşlandıkça koyu renkli sporlarla dolar. Bahar döneminde bunlar, mantarın derimsi yüzeyindeki deliklerden "püskürüp" çıkar ve yeni kuşağın hayatını başlatmak için yola koşulur. Tabii biri onları burnuna çekmezse.

Bazı kültürlerde halk tıbbı burun kanamasını durdurmak için burna bir parça kurt mantarı sporu çekilmesini önerir. Anlaşılan olgunlaşmış spor topunu burun deliğine yaklaştırılıp içine sıkmak gerekiyor. Fakat sporları burun içinden geçip ciğerlere varmaktan alıkoymanın sırrı zamanın sisleri içinde kaybolup gitmiştir. Yeterli miktarda spor ciğerlere ulaşırsa eğer, artık hastanın burun kanaması gibi ufak bir rahatsızlığı düşünecek hali kalmayacaktır. Bu burun kanaması tedavisinin yan etkileri ateş, mide bulantısı, baş ağrısı ve nefes darlığının birleştiği şiddetli bir zatürre vakası gibidir.

1994'te Wisconsin'in güneydoğusunda kurt mantarlarının bir grup genci baştan çıkarmasıyla, Hastalık Kontrol Merkezleri kurt mantarı hastalığıyla ilgili olarak en son öğrenilen dersleri yayınladı. Merkez, sanki kurt mantarının burun kanamasını tedavi edici gücü yeterince çekici değilmiş gibi, bu mantarın bir türünün de psikoaktif olduğunu açıkladı. Ve o bahar, bir par-

tide sekiz genç, sırf eğlence olsun diye kurt mantarı çektiler ve çiğnediler. Hepsinde bir kusma dalgası başladı; ardından birkaç gün sonra hastalığın zatürreye benzer uzun dönemi başlayınca, gençler hastanelik oldular.

Düşündükleri "trip" herhalde bu değildi.

Ne tozu, ne kokuşmuş tozu, ne de ölümcül tozu insanlar icat etti. İnsanlar kendi tozlarını gezegenin yüzeyine saçmadan çok önce, Dünya üzerinde aynı toz tanesi çeşitliliğinin görüldüğü iki ayrı yer yoktu. Fakat insanlar nerede tezgâh açtıysa, oranın doğal türlerini öyle bir geliştirmiş ki, sonunda neredeyse hepsi tükenecek noktaya gelmiş.

Birkaç yerde, orijinal tozlar hâkimiyetlerini hâlâ sürdürmektedir. Bazı çöllerde, bazı sahillerde, hatta Türkiye'de bazı kaya evlerde yöre tozlarını taze ve ellenmemiş halleriyle koklayabilirsiniz. Maine'de yerleşimin olmadığı sahiller boyunca, granit tozu havadaki deniz tozu zerrelerine karışır. Kayalara tutunmuş sıcak çam ağaçları yapışkan reçine damlaları salarlar. Bir çam kozalağını parçalayan kızıl bir sincap kozalaktan kahverengi, küçük bir toz bulutunun havalanmasına sebep olur. Koyu renkli ve yağlı su samuru dışkısı, sindirilmiş balık parçacıklarını rüzgâra bırakır. Bu tozlar oldukları yere kendine özgü bir koku bırakır.

Böyle yabanıl ve tozlu bir yerden dönüp de modern yaşamın kalabalık havasına daldığınızda, getirdiğiniz hatıraları da göğsünüzün içinde taşırsınız. Deniz tuzu çözünecek ve vücudunuzun okyanusunda kaybolup gidecektir. Çam tozunun başına da aynı şey gelecektir. Fakat bu zerrelerin belki de birkaçı, en zorlu ve en acımasız olanları, akciğerinizin bir köşesine yerleşecek ve ömür boyu sizi bırakmayacaktır.

10. Bölüm

Mikroskobik Canavarlar ve Ev İçindeki Diğer Belâlılar

Ebola ve Batı Nil virüsü gibi ender rastlanan hastalıklar ve hatta tozlu hantavirüsle ilgili haberler her ne kadar heyecan verici manşetlere konu olsa da, burnumuzun dibinde daha geniş kapsamlı bir salgın, küçük bir patlama yaşamaktadır: Astımdır bu hastalık.

Astımdan etkilenen insanların sayısı, 1970'lerden beri her on yıl kabaca yüzde 50 artmıştır. Yeni kurbanların çoğu çocuktur; çocuklar arasında astım oranı 1980'den bu yana iki katına çıkmıştır. ABD'de bugün toplam 13 milyon kişi bu hırıltılı hastalıktan muzdariptir. Bu hastalar her yıl acil servisi iki milyon kez ziyaret ederler; her gün 14 hasta soluk boruları şişip kapandığı için nefes darlığından ölür. ABD'de astımın yayılması devam edecek olursa, 2020 yılına gelindiğinde, yaklaşık 10 kişiden biri hasta olacaktır. Bu patlama başka zengin ülkeleri de etkilemektedir.

Virginia Üniversitesi'nde astım üzerine araştırmalar yapan Thomas Platts-Mills "Yeni Zelanda, Birleşik Krallık, Hollanda, Japonya, Avustralya," diye hayretle sayıyor parmaklarıyla: Hepsinde de astım oranları fırlamış durumda. Özellikle Finlandiya'nın durumu inanılmaz. Ülkenin askeri kayıtları, astım hastası 19 yaşındaki erkeklerin sayısının 1960'tan beri 20 kat arttığını gösteriyor. Astım özellikle şehirlerde yaygınlaşıyor.

Bu patlama öncesinde, kimin astıma yakalanacağı konusunda tahmin yürütmeye yarayan en iyi araç genetik bilimiydi, çünkü astım aileden geçer. Fakat yeni kurban sayısının böyle büyük sayılara ulaşmasını kalıtımla açıklamak mümkün değildir. Peki, o halde, kimin bu hırıltılı hastalığa yakalanacağını gösteren ikinci işaret nedir? Bu, bir tür alerjidir. Ev tozunda bulunan belli bir bileşene alerjisi olan insanların astıma yakalanma ihtimali çok yüksektir. Gerçekten de toz alerjisi olan –toz maytlarına, küfe, hamam böceklerine ya da evcil hayvan döküntüsüne karşı – insanların sayısı da giderek artmaktadır. Bürosunda, bir kitap rafına tünemiş bej-kadifeden bir oyuncak toz maytının bakışları altında oturan Platts-Mills, tozla ilişkimizin önemli bir biçimde değiştiğini söylüyor.

Platts Mills "1980'lerde astımın nedeninin evlerin sıkışık olması, daha fazla ısı, daha fazla halı, daha fazla mobilya bulunması olduğunu varsayardık," diyor. Başka bir deyişle tozların ve maytların birikebileceği daha fazla yer vardı ve alerji yapan bu maddeleri süpürüp götürecek hava akımı da daha azdı. Fakat astım patlaması bu varsayımın yeniden düşünülmesini zorunlu kılmış ve Platts-Mills'in bu konuda yeni bir teorisi var. Platts-Mills, sorumluluğun tümünün değil, sadece bir kısmının ev tozlarında olduğuna, inanıyor. Astımın zengin ülkeleri hedeflediğine dikkat çeken Platts-Mills, sorumluluğun biraz da varlıklı insanların akciğerlerini kullanılma biçiminde yattığına inanıyor. Bu organlar ekstra dozda tozla karşılaştıklarında güçlü kalabilecek kadar talimli değiller.

Fakat bu konuda getirilen tek açıklama Platts-Mills'in açıklaması değil. Karşıt bir teori olan "hijyen teorisi" eski moda ev

tozlarının – özellikle mikroplarla dolu tozların – aslında çocukların daha güçlü olmasını sağladığını ileri sürüyor. Hijyen varsayımı, modern hayatın tozsuz niteliğinin çocukları tehlikeye attığını söylüyor.

Ne var ki toz ile akciğerlerimiz arasındaki ilişki değişmiştir. Bilim insanları uzun zamandır can sıkıcı bir sorun olarak görülüp göz ardı edilmiş olan ev tozunu artık mikroskop altına yerleştirmektedirler. Buldukları şey, genellikle korkutucudur; keşifleri de çoğu zaman astımın ötesine uzanır.

Araştırmacılar tozu analiz etmek için birinin evine girdiklerinde, genellikle işe havada nelerin dolaştığına bakarak başlarlar. Ne de olsa, bu, herhalde en çok soluduğunuz tozdur. Bu bilginler çalışmaları sırasında "kişisel bulut" dedikleri bir şey keşfetmişlerdir. "Kişisel bulut" her gün soluduğumuz birçok tozun varlığını açıklamaktadır. Ve bu bulutun neden oluştuğu pek o kadar belli değildir.

1990'da ev tozuyla yapılan ve önemli bir ilerleme gerçekleştiren bir deneyde, araştırmacılar California Riverside'da 178 kişiyi kişisel toz izleme cihazlarına bağladılar. Katılımcılar yemek yaparken, okurken, uyurken v.b. 12 saat boyunca bu monitörlere bağlı kaldılar. Deney sırasında araştırmacılar evlerin içindeki ve dışındaki havayı da toz açısından izlediler. Sonuçlar şaşırtıcıydı.

Bu civarda evlerin hem içindeki, hem de dışındaki toz seviyesi epeyce yüksekti; EPA'da görevli ve araştırma ekibinde yer alan çevrebilimci Lance Wallace, bu seviyenin federal sınırın yarısıyla üçte ikisi arasında olduğunu söylüyor. Fakat insanların vücutlarına takılan monitörler toz seviyesinin *çok daha yüksek* olduğunu gösteriyordu. Bu araştırmanın ortaya çıkardığına göre, eğer insanlara çok fazla toz saldıkları için ceza kesilecek olsaydı, her dört Riverside sakininden birinin cüzdanlarına el atması gerekecekti. Wallace "Kişisel bulut bir insanın maruz kaldığı toplam tozun yaklaşık üçte birini oluşturur," diyor. "*Büyük* bir toz kaynağıdır." Biraz da sırkaynağı.

Wallace, derinin kişisel bulutun en göze çarpan unsuru olduğunu söylüyor. Bilim insanları kişisel monitörlerden alınan filtreleri incelediklerinde 12 saat içinde 150.000 ilâ 200.000 deri döküntüsünün toz monitörüne girmiş olduğunu gördüler.

Bu bir yetişkinin döktüğü derinin küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bir gün içinde bir yetişkin yaklaşık 50 milyon deri parçası dökebilir; mikroskop altında bakıldığında bu parçacıklar rüzgârda uçuşan gazete kâğıtlarına benzerler. Wallace'ın tahminlerine göre, her gün kendi deri döküntülerimizin 700.000'ini soluyoruz. Geri kalanlarsa yavaşça yere iniyor ya da çarşaflarımızın iplikleri arasına sıkışıyor ya da kanepe minderlerine ulaşıyor ya da abajurun üstünde birikiyor. İnsan kendi derisini soluduğu için astım olur mu? Bu ihtimal dışıdır. Fakat Riverside'daki toz filtrelerinin incelenmesi derinin kişisel bulutun ancak yüzde 10'unu oluşturduğunu gösteriyor. Wallace, derinin filtre üzerinde rastlanan, tanınabilir toz cinslerinden en büyüğü olduğunu söylüyor.

Öyle görünüyor ki, kumaş tiftikleri de kişisel buluta katkıda bulunan belirgin bir unsurdur. Çamaşır kurutucusu filtresinin üzerinde biriken yumuşak iplikçik yumağı, giysilerinizdeki iplikçiklerin ne kadar kolay koptuğuna dair bir fikir verebilir. Başınızı çevirdiğinizde, boynunuz ile gömleğinizin yakası arasındaki sürtünme kumaşı parçalar, mikroskobik boyutta bir iplikçik bulutunun havalanmasına yol açar. Bacak bacak üstüne attığınızda daha fazlası havalanacaktır. Fakat Wallace kumaş iplikçiklerinin, filtrelerde deri döküntüsü kadar büyük miktarlarda görülmediğini söylüyor. Kişisel bulutun içindeki tozların çoğunluğu ise henüz bilinmiyor.

Wallace, bu küçük sırrı aydınlatmaya yaklaşmış olabilir. EPA'nın finanse ettiği bir deneyde Wallace, Virginia Reston'daki kendi evine bir dizi toz ve gaz monitörü bağlamıştı. Anlattığına göre, en hayret uyandırıcı şeyler evin dışından gelenler oldu: komşuları şöminelerindeki ateşi her karıştırdıklarında Wallace'ın evindeki, gaz sayacı onu uyarıyordu. Ve hafta içi her gün, her sabah evin içinden bir otomotiv yan ürünleri bulutu do-

lanıp geçiyordu, otoyolun bir buçuk kilometre uzakta olmasına rağmen. Limon kokulu mumların çıkardığı olağanüstü kurum bulutu da unutulacak gibi değildi. Fakat bir gün Wallace kazara kolunu bir toz monitörüne doğru salladı ve cihazın bir toz hareketi kaydettiğini gördü.

"Cihazın önünde kollarımı sallamaya başladım ve aynı etkiyi yeniden ürettim," diye anlatıyor. "Evinde aynı monitörden bulunduran bir meslektaşımı aradım, ona 'Wayne, kollarını monitörün önünde salla!' dedim, ama o bir sonuç alamadı. Sonunda 'Gömleklerini nasıl yıkıyorsun?' diye sordum." Anlaşıldı ki, Wayne gömleklerini yıkanmaları için dışarı gönderiyordu. Temizlenmiş gömlekler, üstüne giyinceye dek naylona sarılmış bir halde duruyordu. Wallace'ın evde yıkanan gömlekleriyse tersine, giyilmeden önce günlerce dolapta asılı duruyordu.

Wallace, "Yıkamak bir gömleğin üzerindeki parçacıkları alıp götürür, ama gömleklerin üstüne tekrardan yeni parçacıklar konacaktır," sonucuna varıyor. "Şimdi elimizde, başka kıyafetlerin de çevrelerindeki havadan toz topladığını, yıkanmalarının ardından bir gün içinde bir doygunluk noktasına ulaştıklarını gösteren veriler var," diyor. "Bu noktadan sonra da, kıyafetlere çarpan milyonlarca parçacık ya geri sıçrıyor ya da giysiye yapışarak başka parçacıkları yerinden düşürüyor. Dolayısıyla kişisel bulutumuz belki de kıyafetlerimizden havalanıyor." En büyük kişisel bulutları sert hareketler yaratıyor olsa da, Wallace evde çalışma odasında bilgisayarın başında sessiz sakin çalışmasının bile odadaki toz miktarını beş kat artırdığını gördü. Bunun, karışık ev tozlarından sadece bir parçası olduğunu düşünürsek, bu durumda kişisel bulut pekâlâ astım hastalığının sorumlusu olabilir; belki de ev tozlarının *her zaman* alerji yapan maddeler içermesi bile bunu açıklamak için yeterlidir. Fakat kişisel bulutumuzda, her gün içinde bulunduğumuz ortamların tozlarının da var olması gerekir. Ahşap işçilerinin tepesinde ağaç tozlarından bir bulut olacaktır, örgücülerin tepesinde de yünden bir bulut. Aşçılar arkalarında un izi bırakacaktır, temizlikçiler de çamaşır tozu saçacaktır. Romantikler ise, mum ve tütsü kurumu. Güzelle-

rin göz farı. Bahçıvanlar? Böcek ilacı, gübre, saksı toprağı. İyi ya da kötü, kişisel bulutlarımız evlerimizdeki o ev kokusunu sağlayan şeydir.

Astım ya da alerji hastasıysanız, yapmanız gereken en son şey evinizdeki tozu temizlemeye çalışmaktır. Ev temizliği her zaman yerdeki tozu havaya kaldırmanın etkili bir yolu olmuştur; havaya kalkan tozu da soluyabilirsiniz. Ters etki doğuran bir çabadır bu.

Örneğin bildiğimiz el süpürgesi, bir ölçüde güç kullanılarak kiri bir yerden bir başka yere taşır. Ağır döküntüler yerde kayıp, oradan oraya sıçrarken, hafif tozlar havalanır. Evdeki pek az faaliyet böylesine toz kaldıran bir yöntemle yarışabilir. Elektrikli süpürgenin bu kadar rağbet görmesine şaşmamak gerek!

Geçen yüzyılın başında üretilen ilk elektrikli süpürgeler bir kişi hava pompalarken, bir diğerinin tozu çeken hortumu etrafta dolaştırmasıyla çalışıyordu Birinci Dünya Savaşı sonrasında bu teknoloji küçülüp daha kolay ve keseye uygun bir biçim aldı. El süpürgesi gözden düşmeye başladı. Fakat kısa süre önce, ortaya çıktı ki, elektrikli süpürgenin de küçük ama pis bir sırrı vardı: fazlasıyla toz çekiyordu, ama bazı makinelerde en küçük ve en kolay solunabilecek parçacıklar filtreden doğruca geçip havaya karışıyordu.

Michael Hilton, Georgia eyaletinin Dalton kentinde halı imalatçılarını temsil eden bir sanayi grubu olan Halı ve Kilim Enstitüsü'nde (CRI) görev yaptığı sırada elektrikli süpürgeleri test etmek için bir program geliştirmişti. Hilton, ilk önce rastgele seçilmiş otuz makinenin toz sızdırma oranlarını test ettiğinde, en ağır suçlunun dükkânlarda kullanılan bir temizlik süpürgesi olduğunu gördü; bu süpürge havanın kötü olduğu bir günde büyük bir kentin havasındaki toz miktarından on kat daha fazla toz püskürtüyordu. (Bu kıyaslama biraz yanlıdır, çünkü Hilton, süpürgeden çıkan bütün ebatlardaki tozları araştırmaya dâhil etmiştir; oysa federal standartlar sadece çapları bir kılın onda birinden küçük olan tozlar için geçerlidir.) Hilton, otuz elektrikli

süpürge içinde, federal yasaların dışarıdaki hava için geçerli saydığı toz yoğunluğu sınırının yarısı kadarını üreten süpürge sayısının bir elin parmaklarını geçmediğini söylüyor. Bazıları da gerçekten çok az toz sızdırıyordu.

Bazı elektrikli süpürgelerini havadaki toz miktarını artırabileceği yolundaki açıklama, bu araçlarda bir devrime yol açmıştır. 1990'ların sonunda yeni modeller HEPA (yüksek etkinlikli parçacık hava) filtrelerini kullanmaya başladılar. HEPA filtreleri akciğerlere girebilecek küçük parçacıkları yakalamakta başarılıdır. Fakat aslına bakarsanız bu "ilerleme" bazı elektrikli süpürgelerinin başka bir kirli sırrını ortaya çıkardı.

Daha sonraları bir halı üreticisiyle çalışmaya başlayan Hilton "Bir elektrik süpürgesini alıyor, HEPA nitelikli bir torba takıyorduk," diye hatırlıyor. "Torba hava akımını azaltıyordu. Bu da süpürgenin halıdan çektiği tozu azaltıyordu. Dolayısıyla HEPA'lı süpürgeler içlerine çektiklerinin neredeyse yüzde yüzünü filtreliyorlar," diye gülüyor, Hilton, "Ama bunun miktarı pek fazla olmayabilir." Hilton, HEPA'lı olmayan elektrik süpürgelerinin de, eğer amacınız alerji yapan toz-mayt parçacıklarını filtrelemekse, son derece kabul edilebilir bir sonuç verebileceğini de ekliyor.

CRI kendi standartlarını belirlemiş ama, bunlar tümüyle keyfidir. Bu standartlara uygun olabilmek için bir elektrikli süpürgenin dışarıya saldığı toz miktarının federal yasaların dışarıdaki hava için belirlediği toz sınırının üçte ikisinden az olması gerekiyor. Süpürgenin, halıdaki deneme amaçlı kirin üzerinden sadece dört kez geçerek bunun "tatmin edici bir miktarını " temizlemesi bekleniyor. Ayrıca halıya görünür bir zarar vermemesi isteniyor. Hilton, bu standardı geliştirirken, elektrikli süpürgelerin yüzde 30'undan azı bu testi geçebilmişti. O zamandan bu yana fazla şeyin değişmediğini söylüyor kendisi.

Demek ki elektrikli süpürgeler alerjen maddeler içeren tozları kaldırabilir, bu tozlar da var olan astım hastalığını daha da ağırlaştırabilir. Fakat süpürgeler eski moda el süpürgelerinden daha az toz kaldırıyorsa, demek ki bu tür bir temizlik yöntemi astımın yaygınlığını *artırmakla* pek suçlanamaz.

Temizlikle ilgili olarak daha yakın bir zamanda gerçekleşmiş bir gelişme, tozla ilişkimizin değişmiş olmasıdır. Kadınlar dışarıda çalışmaya başladığından beri evlerin daha kirli halde geldiği öne sürülmektedir. Herhalde "hava tazeleyici kokuların" alışveriş çantalarında böyle kolayca yer bulmalarının nedeni daha tozlu, daha kötü kokulu evlerdir.

Pek az isim "hava tazeleyici" isminden daha yanıltıcı olabilir. Bu ürünlerin bazıları ortada dolanan kötü kokulu bir molekülle birleşip onu ağırlaştırarak bir yere yapışmasını kolaylaştıracak bir kimyasal içerebilir. Fakat EPA'daki bir uzmana göre hava tazeleyiciler genellikle "temizlik" için şu üç yoldan birini izler. Burnunuzun içindeki sinir uçlarını uyuşturur ve kötü koku almanızı engeller. Ya da aynı etkiyi uyandırmak için burnunuzun içini yağ damlacıklarıyla kaplar. Ya da evin içindeki havayı öylesine güçlü kokan kimyasallarla doldurur ki, bunların yanında diğer kokular sönük kalır.

Bu kimyasallar ister bir teneke kutudan püskürtülüyor olsun, ister bir diskten uçsun, isterse de bir yağın kaynaması sonucu ortaya çıkmış olsun, bazı bileşenler havada uzun süre boyunca kalacaktır. Gaz halini tercih eden bileşenler nihayetinde duvarlardaki çatlaklardan geçip dışarıya çıkabilirler. Fakat yapışkan, ya da katı hali tercih eden bileşenler ufacık keskin kokulu parçacıklar olarak bir süre dolaşacaklar, sonra duvarlara yapışacak, örümcek ağlarına takılacak ya da halıların üstüne düşecektir.

1990'larda yeni bir sözde temizlik ürünü ev içindeki küfleri, dumanı, başka kötü kokulu tozları örtme konusunda hava tazeleyicilerine meydan okuyordu. Mumların daha sağlıklı, sanki eski moda bir imajı vardı; balmumuna karıştırılmış bir parça parfümle nahoş kokuları gizleyebiliyorlardı. Kokulu mumlar uzun yıllardır var, fakat insanlar bunları genellikle bir ortam yaratmak için kullanıyorlar. Son yıllarda iki yeni eğilim kokulu mum satışlarını tavana vurdurdu. Biri mumların hava tazeleyici olarak pazarlanmasıydı. Diğeri ise, "New Age" düşünce akımının ortam yaratmaya yaptığı vurgudur. Buna göre kokulu mumların "aromaterapinin" psikolojik yararlarını sunduğu kabul edilir.

Sonuçta 1990'ların başlarında mum satışları yüzde 10 ilâ 15 artmıştır. 1990'ların sonlarında bu büyüme oranını ikiye katlamışlardır. Bütün bu mumların, her şeyin daha basit olduğu devirlerin simgesi olan bu ürünlerin zehirli ya da yıkıcı tozlar ürettiğinden kim kuşkulanırdı ki?

Public Citizen (Kamusal Yurttaş) örgütü elbette. Tüketicileri korumaya yönelik bu grubun mum çılgınlığının insanların evlerine kurşun tozu saçtığı yönünde bir öngörüsü vardı. Dolayısıyla Public Citizen araştırmacıları, Baltimore ve Washington D. C. bölgelerindeki dükkânlardan yaklaşık 90 mum almışlar ancakj fitillerinde ince metal bir aksam bulunanları seçmişler. Şubat 2000'de de kuşkularının doğrulandığını açıkladılar: bu ince metallerin yüzde 10'u ciddi oranda kurşun içeriyordu.

Kurşun olsun olmasın, metal bir teli yaktığınızda, metal esasen buharlaşıp havaya karışır. Havada çabucak soğuyup küçük toz zerrelerine dönüşür. Public Citizen örgütü, yaklaşık 16 metrekarelik bir odanın içinde günde üç saat boyunca fitilinde kurşun bulunan bir mum yakmanın, havaya federal standartları çok aşacak miktarda kurşun karışmasına neden olacağını açıkladı ve fitillerin içindeki metallerin yasaklanması çağrısı başlattı.

(Evde yapabileceğiniz kolay bir test, bir mum fitilinin ucuyla "yazı yazmayı" denemektir. Kurşunun gri bir iz bıraktığını göreceksiniz. Public Citizen yapılacak en güvenli şeyin, içinde metal bulunan fitilleri hiç kullanmamak olduğu sonucuna varmıştır.)

Fakat bazı mumların ürettiği eski tür kurumla karşılaştırıldığında, kurşun tozu önemsiz bir figürandır sadece. "Hayaletleşme" denilen tümüyle modern olguyu ele alalım. Kuzey Carolina'da Raleigh'daki Advanced Energy Şirketi'nde inşaat bilimi uzmanı olarak görev yapan Frank Vigil bu pek tekin olmayan gelişmenin farkına ilk varanlardan biri olmuştur: Duvarlarda ve halılarda siyah çizgiler ve isler belirmektedir. Bunlar, hava akımlarının biriktirdiği kurumdur. Vigil mumların buna katkıda bulunan başlıca etken olduğunu düşünüyor.

"Mumların birçoğunda yüksek düzeyde koku verici yani parfüm bulunuyor. Koku vericilerin kimi zaman tamamlanma-

mış bir yanmaya yol açtığına inanıyoruz. Bu da kurum oluşmasına yol açıyor. Kavanozlardaki mumları ele alın: Kavanoz içinde olmalarının nedeni genellikle kokularının çok yoğun olması, balmumunun da daha yumuşak olmasıdır. Bir kavanoz içinde bulundukları için de oksijene açlık duyarlar." Bu da kurum yaratıyor.

Kullanıcı hataları da sorunun ağırlaşmasına yol açmaktadır. Vigil "İnsanlar fitilleri düzgün bir biçimde kesip düzeltmiyorlar. Fitilin 2,5 santimin sekizde üçüyle dörtte biri arasında uzunlukta olması (yaklaşık 3 mm) gerekir. Fakat bu bir mumu yaklaşık iki saat boyunca yakmanız, söndürmeniz, sonra da fitili kesmeniz gerektiği demek. Çoğu kişi böyle yapmaz. İnsanlar mumları hava akımı olan yerlerde yakar. Bu da alevin titremesine, titreme de daha fazla parçacığın oluşmasına yol açar. Bir mumu üfleyerek söndürmek bile çok büyük miktarda parçacık oluşmasına neden olur. Hâlbuki fitili mumun içine doğru batırmanız gerekir." Fakat mumlar hayaletleşme oluşumunun tek sebebi değildir tabii ki.

Vigil, "Ocaklar, su ısıtıcılar, şömineler, lambalar, oda ısıtıcılarla -sırf ekmek kızartma makinesinde bir parça kek ısıtmakla bile- kurum üretebilirsiniz," diyor. Dolayısıyla sahte bir temizlik sağlayan ürünler kuşkusuz bir evin içindeki toz miktarını yoğunlaştıracaktır. Fakat bu ürünlerin bileşenleri içinde astıma neden olan bir madde yer alıyor olsa bile, araştırmacılar henüz bu maddeyi yalıtmayı başaramadılar.

Vücudun her gün temizlenmesi bile, sorun yaratan tozların kaynağı olabilir, gerçi bunun sağlık açısından riski astım değildir. Talk pudrası çok sevilir, çünkü kökenindeki kaya doğal olarak kaygandır, bu da derinin deri üzerindeki sürtünmesini azaltır. Aynı zamanda doğal olarak emicidir ki, bu bir kayada ender rastlanan bir özelliktir.

Fakat talk pudrası ne de olsa tozlaşmış kayadır. İnsan vücutları da taş tozu solumak ya da başka bir biçimde bu tozu emmek için tasarlanmamıştır. İster inanın, ister inanmayın insanlar aşı-

rı dozda bebek pudrası yüzünden ölebiliyorlar. En açık örnekler, en küçük olanlardır: ABD'de bir zehirlenme kontrol merkezi yılda beş bin kereden fazla bebeklerin kazara pudra bulutu içinde kalmasından dolayı çağrı almaktadır. Bu bebeklerin yalnızca üç yüz kadarı sonuçta ortaya çıkan solunum semptomları yüzünden tıbbi tedavi görmektedir. Fakat bazen bu pudra kazaları bebeklerin ölümüne yol açabiliyor.

Bebek pudrası bulutu solumanın olumsuz etkileri olduğu öylesine güvenilir bir bilgidir ki, en az bir yetişkin bunu kasten yapmıştır. Munchausen sendromu, kurbanlarının, kendilerini hastalandırmak zorunda hissettikleri bir akıl hastalığıdır. Tıbbi literatür, *Munchausen sendromundan* muzdarip solunum teknisyeni bir kadının kendinde astım semptomları yaratmak için bebek pudrası kullandığı bir vakadan söz eder. Hasta, akciğer biopsisinden gelen tuhaf sonuçlar ortaya çıkınca, hastanenin bebek pudrasını solumayı âdet edindiğini itiraf etmiştir. Doktorların normalde akciğerlere girmesini beklediği parçacıklardan üç ilâ on kat daha büyük olan pudra parçacıkları sürüler halinde bu hastanın akciğerlerine girmiş.

Kadınların nemi emmesi için iç çamaşırlarına talk pudrası serpmesi, çok daha ağır bir hastalığa neden olabilir. Boston'daki Brigham and Women's hastanesinde epidemiyolog olarak görev yapan Bernard Harlow "Talk pudrası on yıldır inceleniyor. Sonuçlar çok tutarlı görünüyor: Talk pudrası muhtemelen rahim mukozası kanseri açısından risk yaratan bir faktör. Fakat toplam vakaların küçük bir bölümünün nedeni de olabilir" diyor." Şimdilik talk pudrası ile bu yaygın ölümcül kanser arasındaki bağlantı ancak dolaylı olarak açıklanabiliyor: Son çalışmalardan birine göre iç çamaşırlarını en az yirmi yıldır pudralayan kadınların talk pudrası kullanmayan kadınlara göre rahim kanserine yakalanmaları daha muhtemel. Harlow ile talk pudrası üzerine araştırma yapan meslektaşları talk pudrasının bu ölümcül kanser vakalarının yaklaşık yüzde 10'undan sorumlu olduğundan eminler. Fakat Harlow daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğunu kabul ediyor.

Harlow biraz umutsuzca, "Pek iyi incelenmemiş bir konu bu," diyor. "Bunun AIDS ya da göğüs kanseri gibi büyük bir sorun olduğu yönünde bir kampanya yok. Belki de öyle değil. Ama beni en fazla rahatsız eden şey, çok kolayca *önlenebilir* olması. Kadınların talk pudrası kullanmaları için gerçekten de bir sebep yok." Harlow mısır nişastası bazlı bebek pudralarının kanserle hiçbir bağlantı göstermediğine de dikkat çekiyor.

Bu hikâyenin rahatsız edici yanı, talk pudrasının kansere yol açtığı kesin olan asbestle güçlü bir kimyasal benzerlik göstermesi. Aslına bakarsanız bu iki kaya zaman zaman gezegenin yer kabuğunda iç içe geçiyor. 1980'lerde araştırmacılar bazı talk pudrası örneklerinde asbest lifleri bulmuşlardı. Şunu da belirtelim ki, her evde bulunan bebek pudrası markası Johnson & Johnson, kendi kullandığı talkın hiç asbest içermediğini, titiz madencilik faaliyetleriyle pudralaşmış mineralin saflığını koruduğunu ileri sürmektedir. Fakat asbest kirlenmesi kuşkusu, talk pudrasının üstünde dolaşmaya devam etmektedir.

Talk pudrasını nereye, neyin üzerine sürerseniz sürün, pudranın bir kısmı yapışkan derinizin üzerinden kayıp gidecek ve evin içinde serbestçe dolaşmaya başlayacaktır. Mısır nişastası, pudrası ev tozunun içinde yaşayan yaratıklar için mükellef bir ziyafet sofrası sunmaktadır. Havada sürüklenen nişasta parçacıkları çatlakların içinde birikir, hatta bazı evlerin içinde hava dolaşımını sağlayan kanallarda toplandıkları da görülmüştür. Küflerin, maytların ve toz içinde yaşayan başka yaratıkların mütevazı perspektifinden bakıldığında, sabahleyin havaya karışan bir miktar mısır nişastası pudrası onlar için hava akımlarının taşıdığı bir mısır gevreği kahvaltısı gibi olmalıdır.

Yemek pişirmek ister evde, ister mağarada ya da çadırda olsun her zaman en tozlu işlerden biri olmuştur. Bazı bedevilerin ve açık havada ateşte yemek pişiren diğer insanların akciğerlerinde, doktorlar düzenli olarak bol kurum birikintisiyle karşılaşmaktadır. Ateşi bir kutunun içinde tutmaya yönelik modern girişimler de tozu her zaman bastırabilmiş değildir.

Ev içindeki tozların en öldürücülerinden bazıları Çin'de kullanılan kömür sobalarından yükselir. Hem şehirlerde, hem de kırsal kesimde basit kömür sobaları evleri kurum ve sülfürle öyle fazla doldurur ki, adı kirliye çıkmış dışarıdaki hava yanında sönük kalır. Carnegie Mellon Üniversitesi'nde araştırma mühendisi olarak görev yapan Keith Florig, Çin'deki bu büyük kirlilik sorununu incelemiştir. İçinde birkaç sıkıştırılmış kömür tozu briketi yanan küçük sobaların kentlerde bile son derece rağbet gören bir eşya olduğunu söylüyor. Soba odadan odaya kolayca taşınabilir; bu da bacası olmadığı anlamına gelir. Kömür briketleri ham kömürden daha az duman çıkarsalar da, çıkardıkları duman evin içinde kalır.

Bu içten içe yanan kömür yüzünden yaşanan ölümlerin sayısı insanı şaşırtacak kadar yüksektir. Örneğin altmış yaş ve üzerindeki insanlar arasında akciğer hastalıkları oranı ABD'dekinin beş katıdır, Florig'e göre. Kömür sobası üzerinde kızartarak yemek pişirme de özellikle sağlıksız bir iştir. Florig, bir araştırmaya göre kızartarak yemek pişiren Çinli kadınların akciğer kanserine yakalanma riskinin, başka pişirme yöntemlerini seçenlere göre *dokuz kat* fazla olduğunu belirtiyor. Kızartma yapan kişi yiyeceği karıştırırken, yüzü, ocaktan kalkan kurumlara *ve* sıcak yüzünden zehirli bir hal almış kızartma yağlarının havada uçuşan zerreciklerine açıktır. Fakat yine de kızartmak en azından, bir kömür sobasıyla birlikte uyumak kadar tehlikeli değildir: Bir başka araştırmaya göre, otuz yıldır yatak odalarını kömür sobasıyla ısıtan Çinli kadınların akciğer kanserine yakalanma riski, yatak odalarında bu siyah taşları hiç yakmayan kadınlara göre *18* kat daha fazladır. Florig; "Çinli kadınlar arasında akciğer kanseri oranı ABD'li kadınlarda gözlenen oranla hemen hemen aynı," diyor. "Fakat ABD'de bu neredeyse tümüyle sigara içmeye bağlı. Çinli kadınlar arasında sigara kullanımı çok az." Çin'in güneybatısına özgü bazı kömür türleri de, evin havasına, oradan da yiyeceklere ciddi bir zehirli florür ya da arsenik katkısında bulunuyor. Florür de, arsenik de korkunç hastalıklara ve biçim bozukluklarına yol açabilir.

Kömür çok tozlu bir yakıttır. Fakat odun sobaları ve şömineler de evin içine kurum akıtır. Ve tıpkı kömürde olduğu gibi, çeşitli araştırmalar ev içinde odun yakılmasını, özellikle çocuklarda solunum yolu hastalıklarıyla ilişkilendirmektedir. ABD'de kurum bakımından zengin olan bu yakıtlara artık pek rastlanmamaktadır. Odun sobaları ve şöminelerin kalıcı olmaktan çok, bir ambians yaratmak için yakılmaları artık söz konusu. Dolayısıyla bu toz kaynaklarının astım suçlusu olma ihtimali çok düşüktür. Gelgelelim mutfaklarında dumansız gaz ya da elektrik ocakları bulunan bizlerin bile dikkate alması gereken, yemek pişirme sırasında oluşan bazı tozlar vardır. Yiyeceğin kendisi de muazzam boyutlarda toz bulutları oluşturur.

Eileen Abt, ev içindeki havayı inceleyen bir araştırmacıdır; 1996'da Boston bölgesinde dört evi toz monitörleriyle birbirine bağlayarak Harvard'da yaptığı doktora tezi için veri toplamıştır. Ölçüm cihazlarının çalıştığı günler boyunca Abt, deneklerinden, faaliyetleriyle ilgili bir günlük tutmasını istemiştir: yemek pişirme, elektrikli süpürgeyle temizlik, çocukların peşinden koşmak vs. Abt, iki bilgi kümesini, yani faaliyetler ve tozluluğu karşılaştırdığında, evin içinde toz oluşmasına en fazla neyin yol açtığını buldu. İnsanın sadece ortalıkta dolanırken yanında kişisel toz bulutunu da taşıması büyük miktarlarda toz kaldırıyordu. Fakat yemek pişirmek, toz oluşumunu son vitese çıkartıyordu. Abt, hazırladığı toz verilerinin grafiğinde kendi akrabalarından birinin evinde, fırının çalıştırıldığı süreyi işaretlemişti. Toz ölçüm cihazından geçen süper minik parçacıkların sayısı yaklaşık 15 dakika boyunca değişmeden kaldı. Ardından toz miktarı çizgisi neredeyse dimdik yükseldi. Akşam yemeği piştiğinde, evin içinde dolanan minik parçacıkların sayısı 20 katına çıkmıştı. Fırın kapatıldığında, toz ölçüm cihazının üzerindeki çizgi hızla aşağı iniyordu. Abt, fırında ve ızgarada pişirmenin, kızartmanın, mangalda pişirmenin ve tavada kızartmanın, hepsinin de bu küçücük zerrelerden inanılmaz miktarda ürettiğini ortaya çıkardı; bunlar çapları bir saç kılının birkaç binde biri kadar olan ya da daha küçük tozlardı.

Öte yandan yiyecekleri soteleme Abt'ın cihazlarına çok daha büyük parçacıklardan oluşan daha yoğun bulutlar gönderiyordu. "Soteleme grafiği"nde bir evde tavanın altının akşam 8.30'da yakıldığını görüyoruz. On beş dakika içinde havadaki parçacıkların sayısı, sote işlemine başlamadan önceki düzeyin 400 katına ulaşmıştı.

Peki, yemek pişirme sırasında oluşan bu tozlar nedir? Bunlar pişirilen şeyin, ısıyla değişmiş küçük zerreleri ve sıkışmış buharıdır. Gerçekten de zararlı olabilirler. Omurgalı hayvanların kas dokuları çok yüksek ısıda ya da çok uzun bir süre boyunca pişirilirse, bilinen en güçlü mutajenlerden bazıları oluşur. Mutajenler, DNA'ya zarar verir ve bu da kansere yol açabilir. Isıyla oluşan bu mutajenlerin çoğu yiyeceklere yapışır ve yemeğinizle birlikte onları da yersiniz. Mutajenler mide, bağırsak ve meme kanseriyle bağlantılıdır. Fakat aşırı ısınmış et kimyasallarının bazıları tavadan sıçrar. Havaya yükselen yanmış et kurumunda 34 farklı bileşen bulunmaktadır, California Livermore'da, Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı'nda yapılan kızartma araştırmalara göre bunlara hem mutajenler, hem de kansere yol açtığı bilinen maddeler dâhildir.

Ulusal Kanser Enstitüsü'nde yapılan araştırmalara göre et gibi, bazı sebze yağları da çok fazla ısıtılırlarsa mutajen içeren dumana dönüşebilirler. Açık arayla en berbat, mutajen bakımından en zengin yağ, kanolanın rafine edilmemiş versiyonu olan kolza tohumu yağıdır. Bu yağ Çin'de çok yaygın olarak kullanılır; belki bu burada yiyecek kızartmanın neden bu kadar tehlikeli olduğunu açıklayabilir. Fakat birçok duman şu ya da bu biçimde zararlıdır. Yanmış ekmek bile mutajen haline gelmiş kurumların oluşmasına yol açabilir.

Yemek pişirirken oluşan bu parçacıklar mutfakta ilk ortaya çıktıklarında çok küçüktürler. Ancak evin içinde dolaşmaya başladıkça, başka parçacıklarla birleşip büyütebilirler. Bunların bazılarını biz soluyarak içimize çekeriz. Kalanı ise dönüp dolaşıp herhangi bir yere konacaktır: duvara, bir resmin üstüne, perdeye, yere.

Yemek pişirmek elbette kuru tozların ortaya çıkmasına da neden olur. Mutfaktaki tozların birçoğu evin içindeki zayıf esintilerle pek uzağa gidemeyecek kadar büyüktür. Fakat evin aşçısı ellerini silkelediğinde ya da kişisel bulutuyla evin içinde şöyle bir dolandığında etrafa kakao ve un serpecektir. Mutajenik dumanlarla karşılaştırıldığında bu kuru tozlar zararsız olsalar da, evinizdeki tozun sağlığı açısından temel önemdedirler. Öncelikle bu bitki tozları zeminde bekleyip duran aç yaratıklar kalabalığını besler. Bakteriler, mantarlar, küçük böcekler, toz bitleri ve başka çöpçüler, hepsi de pasaklı aşçılara bayılır. Meyve sineği gibi büyük bir canlı bile yere düşen yiyecek tozlarıyla hayatını idame ettirebilir. Bu kanatlı harikaların larvalarının çatlaklarda birikmiş, mayalanmakta olan buğday unuyla yaşadıkları bilinmektedir.

Dahası, bu pudramsı tozlar evinizin içindeki toza çeşitlilik katar. Çiftçilerin ve işleyicilerin tahılları ve baharatı temiz tutması imkânsızdır; dolayısıyla federal kurallarda herhangi bir öğütülmüş tozun içinde ne kadar böcek parçasının ve başka otlakçının yaşayabileceği belirtilmiştir. Örneğin bir bardak un, ancak yaklaşık 150 böcek parçacığı ve birkaç tane fare kılı içeriyorsa yasal olarak pis sayılır. Mısır unu, kakao ve başka unların da benzer koşullara uyması gerekir. Bütün bu küçük ölü hayvan parçaları pişirdiğiniz yemeğe, havanıza ve evinizdeki toz yumaklarına katkıda bulunur.

Dumanların ve unların dışında, pişirme işlemi üçüncü tür bir tozun kalkmasına da yol açabilir; bunlar kimyasal reaksiyonlarla oluşan tozlardır. Eileen Abt'ın monitörleri Boston bölgesinde bir evde tam ortaya çıktıkları sırada bu tozları yakalamış olabilir. "Havada ozon varsa, biri bir portakal kestiğinde, ozonla portakalın içindeki limonen arasında bir reaksiyon ortaya çıkar; bu reaksiyon sonucu son derece ince zerrecikler oluşur," diyor Abt. "Biri bir gün portakal keserken sanırım bunun nasıl oluştuğunu gözle görebildi."

Limonen, limon kokulu ev ürünlerinde bulunan çok bilinen bir bileşendir, ozon da dumanlı sisin önemli bir bileşenidir. Do-

layısıyla mutfak becerilerimiz ne olursa olsun, çoğumuz muhtemelen bu minicik tozlardan birkaç tabak dolusu pişirmiş ve bunları evin içine salmışızdır.

Yemek pişirmek astıma yol açar mı? Kurumlar ve kimyasallar büyük bir çeşitlilik gösteren, kimi zaman da tehlikeli bir gruptur. Fakat insanlar uzun zamandır yanmış yiyeceklerin dumanını solumaktadırlar. Hâlbuki astım patlaması, daha 30-40 yıl önce başlamıştır.

Belki de suçlu, kullandığımız başka aletlerdir. Yemek pişirmek ve temizlikle kıyaslandığında, hava nemlendiricilerin, jakuzilerin, suyla çalışan başka aletlerin etkisi çok hafif kalır. Fakat hepsinin de sessiz sedasız, avuç dolusu canlı ve tehlikeli toz saçtığı bilinmektedir.

Lejyoner hastalığına genellikle, mikroskobik boyutlardaki su damlacıklarının içine gizlenerek akciğere giren bir bakteri neden olur. Hastalığa bu isim verilmiştir, çünkü ilk kez 1976'da bir toplantı için Philadelphia'da bir otelde bir araya gelen bir grup eski askerde tanımlanmıştır. O tarihten bu yana pek çok vakanın izi sürüldüğünde, binaların tepesindeki soğutma kulelerine ulaşılmıştır; bu kulelerin içindeki ılık su *Legionella* bakterisinin çoğalmasına imkân vermektedir.

Fakat Federal Hastalık Kontrol Merkezleri'nin tahminine göre, ABD'de her yıl 8000 ilâ 18.000 kişi Lejyoner hastalığına yakalanmaktadır ve bu insanların hepsi de bu mikrobu tepelerinde soğutma kuleleri bulunan büyük binalardan kapmamıştır. Bu vakaların birçoğu muhtemelen evlerdeki su püskürten cihazlardan kaynaklanmaktadır, gerçi Merkez bazı kurbanların mikrobu saksı toprağı karışımlarından da solumuş olduğunu söylemektedir.

Normalde bu bakteri 35 ilâ 45° derece arası bir ısıda üremeyi tercih eder; yani küvet suyu sıcaklığında ya da bir parça daha ılık bir su ısıtıcısının sıcaklığında. Bu ılık su püskürtüldüğünde ya da sıçradığında, havaya *Legionella* taşıyan minicik damlalar saçar. *Legionella* doğada o kadar yaygındır ki, çoğumuz payımı-

za düşen miktarı solumuşuzdur. Neyse ki, ancak pek azımız bu bakteriye, ateş, titreme ve öksürükle tepki veririz. Yakalananlar genellikle 50 yaşın üzerinde, çok kez sigara ya da içki alışkanlığı olan insanlardır. Bu grupta bu toz hastalığı orta yoğunlukta ölüme yol açar. Ölümcüllük oranı yüzde 5 ilâ 25'dir. İlginçtir, havada yaşayan bu mikrop, çok daha hızlı ilerleyen, yaş ayırımı yapmayan ve daha az ölümcül olan Pontiac humması denilen hastalığa da yol açabilir.

Hava nemlendiriciler, püskürttüğü suyun içinde, sorun yaratabilecek tozlar taşıması olası başka bir cihazdır. Bu aygıt kuru evlerin havasına *kasten* minik su damlacıkları püskürtür. Normal koşullar altında mikroskobik boyutlardaki bu su damlacıkları sadece normalde musluk suyunun içinde yüzen mineraller ve metalleri taşır. Su damlacıklarının her biri buharlaştıkça içindeki mineral tozu zerreleri havada asılı kalır. Mineral bakımından zengin musluk suyunun bulunduğu bölgelerde bir nemlendiriciden çıkan toz kolayca federal kurumların dışarıdaki hava için getirdiği toz standartlarını aşabilir. Bu malzeme soluk beyaz bir pudra gibi aşağıya iner ve bize evin içindeki tozların sadece suyla bile beslense, yoğunlaşabileceğini hatırlatır.

Fakat nemlendiricinin kötü sonuç verdiği bir günde, havada sürüklenen su damlacıkları minerallerin yanı sıra, hastalık saçan küçük yaşam biçimleri de taşıyacaklardır. "Nemlendirici humması"nın kesin sebebi henüz bilinmemektedir. Bu hastalığın patlak verdiği durumları izleyen araştırmacılar genellikle amiplerden tutun bakterilere, küflere kadar şaşırtıcı bir çeşitlilik gösteren organizmalara ev sahipliği yapan nemlendiricilerle karşılaşmıştır. Ani gelen bir gribe benzeyen bu ateşli hastalık bazı bakterilerin yaydığı kimyasallar olan endotoksinlerin neden olduğu hastalıklara benzemektedir. Nemlendirici hummasının sebebi belirsiz olsa da, federal hükümetin nemlendirici sahiplerine tavsiyesi öyle değildir: Nemlendirici deponuzu sanki şeytanın yıkandığı küvetmiş gibi temizleyip dezenfekte edin.

Jakuzilerden laf açılmışken, bu refah ve çağdaş konfor sembolü bile nahoş tozlar üretme kapasitesine sahiptir. Colorado

Üniversitesi profesörlerinden akciğer uzmanı Cecile Rose, 2000 yılı baharında düzenlenen bir uluslararası tıp derneği konferansında jakuzileri vereme benzer bakteriyel bir hastalık yaymakla suçlamıştır. Rose, söz konusu tozun normalde deniz kenarlarında gel-gitlerin bıraktığı göletlerde bulunan bir mikrop olduğunu, "tüberküloz yapmayan mantarsı bir bakteri" olduğunu söylüyordu. Bakteriler jakuzinin içinde çoğaldığında, patlayan kabarcıklar bakteri hücrelerini havaya fırlatabilir. Jakuzi severler de bu canlı tozları yeterince soluduklarında, kısa süre içinde ateş, yorgunluk, gece terlemeleri, öksürük, hatta kilo kaybı yaşayacaklardır. Rose, gördüğü dokuz vakadan dördünün hastanelik olduğunu belirtmişti.

Zenginliğin de bir virüs gibi yayıldığına dikkat çeken Rose, doktor meslektaşlarının jakuzi hastalığıyla daha fazla karşılaşacağı uyarısında bulunmuştu. "Jakuzi akciğeri" denilebilecek bu hastalığa yakalananlara önerisi, ilerlemesini engellemeleri ve jakuziyi ev dışına çıkarmaları olmuştu. Dışarıda doğal hava akımları tehlikeli damlacıkların bu kadar yoğun bir hale gelmesini önleyecektir. Rose, jakuzinin içeride kalması gerekiyorsa, en azından sıkıca örtülmesi uyarında da bulunmuştu.

Peki ya hırıltılı hastalık ne olacak? Modern aygıtlar ev içinde hastalığa yol açan tozların varlığına katkıda bulunabilir, burası kesindir. Fakat araştırmacılar bu tozları astımın yaygınlaşmasıyla ilişkilendirmemişlerdir.

Buraya kadar, ev tozlarını ayıklayarak kansere ve çok çeşitli akciğer hastalıklarına yol açabilecek bazı tozları belirledik. Fakat astım vakasında hiçbirini suçüstü yakalayamadık. Ancak modern tozların çok daha yırtıcı bir unsurunu daha ele almadık. Hayır, bunlar yerde sürünen toz maytları ya da onların peşindeki, tozların içinde yaşayan minik yırtıcılar değildir. Modern ev tozunda zehirli kimyasallar bulunur. Bu kimyasallar, tipik ev tozu örneğinin çok küçük bir yüzdesini oluşturur, ama çok güçlüdürler.

Siyah-gri kıvırcık saçlı, kafası durmadan çalışan, çok enerjik bir adam olan Paul Lioy, "Eskiden toz hakkında hiç, ama hiç dü-

şünmezdim, *hiç!*" diyor. "Toz süpürgenin önüne katıp süpürdüğümüz şeydi. Tozun bir evin tarihini gösteren gerçekten sağlam bir işaret olduğunu keşfettiğimiz için talihliyiz."

Lioy, hem Rutgers Üniversitesi'nde, hem de merkezi New Jersey'de bulunan Çevre ve Mesleki Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nde çalışan bir çevrebilimci. Meslektaşları ile birlikte, çevredeki bir krom atığı tesisinin temizliği sırasında, evlerdeki tozlarda bulunan zehirli krom miktarını ölçtüklerinde tozun bazı şeyleri açığa vuran bir niteliğini keşfetmişler. Evlerin dışındaki çevreyi temizlemenin, bir yıl içinde ev tozundaki kromun büyük bir bölümünü bertaraf ettiğini keşfetmişler.

Lioy'un hemen belirttiği gibi, bazı zehirli tozlar evlerimize davetsiz girseler de, bazılarını hatta çoğunu biz içimizde barındırıyoruz. Hepimiz farklı zehirlere duyarlı olsak da, çevremizdeki tozlar farklılık gösterdiğinden, iki evin tozu birbirine benzemez. Fakat her evin bazı karanlık sırları vardır.

EPA yaklaşık 10 yıl önce, çoğu evin içindeki havanın, dışarıdaki havadan daha kirli olduğu yolunda şaşırtıcı bir açıklama yaptı. Bazı evlerde bu kirlilik yüz kata çıkıyordu. Kirli hava, evin toz bakımından zengin olduğunu gösterir. EPA kirlenmiş evlerimizi, insan sağlığını tehlikeye atan başlıca beş çevre tehdidi arasında sayıyor. Kurum dar, sıkış tepiş evleri ve Truva atlarının içine gizlenmiş Yunan ordusu gibi içeri sızan zehirli kimyasalları sorumlu tutuyor.

Formaldehid evin içine, yeni bir kanepenin suntadan yapılmış iskeletiyle birlikte girer. Perkloroetilen kuru temizlemeden gelen giysilerle girer. Kendini, hiç belli etmeyen bir işgal de, kurşunun işgalidir; kurşunun bazen ince mikro jaluziler yoluyla evlere girdiği bilinmektedir; bunlar eskidikçe sessiz sedasız zehirli tozlar dökerler. Paradiklorobenzen, naftalin toplarının içinde gelir; bir yığın böcek öldürücü ise, pire tozu, hamamböceği öldürücü, karınca ilacı ve başka modern ilaçlar kılığında evlerden içeri girer.

Bu kimyasallar evin içine girdiğinde, evlerimiz kirlilik deposu haline gelmeye başlar. Bu zehirlerin bazıları, doğada kaldı-

ğında parçalanacaktır. Fakat ev içi dünyası güvenlidir, bir yığın kimyasal doğanın düşmanlığından korunmak, için evlere sığınır.

Lioy, böcek ilaçlarının evlerimize soktuğumuz zehirli tozların büyük bir bölümünü taşıdığını söylüyor. ABD'deki evlerin yüzde 90'ından fazlası pire tozu olsun, sinek ilacı, karınca ilacı, gül ağacı tozu ya da bir dezenfektan olsun bu çeşitlerden en az bir tanesini barındırır. Ev içindeki bu yardımcılar, maruz kaldığımız toplam böcek ilaçları miktarının yüzde 80'ini oluşturuyor olabilir.

Lioy ile meslektaşları bir böcek ilacı tozunun bir evin başına nasıl musallat olabileceğini göstermiştir. 1998'de araştırmacılar yaygın bir böcek ilacı olan, klorpirifosun bulunduğu iki evi ele aldıklarını bildiriyorlar. Etiketin üzerindeki talimatları büyük bir dikkatle yerine getirmişler, bu kimyasalı saçtıktan dört saat sonra pencereleri açıp vantilatörleri çalıştırmışlar. Temizlenen odaları fazladan bir saat daha havalandırmışlar. Sonra odalara bazı plastik oyuncaklar ile doldurulmuş oyuncak hayvanlar yerleştirmişler.

Her saat başı bir plastik bir de bez oyuncağı alıp her birinin yüzeyinde birikmiş böcek ilacı miktarını ölçmüşler. Böcek ilaçları zamanla silinip gitmek yerine, özellikle de pelüş oyuncaklar üzerinde, her saat daha da yoğunlaşmış. İlaçlamadan bir buçuk gün sonra, zehirli toz yağışı oranı artık zirveye ulaşmıştı. İlaçlamadan iki hafta sonra bile, daha küçük miktarlarda ilaç hâlâ oyuncakların yüzeyine yağıyordu. Bu toz belli ki çok yer değiştiren bir tozdu.

Lioy; "Böcek ilaçları çok dinamik kimyasallardır," diyor. "Hareket ederler."

Zehirli tozların hepsi de kirlilik deposu olan evlere girmek için davetiye beklemez. Civarınızdaki havanın özellikleri arasında zehirli kimyasallar varsa, bunlar kapıyı açtığınız anda içeriye gireceklerdir. Zehirle kirlenmiş toprak, ayaklarınızla evin içine taşınacaktır. Bu da yıllar önce yasaklanmış olan böcek ilaçlarının neden hâlâ birçok evin tozunda bulunabildiğini açıklıyor.

Örneğin DDT, kel kartalların ve başka yırtıcı kuşların vücutlarında biriktiği kanıtlanıncaya dek ABD'de çok kullanılan bir

böcek ilacıydı. Bu böcek ilacı besin zincirinin içine öyle bir işlemişti ki, zehirlenmiş kuşlar kırılmaya dayanıklı yumurta kabuğu üretemiyordu. ABD, 1972'de DDT'yi yasakladı. Bundan 20 yıl sonra araştırmacılar bu kötü şöhretli böcek ilacını, ABD'nin orta batı bölgesinde bulunan birkaç yüz evin halısında aradılar. Araştırmacılar özel teçhizatlarıyla halıları süpürdüklerinde, her dört evin birinden DDT'yle kirlenmiş toz kalktı.

Başka bir sanayi zehiri grubu olan PCB'ler de aynı biçimde kalıcıdır. PCB'ler ABD'de artık üretilmese de, araştırmalar, bu zehirden küçük miktarların ülkedeki her evin havasında ve tozunda hâlâ var olduğunu göstermektedir.

Kurşunun durumu da böyledir. Ev tozundaki kurşunun bir bölümü, evin içindeki eski boyalardan gelir, fakat Lioy bundan çok daha fazlasının dışarıdan gelebileceğini söylüyor. Yeryüzünde şöyle bir yürüdüğünüzde bile, ayakkabılarınızın üzerine toprak ve toz topluyorsunuz. Kurşunlu benzinin kullanıldığı dönemden tozların kaldığı bir yolun kenarında yaşıyorsanız ya da yakınlarınızda kurşunla ilgili bir sanayi varsa, ayakkabılarınızın üstündeki toz, kurşun bakımından zengin olacaktır. Evinizin eşiğini her atladığınızda, içeri daha fazla toz taşıyacaksınız. Ev içinde attığınız her adımda, mikroskobik depremlerle kurşunlu tozlar çığ gibi ayakkabılarınızdan dökülecek. Nevada ve Utah'ta evlerin tavan aralarında yapılmış bir çalışmanın gösterdiğine göre, kurşun eve *uçarak* da girer. Bu araştırmada, ev ne kadar eskiyse, tavan arasındaki kurşun tozunun o kadar fazla olduğu görülmüştür. Tavan aralarındaki kurşun, çevredeki toprakta bulunan kurşundan kimyasal olarak farklıdır; bu da tavan aralarında, havada uçarak epeyce uzaktan gelmiş toz toplandığını düşündürmektedir.

Artık ender rastlanan eski kimyasalların yanı sıra, modern kimyasallar da evlere davetsiz girer. Zehirli krom ve cıva metalleri hâlâ yaygın olarak üretilmektedir ve bunlar ev tozunun çok rastlanan bileşenleridir. Birçok vakada bilim insanları bu metallerin evin içinde, evin dışından alınan toz örneklerine kıyasla daha yoğun olarak bulunduğu sonucuna varmıştır. Çimler için

kullanılan böcek ve yabani ot ilaçlarında da bol miktarda bulunurlar.

Bildiğimiz toprak tozu ise, elbette evin içine en fazla giren bir numaralı ithal kalemidir. Genellikle ev içindeki toplam toz miktarının yaklaşık yarısını oluşturur. Fakat tuhaftır, bu toz bile zehirli olabilir. Et pişirme sırasında oluşan mutajenik bileşenleri tanımlayan araştırma ekibi, kazara mutajenik *toprağa* da rastlamıştır. Araştırmacılar önce birinin laboratuvar malzemelerini dışarıya döktüğünü düşünmüşler. Fakat emin olabilmek için laboratuvara uzak yerlerden daha fazla toprak örneği toplamışlar. Lawrence Livermore'da biyolog olan James Felton hayretle, "Benim arka bahçemden olsun, bir başkasının arka bahçesinden olsun, bütün örnekler mutajenik özellikler gösteriyordu!" diyor. Felton, mutajenik bileşenlerin topraktaki organizmalar tarafından meydana getirilmiş ya da başına buyruk davranan bazı tarım kimyasalları olabileceğini düşünüyor.

Ne var ki, ev tozundaki zehirli kimyasallardan hiçbiri, tütün dumanı kadar şevkle üretilmiyor. ABD'de tahminen 48 milyon yetişkin tütün kullanmaktadır. 1999'da bu insanlar 435 milyar sigarayı duman ve kül haline getirmişlerdir. Yaklaşık 4 milyar puro, bunun yanı sıra bilinmeyen sayıda pipo dolusu tütün de ülkenin duman bulutuna tozlarını katmışlardır. Bu küçük yangınların çoğu evlerin içinde tutuşturulmuştur. Ve bu toz gerçekten zengin bir tozdur. Hiç abartmıyorum; tütün dumanında gerçekten 4000 kimyasal madde vardır. Bunlardan ellisinin kansere yol açtığı bilinmektedir. Bu zehirli toz, sigara tiryakilerinin evindeki tozların içinde kolayca tespit edilebilmektedir. Her evde, havadaki küçük tozlardan oluşan bir birikim düzeyi vardır. Bir tütün tiryakisinin evinde, bu birikim düzeyi yaklaşık iki katına çıkmaktadır.

Bu tozun büyük bölümü insanların akciğerlerine iner. Siyah zerrecikler bronşlardaki solunum aksamına ve hava keseciklerine, yani alveollere yapışır. Akciğerleri karartırlar. Tozu akciğerlerin dışına taşıyan mukoza merdivenini de bozarlar. Mukozanın yapışkan yüzeyinde toplanan toz burada asılı kalır, bileşenlerini vücuda akıtmaya başlar.

Ölümcüllük açısından hiçbir toz tütün dumanıyla yarışamaz: Bu toz ABD'de her yıl neredeyse yarım milyon sigara tiryakisini öldürüyor. Sigara içen birinin yanında tütün dumanına maruz kalmak, sigara içmeyen 3000 kişinin daha ölümüne yol açıyor. Bu tozlar her yıl 300.000 bebekte zatürre ya da bronşite neden oluyor. Duman, dışarıdaki havayı bile kirletmektedir, ancak bunun sağlık açısından sonuçları henüz bilinmemektedir: 1994'te kaleme alınmış bir raporun tahminlerine göre, en küçük parçacıklar kategorisinde sigara dumanı Los Angeles'ta dış havada bulunan her 100 toz parçacığından birini oluşturmaktadır.

Sonra bir de astım var.

Tütün dumanının, yaklaşık bir milyon çocuğun, var olan astımını ağırlaştırdığı sanılmaktadır. Fakat daha ciddisi, dumanlı bir evde yaşayan bir çocuğun astıma yakalanma riskinin, sigara içilmeyen bir evde yaşayan çocuğa nazaran daha fazla olmasıdır. Bir bilim insanına göre, böyle bir bağlantı açık bir sebep-sonuç vakası değildir. Tütün dumanının astıma *yol açtığı* kanıtlansa bile, yanık tütün dumanı tozu tek başına astım fırtınasını tam anlamıyla açıklayamaz. Sonuçta ABD'de sigara tiryakiliği giderek azalıyor ama astım yükseliyor. Tütün dumanı astım felaketine katkı yapıyor olabilir. Ama tek zanlı olması mümkün değil.

Bütün bu tehlikeli tozlar düşerek zeminde, başka bir deyişle bebeklerin seviyesinde birikirler. İyi bakımlı evlerde bile, özellikle de halılarda zehirli tozlar tehlike yaratacak bir biçimde yoğunlaşabilir. Çıplak zemine inen toz, elektrikli süpürgeyle çekilme ya da başka tacizler karşısında savunmasızdır. Fakat halıya inen toz, elyaf ormanının arasına öyle bir gömülür ki, artık sıradan hiçbir temizlik malzemesi onu oradan çıkaramaz.

John Roberts, Seattle'da çalışan bir toz uzmanı ve Seattle'da astımlı çocuğu olan düşük gelirli ailelerin evlerindeki tozla mücadele eden bir programa danışmanlık yapıyor. Ve evinizdeki halının kirli olduğunu çok iyi biliyor.

"Halıyı bildiğimiz gibi elektrikli süpürgeyle süpürmek, derinlere işlemiş tozu yerinden oynatamaz," diyor sabırsız bir ses tonuyla. "Aslında derinlere işlemiş tozun, daha derinlerde birikmesine yol açar. Daha eski halılarla yaptığımız bir araştırmada, bir halının her metrekaresinde derinlere işlemiş 80 ilâ 170 gram toz bulunduğunu saptadık," diyor. Yani üç yemek kaşığı ilâ üç buçuk bardak arasında toz. Roberts, derinlerdeki bu eski toz birikiminin insanlar yürüdükçe yükselip yeniden havayı doldurabileceğini söylüyor. Elektrikli süpürgeyle çabucak yapılan bir temizlik, tozu yüzeye çıkarabilir ve orada, emekleyen çocukların toplayabileceği yerde bırakabilir.

Roberts "Emekleyen çocuklar açısından riskler hiç de az değil," diye vurguluyor. "Örneğin, bir çocuğun kanında ne kadar kurşun bulunduğuna dair en iyi gösterge, halının tozunda bulunan kurşun miktarıdır. Dahası ortalama bir çocuğun, günde üç sigara içtiğinde alacağı miktarda benzoapireni, ki güçlü bir kanserojen maddedir, tozdan alabileceğini hesapladık. Ve bu *ortalama* bir halıdır. Bazı halılarda bu miktarın *yüz katı kadar* toz bulunur."

Ve çocuklar bu tozu hızla ve kolayca alırlar. Şu andaki tahminlere dayanarak, bir çocuk altı yaşına geldiğinde, yarım bardak ya da daha fazla ince toz yutmuş olacağı söylenebilir; üstelik bu toza köpek kılları, kum, ekmek kırıntıları, kazak tiftiği gibi büyük parçacıklar dâhil değildir. Bu durum çoğu ebeveyni şaşırtmayacaktır. Emekleme çağındaki çocuklar, sanki zamanlarının yarısını yapış yapış küçük ellerinin üzerinde dolaşarak, diğer yarısını da bu elleri yalayıp yeniden ıslatarak geçirirler. Bebekler *elbette* toz ve pislik yutar. Pek çok ana-baba bunu çocukluğun değişmez ve telaşlanmaya gerek olmayan bir kanunu olarak kabul etmektedir.

Fakat bizim bugünkü tozumuz, 50-60 yıl öncesinin tozu değil artık. Kuşkusuz önceki kuşaklardan çocuklar da kurşun tozu ve tütün dumanından nasiplerini almışlardı; toprak yollardan kalkıp evin içine giren at dışkısı tozundan bahsetmiyoruz bile. Fakat sıkışık evlerimiz ve daha geniş alanları örten toz zengini ha-

lılarımız kimyasallar kullanmaya gösterdiğimiz aşırı yatkınlıkla birleştiğinde, zehirli tozlar, tam da çocukların yapışkan ellerini uzatacakları yerlerde yoğunlaşmaktadır. Sonuçta, altı yaşın altındaki çocukların, maruz kaldığı zehirli kimyasallar toplamının büyük bir bölümünü ev tozları oluşturmaktadır.

New Jersey'de Robert Wood Johnson Tıp Fakültesi'nde psikobiyolog olan Natalie Freeman çocukların tozla ilişkisindeki ayrıntıları inceliyor. Yaptığı son deneylerden birinde, iki yaşındaki çocukların ellerindeki tozu yiyeceklerine aktarma oranını ölçmüştür. Deneyin ilk gününde araştırmacılar çocukların ellerini silip temizlemişler, sonra da toplanan toz miktarını ölçmüşler.

Freeman, "Genellikle on miligramdan az çıktı," diyor. "En pasaklı birkaç çocukta yaklaşık 60 miligram toz çıktı." (10 miligram bir tatlı kaşığının yüzde ya da iki yüzde birine eşittir.) Deneyin ikinci gününde, çocuklar ellerini doğal olarak ev tozuna bulaştırdıklarında, kendilerinden bir naylon torbadan bir sosisli sandviç ya da muz almaları, parçalamaları ve torbaya geri koymaları istendi. Freeman, ciddiyetle, "Yiyeceklerin üzerindeki kurşun miktarı, ellerini sildiğimiz bezlerden elde ettiğimiz kurşunla çok güzel bir biçimde örtüşüyor," diyor. Ve bu, "kartal pençesi" ya da "yumruk" olmadan gerçekleşmiş.

"İki yaşın altındaki çocuklar yiyecekleri tutmak için benim 'kartal pençesi' dediğim yönteme başvururlar, sonra parmaklarına yapışanları yerler," diyor Freeman. "İki yaşındakiler yiyeceği yumruklarıyla kavrarlar, avuçlarının içiyle parmaklar tam bir temas halinde olur." Her iki yöntemle de muhtemelen ellerden yiyeceklere daha fazla toz aktarılıyordur. Fakat çocuklar deney yiyeceklerini parçalarken genellikle parmak uçlarını kullanmışlar, bu da muhtemelen toz aktarımını yanıltıcı bir biçimde azaltmış. Yere yiyecek de düşürmemişler; Freeman, ağza toz aktarmanın başka bir yaygın yolunun da bu olduğunu belirtiyor.

Yiyecek gibi bir aracı olmaksızın dahi, çocuklar bir sürü toz yutar. Videoya kaydedilen deneyler, iki ilâ beş yaşındaki çocukların, saatte ortalama olarak neredeyse on kez ellerini ağızlarına götürdüğünü göstermiştir. Çok fazla yalanan çocuklarda

bu oran ikiye katlanır. Araştırmacılar bu "elden ağza faaliyetine" dayanarak ortalama bir çocuğun bir günde 15 ilâ 20 miligram, fazla yalananlarınsa 30 ilâ 50 miligram toz yuttuğunu tahmin ediyor.

Freeman, "İnsana pek fazla gibi gelmiyor, fakat yıllar içinde birikir" diyor. Peki, birikince ne oluyor? Bu konuyla ilgili bilimsel verilerin esef verecek derecede az olduğu göz önüne alınırsa, pek dikkatli olmayan bir gazeteci gerilla matematiğine başvurabilir: ilk doğum gününden altıncı doğum gününe dek günde 15 miligram toz yutan bir çocuk yaklaşık yarım bardak ince ve yoğun toz yutmuş olabilir. Aynı süre zarfında, daha fazla yalanan bir çocuk bir bardak ve ikinci bardağın üçte ikisi kadar toz yutmuş olacaktır.

Öyle görünüyor ki, bir insanın ömrü boyunca ne kadar toz tükettiğine yönelik bilimsel araştırma önerileri, maddi kaynak bulmak için verilen savaşı kaybetmiştir. Fakat bazı araştırmacıların katıldığı, bazılarının da katılmadığı bir varsayımla, büyük çocukların ve yetişkinlerin küçük çocukların gövdeye indirdiği tozun beşte biri kadarını yuttuğunu kabul edecek olursak, bu durumda 76 yaşındaki ortalama bir insan yaklaşık iki buçuk bardak toz yutmuş olacaktır. Hayata daha yoğun bir el-ağız faaliyetiyle başlamış 76 yaşındaki bir insan ise üç buçuk bardak toz yutmuş olacaktır.

Ev tozunda tehlikeli olan kirletici maddeler bulunmasaydı, bütün bunlar komik gelebilirdi. Kurşun, böcek ilaçları, mutajenik kurumlar, PCB'ler, tütün dumanının içindeki 4000 ürün; belirli dozda alındığında bu kimyasalların bazıları zekâ geriliğinden, sinirsel hasara, kansere ve akciğer hastalıklarına dek her şeye yol açabilirler.

Fakat tuhaftır ki, yanmış tütünün astıma yol açan nitelikleri dışında, bu kimyasal koleksiyon içinde apaçık belli olan bir tek sorumlu bulunamıyor. Ancak ev tozlarıyla ilgili son kategori incelendiğinde, astımın gizemine ilişkin pek çok ipucu ortaya çıkabilir. Bu kategori, canlı şeylerin tozlarıdır.

Küfler, tozlarımızın verimli toprağından fışkıran otlara benzer. Küfler dış ortamda ölü yaprakları parçaladıkları gibi, evin içinde de organik pisliği temizlerler. Ortalama bir toz örneğinin yaklaşık yarısı, bir mantarın hoşuna gidebilecek maddelerden oluşmuştur. Bunlar arasında yumak olmuş kumaş elyafı, kazaklardan ve çarşaflardan, yastıklardan ve kanepe minderlerinden, havlulardan ve kilimlerden dökülmüş çok renkli minik havlar vardır. Sizin ve evcil hayvanlarınızın her saat döktüğü milyonlarca deri parçacığı da bol bol katkı sağlar. Çay yapraklarından soğan kabuğuna, tuvalet ve gazete kâğıdı parçalarına dek incecik selüloz elyaf da deri döküntülerinden aşağı kalmaz. Dahası mantarlar alçıpan duvarlar üzerindeki kâğıt kaplamada, duş perdesine sıvanmış sabunda, ıslak havlularda, halılarda ve şiltelerde yerleşebilir. Küflerin saldığı gazların bazıları, nemli odalardaki rutubet kokusunu yaratır. Çoğu küf türü hafif bir nem gerektirir ama zaten evlerin pek çoğunda yeterince nem vardır.

Küfler serpilip gelişirken havaya ince bir spor tozu bırakırlar, amaçları egemenlik alanını genişletmektir. Bu küfler ve geliştikçe saldıkları binlerce kimyasal, hem insanlara, hem de binalara zarar vemekle suçlanıyorlar.

Küflerin bazı yan ürünleri –örneğin aflotoksinler– insanın ya da doğanın icat ettiği en güçlü kanserojen maddeler arasında yer almaktadır. Başka küflü kimyasallar da, eğer vücuda yeterli miktarlarda girmişlerse, akciğer dokuları için zehirli olabilir. Bütün mantar sporları protein içerir; proteinler ise alerjiye yol açabilir. Ev içi mantarlarının kötü yönleri daha yeni gün ışığına çıkmıştır. Ama artık ağır bir töhmet altındalar. Sağlıkla ilgili araştırma yapanlar, önceden "hasta binalarda" zararlı halı tutkalları ve zehirli temizlik ürünleri ararlardı. Şimdi okul çocuklarının burnu aktığında, ya da masa başında çalışanlar eve baş ağrısıyla döndüklerinde araştırmacıların sorduğu ilk sorulardan biri, "Nerede küf var?" oluyor.

Ortalama bir evde, havada dolaşan küflerin miktarı hatırı sayılır düzeydedir. Evlerdeki küf sporlarının sayısını hesaplamaya yönelik deneylerde bir metreküp havada 1000 adet "koloni oluş-

turan birim" bulunması normal kabul edilmiştir. ("Koloni oluşturan birim" denen şeyin sağlıklı bir mantar sporu olduğunu bilmekte yarar var.) Kansas City'de yapılan bir araştırmada deney yapılan evlerin yarısının havasında aynı küften bu miktarın on katı bulunduğu ortaya çıkmıştır. Rutubetli bodrumları olan ya da su yüzünden hasar görmüş evlerde ise küf sayımlarının inanılmaz boyutlara ulaşması çok normaldir.

Bazı küflerin, metreküp başına 100 spor gibi oldukça düşük bir düzeyde dahi, göz kaşıntısı ya da boğaz ağrısı gibi semptomlara yol açabildiği görülüyor. Diğer küflerin benzer düzeyde bir rahatsızlık yaratabilmek için metre küp başına 3000 spor içeren bulutlar oluşturması gerekebilir.

Son zamanlarda, küf tozları astımla ilgili olabilecek semptomlara yol açarken yakalanmıştır. "Kronik rinosinüzit" soru işaretleri taşıyan bir rahatsızlıktır. 1982 ile 1994 yılları arasında burunlarının ve sinüslerinin sürekli tıkalı olmasından şikâyetçi olanların sayısı yüzde 60 artmıştır. Bu oran, astımda gözlenen korkutucu artış oranıyla aynıdır. Kronik rinosinüzit ABD'de kaba bir hesapla 40 milyon kişiyi etkilemektedir.

Jens Ponikau, Minnesota Rochester'daki Mayo Clinic'te kulak-burun-boğaz hastalıkları üzerinde araştırma yapmaktadır. Meslektaşları ile kısa süre önce, küfün kronik rinosinüzitte rol oynadığını ortaya çıkarmışlardır. Fakat bundan daha da ilginç bir gelişme, soruna yol açan asıl nedenin vücudun küfe verdiği gereksiz derecede şiddetli *tepki* olduğu sonucuna varmış olmalarıdır.

Hepimizin burnunda mantar vardır sonuçta; ortalama olarak en azından iki değişik tür bulunur. Neden bazı insanların bağışıklık sistemleri bu tozlara karşı böyle aşırı tepki veriyor? Kronik rinosinüzit hastası birinin burnunda bu mantarlar, eosinofil denilen bir bağışıklık sistemi hücresini, saldırgan bir tepki vermeye iter. Ponikau, hafif Alman aksanıyla "Bunu gözle görebilirsiniz," diyor. "Eosinopillerin aslında mantarlara saldıracağını gösterebiliyoruz. Bu eosinofillerin saldığı toksinler burun zarının aşınmasına yol açar. Sonra da bakteriler burnu işgal edebi-

lir. Tıpkı elinizi kestiğinizde olduğu gibi; o zaman da bakteriler elinizi enfekte edebilir."

Kısa süre öncesine dek doktorlar kronik rinosinüzit için fazla bir şey yapamıyorlardı. Ponikau, soruna bakterilerin yol açtığı yolundaki teoriye dayanarak genellikle antibiyotikleri denediklerini söylüyor. Fakat rahatlama geçici oluyormuş.

"Hastalar iki hafta sonra geri geliyorlar: 'Doktor bende sinüs enfeksiyonu var' diyerek." Ponikau, bunları anlatıyor. Şimdi ekibi kronik rinosinüziti durdurmak için mantarlara karşı bir burun spreyi kullanıyor. Fakat bu bir tedavi değil. Tıpkı astım gibi, kronik rinosinüzitte de patlama devam ediyor.

Ponikau'nun bir teorisi var; bunun astım salgınıyla da ilgili olduğunu söylüyor. Fakat şimdilik bu küçük sırrı kendisine saklıyor. Bazı sağlam kanıtlara erişmeden bir teoriyi açıklamak, mesleki açıdan intihar anlamına gelecek çünkü.

"Sağlam bir teori, biz de doğru yolda olduğumuzdan emin olmak istiyoruz," diyor. "İnanın bana, bunu açıkladığımızda, sanayiden ve halktan direnişle karşılaşacak. Size yalnızca bunun *insanların yaptığı* bir şey olduğunu söyleyebilirim," diyor gülerek.

Ponikau haklıysa, çağdaş ülkelerde, özellikle büyük kentlerdeki yaşamla ilgili bir şey ev tozuna karşı tuhaf tepkiler göstermemize neden oluyor demektir. Öyle bir şey yapıyoruz ki bu, evlerimizde yaygın olarak bulunan tozların bazılarından kurtulma becerimizi sabote ediyor.

♦♦♦

Küflerin yerde, yatağınızın içinde, burnunuzda yayıldığını düşünmek sizi rahatsız ediyorsa, işin bir de olumlu yanına bakın: Bu küfü yiyen çeşitli küçük yaratıklar var. Küf çimense, ortada bol bol inek var demektir. En bol olanları da toz maytlarıdır.

Hemen hemen herkes bir toz maytının resmini görmüştür. Şekilleri yumuşamış balonlara benzer. Yay şeklinde kıvrılmış sivri uçlu bacaklar üzerinde dururlar. Vücutları doğru düzgün bir baş taşımak yerine, parmağa benzer beslenme aletleriyle yönlen-

dirilir. Resimlerde her zaman gri renkli görülürler. Fakat canlı olarak gördüğünüzde daha hoşturlar. Toz maytları aslında krem rengi ve parlaktırlar. İnanılmaz bir çalışkanlıkla halıların elyafı üzerinde oradan oraya koşuşurlar. Böyle de yapmaları gerekir. Sizin döktüğünüz o kadar derinin tamamını temizlemek hiç de öyle kolay bir iş değildir. Ilımlı iklimlerde, iki tür mayt kendilerini temelde deri döküntüsü yemeye adamıştır, gerçi muhtemelen rastladıkları mantarları ve başka küçük parçacıkları da yiyorlardır. Çoğu insana göre bu iki tür arasında pek fark yoktur. Fakat Larry Arlian, herkes gibi biri değil. Ohio Dayton'daki Wright Eyalet Üniversitesi'ndeki laboratuvarının dışındaki isim levhasında, "MAYTLAR BİZİZ" yazıyor. Arlian'ın kendisi bu kadar heyecanlı değil.

"Tek tek bireyleri sayacak olursanız, sanırım burada milyonlarca mayt var," diyor. "Daha doğrusu, tek bir kültürün içinde muhtemelen bir milyon mayt vardır. Üreyen bir kültürde neredeyse 10 santim kalınlığında mayt ve maytın yiyeceği olan ortamdan bulunabilir. Birbirlerinin üstüne basmaktan pek şikâyetçi değiller anlaşılan. "

Arlian, ürettikleri güçlü alerjen maddeleri incelemek, hem de biyolojilerini öğrenmek için bu canlıları besleyip büyütüyor. Toz maytları, toz ölçüleriyle düşünüldüğünde büyüktür. Boyları, yaklaşık üç kıl genişliğindedir. 30-40 tanesi bile bir toplu iğnenin başını kaplayabilir. Son derece düzgün siyah çarşaflarınız varsa, yatağınızın içinde dolaşıp beslenmelerini izleyebilirsiniz.

"Toz maytlarını siyah bir masanın üzerine bıraktığınızda, dolaştıklarını görebilirsiniz," diyor Arlian. "Küçük bir cam şişeyi ışığa tuttuğunuzda onları görebilirsiniz." Fakat bu yaratıkları doğal ortamda yani, yatağınızda, kanepenizde ve halınızda görebilme ihtimaliniz çok zayıftır. Maytlar anlaşılan açık alanlardan kaçınmakla kalmıyorlar, yaşamlarının tek faaliyeti olan beslenmeden de başlarını pek kaldırmıyorlar.

Arlian, konukları bu krem rengi küçük gezginleri mikroskobun altında görüp takdir edebilsinler diye, birkaç maytı elinin üstüne alıyor ve "Onlar asalak değil," diye vurguluyor. Maytlar

durup dinlenmeden elindeki bir kıldan inip ötekine tırmanıyorlar, umutsuz bir yiyecek arama çabası içinde.

Dişiler bir gün içinde kendi ağırlıklarının yarısı kadar yiyecek tüketebilirler. Yetişkin bir insan için bu, aşağı yukarı 35 kilo deri döküntüsü demektir. Maytlar, kendisinden küçük de büyük de olabilen deri döküntüsünün üzerine yumuşak bir sıvı püskürtür, sonra sıvılaşmış bu yiyeceği rastgele ağzına tıkar. Bu şekilde beslenen dişi, günde iki ya da üç tane solgun renkli, yapışkan yumurta çıkarabilir.

Bütün bu koşuşturmaca tozlu kitap raflarında, halıların üstünde, gece siz uyurken yastığınızın üzerinde sürüp gider. Toz maytları evin hemen hemen her yerinde yaşamını sürdürebilirler. Fakat deri döküntülerinin zengin olduğu noktalarda sayıları daha fazladır. Bu gibi yerlerde bir çay kaşığı ince tozun içinde beş yüz ilâ bin mayt bulunabilir.

Şaşırtıcıdır ki yatağınız maytlar için nadiren en çekici yaşam ortamıdır. Maytlar şiltelerin, çarşafların ve yastıkların arasında sürünerek ilerlerler. Fakat Arlian bir mayt avlama seferinde, araştırdığı evlerin yalnızca beşte birinde yatağın en çekici yer olduğunu saptamış. Dahası, maytlar insanlarla yakın temastan hoşlanıyor gibi de görünmüyorlar: Yatakta sizin yattığınız yerin ters tarafında kalıyorlar ya da sadece şiltenin ya da yastığın içine girmekle yetiniyorlar. Eskimiş yastıkların ölü toz maytlarıyla dolu olduğu yolunda pek çok söylenti vardır. Yaygın bir istatistik, bu oranın yüzde 10 olduğunu söyler ama aşırı kaygılı bazı kişiler eski bir yastığın yüzde 25'inin tamamen eski maytlardan oluştuğunu iddia ederler. Arlian, her iki tahmin için de "saçma," diyor. "Kimsenin böyle bir analiz yaptığını sanmıyorum. Fakat benim sezgilerime göre, bu *çok* küçük bir miktar olmalı." Bir evdeki en yüksek mayt sayımları genellikle kanepe minderlerinin arasından, oturma odasının ve yatak odasının zemininden çıkar. Arlian, pek nadiren de olsa, bu yerlerin birinden aldığı bir toz örneğinin bir çay kaşığı toz başına yaklaşık 18.000 mayt ürettiğini görmüştür.

Astım ile bu küçük çöpçü canlıların tozu arasında güçlü bir ilişki vardır. Tütün dumanında olduğu gibi, toz maytı tozunun

da aşırı derecede fazla olmasının çocuklarda astıma *yol açması* gibi bir ihtimal vardır. Alerjiye yol açtığı ise bellidir.

ABD'de yaklaşık 15-20 milyon kişinin toz maytlarına ya da alerji uzmanlarının hassas bir ifadeyle dile getirdiği gibi "toz maytı alerjenlerine" alerjisi vardır. Maytlar havada yol alıp burundan vücuda varamayacak kadar büyüktür. Fakat dışkıları ve vücutlarından kopup çürüyen parçalar öyle değildir. Mayt dışkısı, çapı bir kılın altıda biri genişliğinde kahverengi toplara benzer. Sindirim enzimlerinin yanı sıra, maytın yediği her şeyin sindirilmiş kalıntılarından oluşur. Toz maytlarının midelerinde bulunanlar üzerinde yapılan bir araştırma, maytların polenlerden mantarlara, bakterilere, bitki liflerine, güve ve kelebek döküntülerine, kuş derisi döküntülerine, maya hücrelerine kadar her şeyi yiyip yuttuklarını göstermiştir.

Bir mayt günde yirmi kez bu toplardan üç ilâ beş tane içeren bir paket dışkılar. Bu paketlerin içindeki proteinler insanların yaşadığı pek çok rahatsızlığın kaynağıdır. Mayt parçalarının içinde başka alerjenler de bulunabilir. Ve maytların tersine, bu küçük parçalar kolayca havaya yükselir. Siz yatağınızı yaparken onlar gün ışığında dans eder. Kanepenin üzerine kendinizi attığınızda küçük bir bulut olup havalanırlar. Bir kere havalandırıldıklarında yirmi ilâ otuz dakika havada gezineceklerdir.

Dışkı topları paketlerden tek tek çıktıklarında dahi, akciğerlere giremeyecek kadar büyüktürler. Fakat başka mayt parçacıklarıyla birlikte, burnun nemli iç yüzeyine yapışır ve burada büyük rahatsızlığa neden olurlar. Başka alerjilerde olduğu gibi, ortaya çıkan rahatsızlığın nedeni, vücudun bu işgalci tozlara gereksiz derecede şiddetli bir tepki vermesidir.

Bazı araştırmalar, fazlasıyla tozlu-maytlı evlerde yaşayan çocukların astıma yakalanma ihtimalinin yüksek olduğunu ileri sürmektedir. Başka bazı araştırmalar da bunu reddetmektedir. Fakat toz maytı tozunun astım oluşumunu tetiklediği kanıtlanacak olsa bile bu durum bütün yeni astım vakalarını açıklayamaz.

Toz maytının zayıf noktası su ihtiyacıdır. Maytlar deri döküntülerinizden yeterince su alamadıklarında, ihtiyaçları olan suyu,

birer birer molekül halinde kendileri sağlamak zorundadırlar. Maytların ağızlarının kenarındaki bir bez, havadan nem çeken tuzlu bir çözelti salgılar. Bu tuzlu su maytın boğazına akar. Fakat ABD'nin batı bölgesinin büyük bir bölümü doğası bakımından bir maytın su toplayamayacağı kadar kuraktır; buna rağmen astım burada yaygınlaşmaktadır. Maytlar soğuk ve kuru Finlandiya'dan da hoşlanmıyorlar; gelgelelim astım vakaları burada da artış göstermektedir.

Ev tozunda yaşayan başka birçok canlı da alerjiye yol açan maddeler üretebilir. Johanna E. M. H. van Bronswijk, Hollanda'nın güneyinde Eindhoven Teknoloji Üniversitesi'nde kamu sağlığı mühendisliği profesörüdür. Van Bronswijk, harika denecek kadar tuhaf kitabı *House Dust Biology*'de [Ev Tozu Biyolojisi] bütün bir bölümü "ev tozu ekosistemi" dediği konuya ayırmış. Bu bölüm, ev tozlarıyla ilgili olarak bir kim-kimiyiyor rehberini andırıyor.

Van Bronswijk, mantarların "çürütücülerin" oynadığı biyolojik rolü üstlendiğine, deri döküntülerinden ölmüş toz yaratıklarına kadar her şeyi parçaladıklarına dikkat çekiyor. Örneğin "mobilya maytları" da pamuk dolgu malzemesi, ahşap zemin döşemesi, kâğıt, hasır örtüler ve benzerleri gibi organik maddenin parçalanmasında uzmanlaşmış.

Mantarlar, toz maytları ve kitap bitleri dâhil olmak üzere, çok çeşitli yaratıklar tarafından yok edilir. (Kitap bitleri küçük, çok hızlı böceklerdir, çok kez eski kâğıtların üzerinde hızla koşarken görülür.) Maytlar ve kitap bitleri de birkaç farklı yırtıcı tarafından avlanırlar.

Bunlardan biri olan *Cheyletus eruditus* ilk kez bir kitaplıkta keşfedilmiştir, isminin kitaplarla ilgisi de buradan gelmektedir. Fakat Latince ismi "yengeç pençeli bilgin " anlamına gelen bu mayt öyle utangaç bir yaratık değildir. Bilmeyenlerin gözünde, balon şeklinde ve kafası olmayan, tipik bir mayt gibidir. Fakat toz maytından büyüktür ve bir profesyonel kolayca aralarındaki başka farklılıkları da görür.

Van Bronswijk bir e-posta notunda "Bunlar pek eğlenceli," diye yazıyor. "Parçacıkların altına saklandıklarında, yalnızca kocaman, makasa benzer uzuvları görünür. Acıktıklarında kıskaçlarıyla, yoldan geçen bir maytı yakalayıverirler. Sonra kamaya benzer bir organlarını avlarına saplarlar ve maytın vücudunun içini sıvıya dönüştüren lizin enzimleri salgılarlar. Bunun ardından kurbanlarını emip içini boşaltırlar, geride yalnızca içi boşalmış ölü deri kalır." Bu etçiller maytların yanı sıra kitap biti, pire larvası da yerler; ortalıkta kıtlık olduğunda birbirlerini yedikleri de olur.

Toz maytlarıyla uğraşan Larry Arlian yırtıcı maytları o kadar tehlikeli avcılar olarak görüyor ki, toz maytı kafeslerini yağ dolu olukların içine oturtmak ve kafeslerin kenarlarını da saf vazelinle sıvamak zorunda kalmış. Bu kana susamış hayvanlar, kimi zaman bana mısın demeden bir kafese girip deneyleri yemeye başlıyorlarmış. Ve tıpkı öldürdükleri toz maytları gibi, bu yırtıcı maytlar da alerjen özellikli tozlar üretebiliyormuş.

"Sahte akrepler" de aynı derecede vahşi avcılardır. Ve görünüşleri de bunu doğrular. Bunlar yengeç şeklinde, uzun pençelerle donanmış yaratıklardır ve çıplak gözle görülebilirler. Kitap akrebi bu kabilenin bir üyesidir. Kitapların arasında kalan boşluk gibi karanlık vadilerde oradan geçecek masum bir toz maytını, ya da kitap bitini bekler. Sonra bir anda saldırıp pençelerini geçirir.

Van Bronswijk, toz besinleri zincirinin daha yukarılarında pireleri takdim ediyor. Kedi ya da köpek bulunan evlerde tozun içinde kıvrıla kıvrıla, daha büyüklerinin dışkılarını seçip yiyen pire larvaları bulunabilir. Pire larvalarının ölü toz maytları hatta zor zamanlarda birbirlerini de yedikleri söylenir. Tüylü evcil hayvanların varlığı ev tozunun hayvan tüyleriyle zenginleşeceğini garanti eder; hayvan tüyleri her ne kadar astıma yol açtıkları kanıtlanmamış olsa da, en azından bu hastalıkla ilişkilendirilen başka bir alerjendir.

Bundan sonra gümüşbalık adı verilen küçük ve parlak böcekler gelir. Bunların zaman zaman toz maytlarıyla beslendiği sanıl-

maktadır, fakat bu küçükböceğin sindirim sisteminin incelenmesi, bu yaratıkların hemen her tür tozu yediklerini göstermektedir. Van Bronswijk *House Dust Biology* kitabında bir böcekçiğin içinde "bitki dokusu parçacıkları, kum taneleri, polen taneleri, Protococcus (bakteri), mantar sporları ve tüycükler, nişasta taneleri, hayvan kılları, sert kıllar, eklembacaklıların pulları ve nefes boruları " bulunduğunu saymıştır. Bu küçük böcekler pamuk lifi, kâğıt ürünleri ve sentenik ipek kumaşı sindirme kapasitesine de sahiptir.

Toz yığınının tepesine yakın bir yerde hamamböcekleri yer alır. Bu yaratıklar da alerjiye yol açan minicik dışkı tozları üretir. Fakat bilim, aşırı miktarda hamamböceği tozu soluyan bir çocuğun astıma yakalanma riskinin daha yüksek olup olmadığı konusunda yine açık bir şey söylememektedir.

Canlıların oluşturduğu bu çeşitli topluluk, evin her yerindeki tozun içinde yaşar. Van Bronswijk'e göre yatağınız özel bir mikro yaşam ortamıdır. Deri döküntüleri, mantarlar ve pamuk liflerinden oluşan menü belki tekdüze görünebilir. Fakat modern evlerin zeminleri daha kuru bir hal aldıkça, yataklar da mantarlar, maytlar ve başka küçük ve hassas hayat biçimleri için nemli bir sığınak olabilir. Van Bronswijk bir araştırmacının yatak tozu örneği içinde eğreltiotu bitkisi yetiştirdiğini anlatmaktadır; kitabında bir saksının içinde gayet güzel büyüyen örneğin fotoğrafı bile var.

♦♦♦

Ev tozu Güneş'in altındaki her şeyden bir parça içerir. Bu tozda hayvan vardır, bitki vardır, mineral vardır. Modern kimyasalların kalıcı bir katalogu gibidir. Peki, ama astım salgınındaki rolü nedir? Bir toz topu, ipuçları ve olasılıklarla dolu olsa da, araştırmacılar astımı açıklayacak olan, o bir tek maddeyi henüz bulamamışlardır.

Bir yandan zengin ülkelerdeki insanların, bilinen alerjenler ve sanayi çağı kimyasalları da dâhil olmak üzere ev tozundaki bü-

tün bileşenlerin toplandığı daha sıkışık evlerde yaşadığı bellidir. Belirli proteinlere fazlasıyla maruz kalmak alerjiye sebep olabilir. Alerjiler de, astıma yakalanma açısından bir risk etkenidir.

Öte yandan ev tozundaki hiçbir tek unsur bu nedenle suçlanamaz. Dolayısıyla astım patlamasıyla ilgili en çok umut veren teoriler, değişen şeyin, yaşadığımız çağda vücutlarımızın toza tepki verme biçimi olduğunu savunmaktadır.

Bu teorilerden birini incelemek için, Virginia'ya, bürosunun penceresinden görünen uzak mavi dağlara dalıp gitmiş olan Thomas Platts-Mills'e dönelim. Platts-Mills aradaki farkın, yeterince kullanılmayan akciğerlerimizin, üstünlüğünü kaybediyor olduğu görüşünü savunuyor.

"1950'de çocuklar günde yirmi saati evin içinde geçirirdi," diyor. "1990'da, 23,5 saati evin içinde geçiriyor. Küçük bir fark, sadece küçük bir yüzde farkı, değil mi?" diyor. Bu önemsiz bir fark. Çocukların evde geçirdiği zamandaki artış yüzde 25'ten daha az olmuş.

Platts-Mills vurgulamak için masasına vuruyor.

"Ama şimdi, aradaki fark dışarıda geçirilen yarım saat yerine, dört saate çıkmış. İşte *büyük* değişim bu." Dışarıda geçirilen zaman neredeyse yüzde 90 azalmış. Platts-Mills'in savunduğu şey, çocuklar açısından evin içinde olmanın, *dışında olmamak* kadar kötü olmadığı. Platts-Mills dışarıda olmanın başlıca yararının ise çocukların hareket etmesi olduğunu söylüyor.

Keskin bakışlarıyla dik dik bakarak "Çocukları kıpırdamadan oturtmanın bir yolunu bulmuşuz," diyor. "Görsel eğlence. Hareket etmek vücutta iltihaplanmayı engeller Ve bence iyileşmeyi de hızlandırır."

Platts-Mills'in hareket etmekten kast ettiği dağlara tırmanmak, koşmaca yapmak değil. "Aşamalı ve tekrarlanan faaliyeti" kast ediyor, yani tek kelimeyle oyun. Yürümek bile hareket sayılır. 1998'de yaptığı bir araştırmada "Veriler, yürümenin alışılmış ulaşım biçimi olmayı sürdürdüğü köylerde, astıma hâlâ nadiren rastlandığını gösteriyor," diye yazmış. "Papua Yeni Gine'de, Afrika'nın kırsal kesimlerinde, Avustralya'da Aborijinlerin ya-

şadığı bölgelerde, İnuit Eskimoları arasında astıma çok ender rastlanır."

Platts Mills, bunun tersine, uzun saatler boyunca televizyon başında oturmanın görülmemiş derecede bir hareketsizliğin vücuda yerleşmesine neden olduğunu ileri sürüyor. Öyle anlaşılıyor ki, zaman zaman derin nefes almak bile akciğerler için hafif bir egzersiz oluyor. Platts-Mills insanların oturup bir şeyler okumaya koyulduklarında daha az derin nefes aldığını, televizyon seyrederken ise daha da az aldığını söylüyor.

"Bir kitap okurken yaptıklarından daha az iç çekiyorlar. Bunun ille de bir felâket olup olmadığı kesinleşmiş değil," diyor şüpheci bir sesle. Ama bu bir işaret. Platts-Mills televizyona yönelik daha güçlü bir eleştirinin obezlikle bağlantılı olduğunu ekliyor. Ve obezlikle astım arasında bilimsel bir ilişkinin şekillenmeye başladığını söylüyor.

Dolayısıyla belki de hareketsiz oturmak, ev tozunda bulunan, akciğerlere zararlı bütün varlıklar için bir yardımcı. Belki de bütün bu tozların ihtiyacı olan şey, ancak çıtkırıldım ve yerinden kıpırdamayan bir toplumun üretebileceği cinsten tembel bir akciğer.

Teorilerden biri bu.

Ezra Pound, 1912'de yayınlanan bir şiirinde, adının resmen verilmesinden çok önce, başka bir teoriyi özetlemiş olabilir. Pound şiirinde üst sınıftan bir Londralıyı "aşırı yoksulların kirli, sağlam, öldürülemez çocuklarıyla" kıyaslamış ve "Yeryüzü onlara kalacak" demiş. Pound faşist düşüncelere yakınlığı yüzünden kötü bir üne sahiptir, ama sözcükleri kullanmada ustaydı. Friedrich Nietzsche de benzer bir gözlemi o kadar şiirsel bir ifadeyle olmasa da daha önce dile getirmişti: "Beni öldürmeyen şey, beni güçlendirir."

"Hijyen varsayımının" başlıca dayanağı da budur. Bu varsayım, sanayileşmiş ülkelerde hayatın *yeterince* tozlu olmadığını ileri sürmektedir. Dünyanın her köşesindeki bakımlı yerlerde görülen bu esef verici kir yokluğu, güçsüz bireylerden oluşan bir topluluklar yaratıyor.

Daha kesin söylemek gerekirse, sayıları hızla artan araştırmalar, bazı mikroplar ve parazitlerle erken yaşta karşılaşmanın bir çocuğun şekillendirilebilir olan bağışıklık sistemini alerji ve astıma karşı sağlamlaştırılabileceğini ileri sürüyor. Fakat gelişmekte olan ülkeler daha temiz oldukça, çocukları da daha az sayıda hastalığa yakalanıyor ve bağışıklık sistemleri olgunlaşamıyor. Sonra da bir parça toz vücutlarını aşırı bir tepki vermeye sürükleyebiliyor.

Bu son derece güncel bir teoridir. Tıp dergileri her ay yeni çocuk gruplarıyla yapılmış araştırmalar yayınlıyor. Bu araştırmalarda ortaya konanların çoğu bir ölçüde tartışmalıdır. Bu sonuçlar arasında şunlar yer almaktadır:

- Avrupa'daki çiftliklerde yaşayan, küf, gübre ve başka kaba tozlarla daha fazla haşır neşir oldukları düşünülen çeşitli çocuk grupları, alerji ve astıma, çiftlikte yaşamayan okul arkadaşlarına kıyasla daha az yakalanmaktadır.
- İtalyan hava kuvvetlerinde, kan tahlillerine göre eskiden gıda zehirlenmesi geçirdiği, mide parazitinden mustarip olduğu anlaşılan askeri okul öğrencilerinin astıma yakalanma riski, bu tür vakalar geçirmemiş arkadaşlarına kıyasla daha azdır.
- Denver bölgesinde, endotoksin, yani bakteriyel zehirler düzeyinin yüksek olduğu evlerde yaşayan çocukların alerjiye ve muhtemelen astıma yakalanma riski daha azdır.
- Üç yaşına basmadan kızamık geçiren çocukların astıma yakalanma ihtimali daha azdır. Hepatit A, verem, grip, küf benzeri "mikobakteriler" ve hatta bazı aşılarla ilgili olarak da benzer bağlantılar kurulmuştur.
- İngiltere'de yapılan bir araştırma, hayatlarının ilk iki yılında antibiyotik alan çocukların astıma yakalanma riskinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Araştırmanın yazarları, antibiyotiklerin bağışıklık sistemini sağlamlaştıran bakterileri ayrım gözetmeksizin öldürüyor olabileceği yönünde görüş belirtmişlerdir.
- Parazitler bile bağışıklık sistemini alerjik tozlara karşı sağlamlaştırıyor olabilir. Venezüella'da yoksul çocuklar

arasında yapılan bir araştırmada, bağırsaklarında en fazla kurt bulunan çocukların toz maytı alerjisine yakalanma ihtimali en az olanlar olduğu görülmüştür. Bir grup çocuğun kurt düşürücü ilaçlar alması sonrasında toz maytı alerjisi oranı bu grupta dörde katlanmıştır.

Peki, ama bütün bu hastalıkların hijyenle ne ilgisi vardır? Hijyen hipotezi, ailelerin küçüldüğü, dolayısıyla kardeşlerin birbirleriyle eskisi kadar mikrop alıp vermedikleri gözleminden doğmuştur. Eski zamanlardaki kalabalık ortamlar, çocukların birbirlerinin solunum yolları mikroplarını solumaları ve araştırmacıların "oral-dışkısal mikroplar" dediği, bağırsak hastalıklarına neden olan mikropların değiş tokuş ihtimalini artırıyordu. 2000 yazında bu gözlem, Arizonalı çocuklar arasında yapılan büyük bir araştırmayla güç kazandı. Kendilerinden büyük en az bir kardeşi bulunan ya da altı aylık olmadan kreşe giden çocukların astım olma ihtimali yarı yarıya düşüyordu.

Hijyen hipotezi bir dizi modern uygulamayı kapsayacak biçimde genişlemiştir. Örneğin İtalyan askeri okul öğrencileri üzerinde çalışan araştırmacılar, bir çocuğun gelişmekte olan bağışıklık sistemine, mücadele etmesi gereken hiçbir sorun çıkarmayan "Batı tarzı, yarı steril bir diyetten" bahsediyorlar. Yoksulluk da bu hipotezin bir unsurudur. Örneğin Berlin Duvarı yıkıldığında sağlıkla ilgili araştırmalar yürütenler zengin Batı Almanya'da astıma sık rastlandığını, fakat kirli ve yoksul Doğu Almanya'da bu hastalığın nadiren görüldüğünü ortaya çıkarmışlardı. Astım konusunda Doğu Almanlar artık zengin kardeşlerine yaklaşmaktadır. Aynı şekilde, Etiyopya'da yapılan bir araştırmada küçük köylerde geleneksel ve toprağa bağlı yaşam süren insanların toz maytı alerjisine yakalanma riskinin, Jimma kentinde yaşayan insanlara göre daha fazla olduğunu ortaya koymuştur fakat köylüler kent halkının yakasına yapışmış olan astımdan şikâyetçi değillerdi.

Böylece araştırmacılar, Ezra Pound'un bahsettiği çok yoksul ve kirli çocukların öldürülmezliklerini nasıl kazandıklarını açık-

lama yolunda parçaları bir araya getirmektedirler. Toz bakımından daha zengin hayatlar yaşayan çocukların daha dengeli bir bağışıklık sistemi olabilir.

Colorado Denver'da Ulusal Yahudi Tıp ve Araştırma Merkezi'nde doktor ve astım uzmanı olan Andrew Liu, "Tozun içinde bağışıklık sistemini eğitecek bir şeyler olduğunu düşünmek ilginçtir," diyor. Dolu dolu gülümseyen, gür siyah saçlı bu doktor, Denver'da, birçok bakteriyel endotoksinin bulunduğu evlerde yaşayan çocukların astım olma riskinin daha düşük olduğunu bulgulayan araştırmanın yazarlarından biri. Bu yüzden de endotoksinlerin yani salmonella ve E.coli gibi bakterilerden çıkan zehirlerin sonunda astım üzerinde güçlü bir kontrole sahip olduğunun anlaşılacağı görüşüne yatkın.

"Bağışıklık sistemini harekete geçirmek için mikroplarla enfekte olmuş olmanız gerekmez," diyor. Bunun için bir çocuğun endotoksin tozları bakımından zengin bir toz yumağıyla yakın teması yeterlidir. Aslında Liu, evlerinde yeterince toz bulunmayan bebeklere astımı engellemek için endotoksin aşısı yapılacağı bir geleceği düşünebiliyor ama ilk aşıyı kendisi yapamayacak kadar "korkak" olduğunu da gülerek itiraf ediyor. Başka araştırmacılar mikobakterilerle aşılamanın –verem bunlardan biridir– da astımın engellenmesinde kullanılabileceğini ileri sürüyorlar.

Tuhaf gelebilir, ama bu çark yıllar önce tesadüfen icat edilmiştir. Agile Redmon, Teksaslı yarı emekli bir alerji uzmanıdır. "Ev tozu alerji"sinin eskiden, doktorlar hastalarının tozda tam olarak hangi unsurlara tepki gösterdiğini bilmedikleri zamanlarda nasıl tedavi edildiğini hatırlıyor. "Bazen bir hastanın elektrikli süpürge torbasından toz alırdık," diyor. "Sterilize eder, öğütür, sonra bir çözelti hazırlardık. Sonra bu çöp özünü bağışıklık sistemi tedavisinde kullanırdık. Eminim evimizin tozundaki endotoksinden veriyorduk," diye düşünüyor. "İşe yarardı."

Aslına bakarsanız insanlar hâlâ ev tozuyla aşılanıyor. Bir ev tozu özü üreticisi, hâlâ tozu elektrikli süpürge torbalarından alıyor: Kuzey Carolina'daki Lenoir'da Greer

Laboratuvarları'nın yöresindeki kiliseler ve okullar halktan toz torbalarını toplayıp içindeki tozu şirkete yaklaşık kilosu dört dolardan satıyor.

Demek ki tozumuzda bulunan bakteriyel zehirler astımı önleyebilir. Bu bir teoridir.

Andy Liu, "Tıp tarihi, bir hastalığın epidemiyolojisinin gözlenmesi, sonra da hastalığı açıklayacak pek çok teori üretmekten ibarettir," diyor. Bundan sonra insanlar gerçekten önemli ayrıntıları ayıklamaya çalışır.

Liu,neşeyle "Haydi, yanıldığımı kanıtlayın," diyor. "Bilim budur işte! Haydi, kanıtlayın yanıldığımı "

♦♦♦

Bu teorilerden *herhangi birinin* yanlış olduğunu kanıtlamak ustalık ister. Toz ve astım bilmecesinden bir anlık görüntü düşünün. Ve birbiriyle yarışan teorilerin bu görüntünün çevresinde nasıl birbirini kovaldığına bakın.

New York'taki evsiz çocuklar arasında, üç çocuktan en az biri astım hastasıdır. Bronx'ta bazı okullarda bu oran altı çocukta bire yakındır: ulusal ortalamanın üç katı kadar. 1990'ların ortası itibarıyla ortalama bir yılda, New York City'de yaklaşık 11 çocuk astımdan ölüyordu. Demek ki artık bütün yoksul çocuklar öldürülemez değildir. Peki, birbirine rakip teoriler bu astım salgını mikrokozmosunu nasıl aydınlatabiliyor?

Sıkışık evlere ve toz yoğunlaşmasına vurgu yapan eski moda teori aslında tam da buraya denk geliyor. Şehir içindeki evlerin genellikle maytlar, hamamböcekleri, fareler, sıçanlar ya da küflerle –ki bunların hepsi de alerji yaratan tozlar çıkarır– fazlasıyla dolu olduğu yönünde sağlam kanıtlar vardır. Toz alerjileri de astımla ilişkilidir.

Fakat "hareketsiz oturma" hipotezi de aynı ölçüde sağlam bir iddiadır. Thomas Platts-Mills suç oranının yüksek olduğu mahallelerdeki çocukların, bu hareketsiz ulusun diğer kesimlerinden daha da az egzersiz yaptığını söylüyor.

"Biz, hareketliliğin alt sınıflarda, diğer sınıflara nazaran daha düşük olduğu tek ülkeyiz," diyor. "1970'te astımdan ölüm oranlarında hiçbir sınıf farklılığı görülmüyordu. 1990'da ise fark ortaya çıkmıştı. Fakat *sadece* ABD'de."

Hijyen hipotezi de güçlü görünüyor. New York'un en yoksul çocuklarının, çiftlik çocuklarının içinde oynadığı endotoksinlerle karşılaşma ihtimali *en düşük* grup olduğunu düşünün. *Gerçekten* "steril, Batılı bir diyetle" beslendiklerini düşünün. Hiç değilse ABD'de yoksulluk tek başına kirliliğin garantisi olmuyor.

Getirilecek öyle belirgin bir açıklama yok. Şimdilik ev tozunun astımla nasıl bir ilişkisi olduğu sorusunun yanıtı, insanı merakta bırakan bir sırdır. Şimdilik toz ve hastalıkla ilgili teoriler, tıpkı akşam yemeği fırındayken, mumlar kıvılcımlar saçıyorken, sahte akrepler oturma odasındaki halının derinliklerinde akşam yemeklerini arıyorken evin içinde dolanan zerreler gibi ortalıkta uçuşuyorlar.

11. Bölüm

Tozdan Toza

İnsan vücudu, esasen sudan ve kemikten oluşur. Kemik ise büyük ölçüde kalsiyum fosfat ve kurşun benzeri kirlilik yaratan depolanmış maddeler de dâhil olmak üzere eser miktarda başka elementlerden meydana gelir. İnsan vücudundaki sulu kısımlarda karbon ve azot, demir ve sülfür, klor ve sodyum ve arsenikten çinkoya kadar eser miktarda bir dizi element bulunur. Bütün bu elementler tabii ki, uzayda oluştular ve güneş sisteminin doğuşu sırasında gezegende toplandılar. Ömür boyu bizimdirler.

Fakat öldüğümüz zaman, ödünç aldığımız bu elementler hemen vücudumuzdan çıkmaya başlar ve yeniden dolaşıma girerler. Modern mumyalama yöntemlerini ve paslanmaz çelik kapsüller içinde saklanmayı tercih eden insanlar dahi sonsuza kadar var olamayacaklar. Güneş aşırı yüklenmiş bir kalp gibi atmaya başladığında, kuralın hiçbir istisnası olmayacak: Tozdan yaratıldık, toza döneceğiz.

Oda sıcaklığında, mikroplar çabucak ölü bir vücudun hücrelerini parçalamaya başlar. Aslında bu hücreler kendi başlarına da parçalanmaya başlayabilirler. Çürüme, sıvıların ve gazların serbest kalmasına yol açar. Mantar, ölü deri üzerinde çabucak koloniler oluşturur, eti doğrudan mantar sporlarından oluşan küçük bir bulut haline getirir.

Ölü vücutların çoğu morgda bir buzdolabına kaldırılır, burada günlerce "tazeliklerini" koruyacaklardır. Fakat özellikle ABD'de birçok aile, sevdikleri birinin toza dönüşecek olmasına karşı ısrarlı bir savaş açmışlardır. Bir vücudun içine formaldehit ve başka koruyucu maddeler enjekte eden bir ölü ilaçlama uzmanı tahripçi birçok mikrobu öldürerek ölü dokuya canlıya benzer bir sertlik kazandırabilir. Makyaj, çeşitli dolgular, zamk, ağız biçimlendiriciler, gözkapağı biçimlendiriciler ve başka yardımcı maddelerle bir ceset birkaç gün daha, bazı durumlarda çok daha uzun süre boyunca canlıya benzer bir görünümde kalabilir.

İlaçlama işlemlerinden geçmiş bir cesedi bir tabutun içine hava almayacak biçimde kapatmak, çözünmesini biraz daha erteleyecektir. Gelgelelim bildiğimiz tabutlar yer altındaki su ve toprağın gücüne karşı pek de fazla dirençli değildir. Bu yüzden bir tabutun üstünü örten toprak çabucak kapağı çökertebilir. Bu da bakteriler, mantarlar ve çok çeşitli başka ayrıştırıcıların tabuttan içeri girmesi demektir Bu istenmeyen durum mezarlara beton duvarların yapımını yaygınlaştırmıştır, bu kaplamalar, aslında tabutun içine konulduğu ikinci bir tabuttur. İlaçlanmış bir ceset bu şekilde korunduğunda, kuru bir iklimdeyse eğer, yıllarca çözünmeden kalabilir.

Fakat önünde sonunda nem bir yolunu bulup tabutun içine girecektir. Toprakta yeniden dönüşümü sağlayan küçük yaratıklar işe koyulacaklar, yavaş yavaş bir vücudu oluşturan elementler çevresindeki toprağa gömülecek ve Dünya'nın taşlı-topraklı örtüsünün bir parçası haline gelecektir.

Bir tabutun içindeki sert malzemeler tozlaşmaya en uzun süre boyunca direnç gösterir. Günümüzde cerrahların da, cenaze

ilaçlayıcılarının da ölü vücutlara yerleştirdikleri plastik ve metaller daha yavaş parçalanacaktır. Metal mücevherler ve fermuarlar, plastik düğmeler, ayakkabılar, tabutun içine anı olarak konulan dayanıklı ı eşyalar da varlıklarını sürdürecektir. Bir de kemikler. Dinozorların da tanıklık edebileceği gibi, kemikler bazen toz oluşturan güçlere o kadar uzun süre direnirler ki, damlayan su kemiği yavaş yavaş çözecek zaman bulabilir. Yavaş yavaş, su, yumuşak kemiğin yerine sert minerali koyar.

İnsan kemikleri kuşkusuz fosilleşmeye uygundur. Vücudumuz uygun türdeki toprakla çok kısa sürede örtülecek olsa, milyonlarca yıl içinde iskeletimiz taşlaşırdı. Fosiller teknik anlamda vücudumuz sayılmayacaktır. Su, orijinal kemik moleküllerini alıp götürecek, bunları toprak ve tozlarla karıştıracaktır. Kemiklerimizin mineral kopyaları çok daha dayanıklı olabilir. Ne var ki mineral haline gelmiş fosilimiz bile, sonunda mezarımız erozyon yüzünden açıldığında parçalanıp toza dönecektir. Fosil avcıları genellikle keşiflerini, Dünya'nın yüzeyinde tozlaşmakta olan dağınık fosillere rastladıklarında yapar. Koruyucu kayanın içine kadar kazdıklarında fosilin geri kalanını el değmemiş bir halde bulurlar.

Eğer kemikleriniz fosilleşecek kadar şanslı değilse, parçalanıp toz olmaya varan akıbetleri muhtemelen daha çabuk gelecektir. Erozyon mezarınızı kazıyarak açacaktır. Muhtemelen vücudunuzdaki demirle siyah siyah lekelenmiş, yine vücudunuzdaki kalsiyumla kaplanmış toprak parçacıkları bir su akıntısıyla akıp gidecekler ya da yükselip rüzgâra karışacaklardır. Dünya'nın hareket eden plakalarının mekaniği sizi yukarı değil de aşağı gönderirse, öğütülecek, erimiş kayalara karışacak, belki de daha sonra volkanik kül olup yeniden ortaya çıkacaksınızdır.

Özenle saklanmış insan vücutları kimi zaman, Yeryüzü'nün hareketiyle değil, diğer insanlar tarafından toz haline getirilir. Avrupalılar Ortaçağ'dan başlayıp 18. yüzyıla dek Mısır'daki mumyaları güçlü ilaçlar olarak görmüştür: Bu durum, keşfedilme talihsizliğine uğrayan eski cesetlerin toz haline getirilip ilaç niyetine yutulabileceği anlamına geliyordu. *Death to Dust* adlı

kitabın yazarı Kenneth Iserson mumyaların gübre olarak kullanılmak üzere de toz haline getirildiğini söylüyor; ayrıca ABD'ye gemiler dolusu gönderilen mumyaların üzerindeki bez sargılar burada fabrikatörler tarafından kâğıt hamuru yapımında işe yarayıp yaramayacağını görmek için kullanılıyormuş. Iserson, "Ama sargılar o kadar lekeliydi ki, iyi kalite kâğıt üretilemiyordu," diyor.

Küflerin, kurtçukların, erozyonun, hatta mumya öğütücülerin çabalarına rağmen, ağır ağır toz olmaya giden yol, hâlâ gömülmektir. Mezar kuruysa, erozyon araziyi bozmazsa, gömülmek, tozdan gelip toza dönme düzeninin işlemesini uzatabilir.

Hindistan'ın, Asya'nın ve Afrika'nın bazı kesimlerinde uygulanan, cesedin etlerinin ayıklanması daha hızlı bir süreçtir. Ceset genellikle bu amaç için belirlenmiş bir yere, ya da bir ağaca yerleştirilir. Sonra, kimi zaman bu ritüele gayet alışık oldukları gözlenen hayvanlar, gelip cesedi parçalarlar. Örneğin Tibet'te ölen bir insanın ailesinin, bir grup cenazeciye, yakınlarının cesedini bir tepeye taşıyıp orada, bekleyen olan akbabalar için parçalara ayırtmaları hâlâ yaygın bir uygulamadır.

Tibet'e yardım toplayan Güney Californialı Pamela Logan, yerel olarak gökyüzüne gömülme olarak bilinen bu uygulamaya tanıklık etmiş az sayıdaki yabancıdan biridir. "Akbabalar cenazecilerin tepeye tırmandığını gördüklerinde, havada dönmeye başladılar," diyor. Logan'ın anlattığına göre cenazeciler taş bir platformun üzerinde, cesede hızla birkaç kesik atmışlar. "Yaklaşık 50 tane, muazzam büyüklükte akbaba geldi," diyor. "On beş dakikayı bulmadan geriye et namına bir şey kalmamıştı. Sadece kıkırdak ve kemikler kalmıştı. Sonra adamlar ellerinde çekiçlerle geldiler ve kemikleri döve döve hamur haline getirdiler." Ardından da bunu unla karıştırıp, tıka basa doymuş akbabalar gittikten sonra, kenarda bekleyen kargalara ve şahinlere vermişler.

Logan, böylece yaklaşık 45 dakika içinde, ölmüş bir insanın kendisinde zaten ödünç olan elementlerinin yeni vücutlara girdiğini anlatıyor. Böyle bir tören düzenleyecek maddi imkânları olmayan Tibetliler için, cesedi tepede kuşların, köpeklerin, böcek-

lerin ve bu töreni gönüllü olarak gerçekleştirecek başka yaratıkların eline bırakmak âdettendir.

Bu kanatlı, pençeli, kıskaçlı yeni ev sahipleri cesedi sindirirken, bazı elementleri hazmedip diğerlerini reddederler. Reddedilmiş bileşenler hayvanın gerisinden çıkıp çabucak kuruyarak toz haline gelir. Sindirilmiş elementlerin bir bölümü ise tozlaşmaktan ebediyen kurtulabilir. Konakçı akbaba öldüğünde, yeni bir yırtıcılar grubu onun elementlerinden paylarına düşeni alacaklar, bunları bir süre kendilerinde taşıyacaklardır. Böylece cesedin bazı parçaları bir akbabadan bir köpeğe, ondan bir sinek larvasına aktarılacak, ancak bundan sonra toz haline gelecektir; muhtemelen bir sineğin ölüsünden çıkan bir küf sporu olacaktır.

Ne yazık ki bazı titizlikler ve kamu sağlığıyla ilgili kaygılar yüzünden, öldükten sonra parçalanma ABD'de yaşayanların kullanabileceği bir yöntem değildir. Vücudu çabucak toza çevirmek isteyenlerin başvuracağı yöntem yakılmak olacaktır. Gerekli belgeleri düzenlediyseniz, ölümünüzü izleyen birkaç saat içinde bir duman bulutuna ve birkaç kilo ağırlığında kemik tozuna dönüşebilirsiniz.

Yakılma, bir cesede uygulanan çok eski bir yöntemdir. Antik Yunan'da bu dumanlı uygulama benimsenmişti, çünkü sadece hastalıkları önlemekle kalmıyor, ölünün düşmanlarının da cesedine karşı saygısız hareketlerde bulunmasını engelliyordu. Roma'da yakılma o kadar yaygın hale gelmişti ki, kentin yöneticileri bu uygulamayı şehir içinde tamamen yasaklamak zorunda kaldılar. İngilizce'deki "bonfire" [şenlik ateşi] kelimesi Britanya halkının ölülerini "bir kemik ateşinin" [bone fire)] üzerinde yaktığı günlerden kalmadır.

Hangi kültürde olursa olsun, olağan uygulama kemik ateşi soğuduğunda, soluk renkli kemikleri toplamaktır. Vücuttan geriye kalan bu parçalar gömülebilir ya da yerin üstünde saklanabilir. Birçok kültürde kemikler ve küller yakmanın kendisi kadar önemli değildi, hâlâ da değildir; yükselen tozlar ve gazlar vücu-

du yok etmenin, ruhu özgürleştirdiği yolundaki yaygın kanıyı güçlendirmektedir.

Fakat tozdan gelip toza döneceğimiz kuralına rağmen, ilk Hristiyanlar yakma eyleminden hazzetmemişlerdi. İsa'nın doğumunu izleyen birkaç yüzyıl içinde gömülme, Avrupa'nın büyük bölümünde cenazeler için uygulanan yöntem olarak benimsenip moda olmuştur.

Fakat Hristiyanlardan emir almaya alışık olmayan bazı Vikingler, kahramanları gemilerinin içinde yakmayı sürdürüyordu. İskandinav ülkeleri bugün bile yakma konusuna meraklıdır. Dünyanın Hristiyan olmayan bölgelerinde, özellikle Japonya ve Hindistan'da, yakılma cenazelere uygulanan en gözde yöntemdir.

Cenaze yakılmasına içtenlikle inanan bir avuç insan 1800'lerde bu uygulamayı İngiltere'de ve ABD'de yeniden canlandırdılar. Yavaş yavaş her iki ülkede de krematoryumlar boy göstermeye başladı. Yakılma bugünlerde ABD'de oldukça gözdedir.

ABD'de cesetlerin yaklaşık yüzde 25'i yakılmaktadır. Bu yaklaşık yarım milyon cenaze demektir. 2010'a gelindiğinde bu oranın yüzde 40'a yaklaşması beklenmektedir. Bu eğilim eşit olmayan bir dağılım gösteriyor. Ülkenin batıda kalan üçte birinde yaşayanlar, New England sakinleri de dâhil, kendilerini toza çevirme konusunda pek acelecidirler. Ülkenin orta kesimleri, toprağın altındaki yavaş süreci tercih etmektedirler. Mississippi'de yaşayanların yalnızca yüzde 7'si yakılmayı tercih ediyor.

Cenazeler genellikle krematoryuma sert karton tabutlar içinde getirilir. Yakılacak cenazelerin çok azı ilaçlanmış olarak gelir. Gerçi tümüyle ilaçlandıktan sonra, makyaj yapılıp giydirilen ve geleneksel bir cenaze töreni yapıldıktan sonra parlak metal veya ahşap bir tabutla krematoryuma getirilenler de vardır. Bir ceset nasıl gelirse gelsin, yakma işleminden sorumlu operatör genellikle tabutu olduğu gibi 760 ila 980 derece arasında ısıtılmış bir ocağın içine sürer. Karton kutu ya da ahşap tabut bir anda alev alır ve gözden kaybolur. Cesedin yanması biraz daha vakit alacaktır.

Paul Lemieux, EPA'da görev yapan bir kimya mühendisi ve yanma uzmanıdır. Bundan sonra olanları, her gün evlerin arka bahçesinde yapılanlara benzetiyor. "Bu işlemin çok büyük bir bölümü yemek pişirmeye benzer," diyor. "Ceset, bütün suyu çekilene dek 100 derecede kalacaktır. Izgarada hamburger pişirdiğinizde, etin suyu çekildikten sonra geride kalan malzeme ısınır. Yağ yanmaya başlar. Vücut bildiğimiz organik bir yakıt gibi yanmaya başlar. Kemikler ve dişler, ısı ancak çok yükseldiğinde yanmaya başlar."

Yaklaşık bir saat içinde, cesedin büyük bölümü gaza dönüşmüş olur; bu gazlar özel bir odada yeniden yakılır ve sonra da bacadan dışarı salınır. Karbon kurumu zerreleri su buharını ve kaynamayla cesetten çıkan başka gazları karartabilir. Nitrojen oksit gazı buhara hafif bir turunculuk verebilir. Diş dolgularındaki cıva buharlaşır ve havaya karışır. Yanmış yağlar karmaşık hidrokarbonlara dönüşür. Ateş vücudun bereketli tuz içeriğine saldırdığında, klor bacadan dışarı yükselir. Klor soğurken küçük dioksin izleri oluşturma fırsatı bulur.

Atmosferi kirletmeksizin toza dönüş süreçlerini hızlandırmak isteyenleri memnun edecek bir haber, yakılmanın çok az kirliliğe neden olmasıdır; öyle ki EPA bu işlemi kurallara bağlama açısından öncelik sıralamasında altlara yerleştirmiştir. New York'ta Bronx'taki bir krematoryumda 1999'da yapılan bir hava kirliliği testi, ev faaliyeti olarak barbeküyle değil ama şömine yakmakla kıyaslandığında, son derece hafif kalmaktadır.

Araştırmacılar, turuncu alevleriyle bir saat boyunca keyif veren bir şöminenin, çevrenin havasını yaklaşık 250 gram ağırlığında parçacıklarla doldurabileceğini yazmışlardır; yani havada uçuşan her boyuttan, her türden toz. Hâlbuki bir saat boyunca yanan bir ceset, toplamda 15 gramdan biraz daha fazla parçacık çıkarır. En kirli koşullarda ve krematoryum en yüksek sıcaklıkta yanarken, her vücut yaklaşık 250 gram mikroskobik boyutta toz üretir. Sonuç şudur: dış ortamı tozlandırma bakımından, ölü yakmak, şöminede kütük yakmanın eline su dökemez.

Ancak yakılmaya can atanlar için kötü haber şu ki, ülkedeki 1400 krematoryumun her biri havaya her yıl buharlaşmış diş dolgularıyla yaklaşık bir kilo zehirli cıva salıyor olabilir. Ortalama bir ceset, toplama bu zararlı metalden çeyrek gram katkı yapar. Havayı kirletmeksizin bu dünyadan ayrılmak isteyenler, yakılmadan önce diş dolgularının çıkarılmasını isteyebilir. (Cenaze sorumluları, bir cenazeyi krematoryuma göndermeden önce kalp pillerini çıkarıyorlar.)

Yakılma devam ederken, ceset küçülüp bir kemik yığınına iner, bu kemikler de sıcakta ufalanır. Krematoryum fırını söndürüldüğünde, bir vücudun yaklaşık yüzde 90'ı dışarıdaki havadaki canlı ve ölü tozlardan oluşan yoğun döngüye karışmış olur. "İnsan parçacıkları"nın bazıları yavaş yavaş Yeryüzü'ne inebilir. Bazı gazlar yoğunlaşıp atmosferdeki nemi toplayan damlacıklar oluşturabilir ve yağmur damlasına dönüşebilir. Bu yağmur damlaları düşerken havadan başka insan tozları da indirebilir. Dolayısıyla bir vücudun ödünç aldığı unsurların birçoğu sonunda Dünya'ya geri döner.

Yanmayan elementler ise fırının zemininde kalır.

♦♦♦

Yakılmadan arta kalan "küller" " iki ilâ altı kilo kemik ve buna karışmış olan eser miktarda sert metalden oluşur. Kemik parçacıkları genellikle beyaz ya da gridir. Operatör bunları fırından kazıyarak toplarken, ince tuğla parçaları da kemik parçalarına karışır. Daha sonra krematoryum çalışanları metal diş köprülerini, giysileri tutturmaya yarayan metal kopçaları, ya da ameliyatla yerleştirilmiş metal iğneleri, plakaları ve protez eklemleri bulabilmek için külleri mıknatısla tararlar. Az sayıda krematoryum geride kalan beyaz taneleri ve uzun kemik parçalarını aileye iade eder. Artık birçoğu, özel öğütücüler kullanarak en büyük parçası kum tanesi kadar hatta daha da ince hale gelene dek bütün artıkları toz halinde öğütmektedir. Neden mi? Daha iyi dağılsınlar diye, tabii.

Kenneth Iserson, geçen yüzyılda "cesetlere yapılan uygulamalarda pek az yenilik olduğunu" söylüyor. "Küllere yapılan işlemlerde daha da az oldu," diyor. Fakat bu, insanlar hiç çaba göstermiyorlar demek değildir. Külleri bir dağın tepesinden savurmak ya da okyanusa saçmak olarak başlayan iş gelişip, kemik tozunun uzaya fırlatılması, mücevherlere, olta saplarına, tebrik kartlarına, seramik biblolara doldurulmasına kadar geldi. Azteklerin kutsal saydığı harabelere kemik tozu saçmak güneybatı eyaletlerinde moda olmaya başlamıştı, ta ki Ulusal Park Hizmetleri birçok parkta kemik tozu saçmayı yasaklayana kadar.

Her yıl havaya savrulacak kül miktarı artıyor. Kuzey Amerika Kremasyon Derneği'nin (CANA) yaptığı bir araştırmaya göre 1998'de 10 küçük kutu dolusu kemik tozundan yalnızca dördü bir mezarlığa teslim ediliyordu. Bu toz paketleri ya gömülüyordu, ya yerin üstünde sıra sıra oyuklardan oluşan bir "ölü saklama mahzeninde" saklanıyordu ya da özel bir "toz serpme bahçesine" dökülüyordu.

Peki, ama yüz binlerce kutu toza ne oldu? Eh, krematoryum çalışanları ailelerin isteğine uygun olarak yaklaşık 64.000 kutuyu suya, diğer bir 24.000 kutuyu da karaya saçtılar. Kül kutularının neredeyse yüzde 6'sı aile bireyleri tarafından krematoryumlardan alınmıyor ve öylece beklemeye mahkum bırakılıyor. Geri kalan 176.000 kutu kül mü? CANA'nın araştırmasına göre, bu kemik tozu kutuları ya da kavanozları "eve götürülür". Fakat küllerin buradan alınıp nereye götürüldüğü sorusunun yanıtı olarak, en uçuk tahminler bile fazla uçuk kaçmayacaktır. Kendilerine özgü parlak fikirler üretemeyen aileler için, artık birçok şirket, tozları huzura kavuştuma konusunda bir dizi çözüm sunmaktadır.

Örneğin Creative Cremains şirketi, çiçek tohumları ve bir parça külden kâğıt hamuru karıştırıp el yapımı kartlar hazırlamaktadır. Bedeli 25 dolar olan bu kartların gönderildiği kişilerin, bunları parçalayıp, kemik tozu, tohum demeden toprağa dikmesi istenmektedir. San Francisco'daki bu şirket, değerli heykelcikleri ve başka eşyaları saklama kavanozlarına dönüş-

türmeyi de önermektedir. (Özel bir "serpme kavanozu"nun tozu saçma işini güzelleştirmesi amaçlanırken, "saklama kavanozu" merhumun kalıntılarından bir tutamını içerir ve şömine üstünde ya da çalışma masasında durur. "Saklama kolyesi" tozla doldurulmuş mücevherlerdir.)

California'da Claremont'ta bulunan bir şirket de ölenleri, beyaz kemik külünden bir parçasını kalın bir cam kürenin içine koyarak ölümsüzleştiriyor. Başka bir şirket bir parça saydam akriliğin içine külden yapılmış yunuslar yerleştiriyor. Spor sevenler için, orta batı bölgesinde yakılma işleminden arta kalan külleri, av tüfeği fişeklerinin içine yerleştirip, avcının istediği av hayvanına ateş etmesi için hazırlayan biri var; bu arada tüfekten çekinenlere aynı hizmeti bowling topları, ördek tuzakları, hatta balık yemi olarak da sunuyor. Balıktan laf açılmışken söyleyelim, Georgia'da bir şirket bir miktar külü bir parça betonla karıştırıyor. Bu karışımdan, mantar şeklinde yapay resifler oluşturuyor. Bunlar daha sonra mercanları çekmesi ve balıklara barınak olması için denize bırakılıyor. (İsteğe bağlı olarak ölen adına kitabe yazılı bronz bir levha da yerleştirilebiliyor.) Eğer merhum küllerinin saçılmasını istemiş ama bunun için zor bir yer seçmişse, sayıları giderek artan profesyonel kül saçıcılar sizin için bu hizmeti de yapabilirler. Sunulan çeşitli hizmetler arasında küllerin bir tekneden ya da motordan saçılması, bir uçaktan saçılması, Idaho'da bir ormana ya da Kutsal Topraklar'a serpilmesi bulunuyor.

Bir uçaktan kül saçmak, kül çılgınlığına kapılmış bu çağda biraz fazla tekdüze gibi görünebilir. Fakat bu ince tozları uzun bir yolculuğa göndermenin ince bir yoludur. Kemik parçacıklarının büyük bölümü, yere hızla inecektir (Demek ki kemik parçalarını öğütmek gerekli) . Fakat iyice incelmiş tozlar, rüzgârların ve hava durumunun izin verdiğince uzağa uçabilir. En ince zerreler günlerce havada süzülerek uçabilir, okyanusları aşar, uzaklardaki çölleri ve hiç çaba harcamadan egzotik sıradağları geride bırakır.

Havai fişekler küllerin rüzgârlara daha dramatik bir biçimde açılmasını sağlar. Güney California'daki Celebrate Life Şir-

keti, külleri birkaç bin dolara, özel olarak tadil ettiği havai fişek kapsüllerine yerleştirmektedir. Daha sonra ölen kişinin dostları ve ailesi bir araya toplandığında, şirket ekibi hem geleneksel, hem de kül yüklü havai fişekleri, geride kalanların seçtiği müzik eşliğinde fırlatmaktadır. Tıpkı bir uçaktan saçılan küller gibi, bu küller de canlı bir rüzgâr yakalama ihtimalinin tadını çıkarabilirler.

Bu seçenekler de mi çok ağırbaşlı görünüyor? Bu küllerin uzaya fırlatıldığını bir düşünün. 1997'de Celestis Şirketi, ilk yakılma artığı yükünü Dünya'nın çevresinde yörüngeye yerleştirmiştir. Celestis'in kül kapsülü, tek kullanımlık bir motora yüklendi; bu motorun başlıca görevi ticari amaçlı bir roketi yörüngeye sokmaktı. Motor işlevi bitip yandığında üzerinde Celestis kapsülü olduğu halde roketten ayrıldı. Şimdi 24 öncü müşterinin yakılmış cenazelerinden arta kalanlar, nispeten alçak bir yörüngede Dünya'nın etrafında dönmeye başladı. Ya da artıklarının *bir kısmı* diyelim.

Şirketin sözcüsü Christopher Pencheri "Yaklaşık yedi gram [koyuyoruz]," diyor. "Bizim sunduğumuz bir *anma* hizmeti." Şirket, ailelerin uzay gezginlerinin küllerinden geri kalanını ne yapacaklarına karışmıyor.

Bu ilk parti kül, roket motoruyla 2007'ye dek Dünya'nın etrafında dolanacak. Sonra bütün bu teçhizat Dünya'nın yapışkan atmosferine yaklaşınca alev alacak. Pancheri, "Tıpkı kayan bir yıldız gibi," diyor. Kemik tozları, roket motoruyla birlikte buharlaşıp atmosferin üst kısımlarında dönmeye başlayacak.

Şimdiye kadar yaklaşık 700 gram, insan kalıntısı roket uçuşuna çıkmış bulunuyor; bunlar arasında *iç* uzayın korkusuz kâşifi Timothy Leary de bulunuyor. Roketin yükseldiği irtifaya bağlı olarak bu toz parçacıklarının bir kısmı Dünya'nın etrafında 200 yıl boyunca dolanıp, her gün 15 dönüş yapabilir. Maliyetine gelince, tozun gramı başına 1000 doların biraz altında bir fiyat ödersiniz.

Fakat Celestis'e göre Dünya'nın yörüngesi yalnızca bir deneme uçuşudur. 1998'de şirket NASA'yla işbirliği yaparak, kuy-

ruklu yıldızlarla ilgili çalışmalar yürüten tanınmış bilim insanı Eugene Schoemaker'a ait birkaç gram tozun Ay'a gönderilmesini sağladı. İlerde, sıradan insanların küllerinin Ay'a gönderilmesi kişi başına 12.000 dolara mal olacak. Celestis şimdi de en ileri hedefe yönelik yolculuk rezervasyonlarını alıyor. 2001 yılı sonunda Celestis *Encounter 2001* uzay aracına bir kül kutusu yerleştirecek. NASA'ya ait olmayan bu araç, taşıdığı insan saçı, şiir, sanat eserleri ve kemik tozu ile birlikte, güneş sisteminden dolaşa dolaşa boşluğa çıkacak.

Eğer yakılmış cesedinizden arta kalanların uzayda dolaştığını, hatta çöl tozları, mantarlar ve kurumlarla birlikte gezegenin çevresinde esiyor olduğunu düşünmek size hoş görünmüyorsa, mumyalanmak sizin için uygun olabilir. Bugünün geniş bir hayal gücüne dayalı seçenekler sunan piyasasında, toza dönüşmenizi *önleme* konusunda bu yöntem kadar umut vaat eden pek az hizmet var. Merkezi California'da bulunan – başka nerede olabilir ki? – Summum şirketi, birkaç gram külünüzü Ay'a gönderme maliyetine, bu işi yapacaktır. Patenti alınmış bu işlem çerçevesinde DNA'nız korunur; uzun vadeli planlarınız arasında klonlanma da varsa bu işlem önemlidir. Çağdaş mumyalama yöntemini geliştiren ve kâr amacı gözetmeyen bu şirketin başkanlığını yapan Corky Ra, "*Ben olsam* sadece bilim yararına klonlanmak isterim," diyor. "O noktaya eriştiklerinde beni klonlamak isterlerse, bunu yapabilirler."

Tozlu akıbetinizden gerçekten de uzunca bir süre boyunca kaçınmak için, paranızı Summum'ın 36.000 dolarlık "mumyaform"una harcayabilirsiniz. Hem pırıl pırıl paslanmaz çelik kapsül, hem de daha geleneksel bir havası olan Mısır motifleriyle süslü bronzdan yapılma dış kapsülün kalınlığı yaklaşık yarım santim. Rüzgâr ve havanın, sizi ufalamaya başlamadan önce, metali parçalamaları, mumyaformu dolduran sentetik kehribar dolguyu aşındırmaları, sonra da üstünüzdeki sargıları eritmeleri gerekecek. Şimdiye dek Ra, bir tıp fakültesinde, otuz insan cesedinin yanı sıra bazı evcil hayvanları da başarılı –ve oldukça zarif bir biçimde– mumyaladı. Summum bu iş

için para ödeyen hiç kimseyi şimdiye kadar mumyalamadı ancak, 100'ü aşkın kişi bu hizmeti almak için önceden ödeme yapmış bulunuyor. Mumyalama işlemi birçok cenaze evinde gerçekleştirilebiliyor.

Peki, mumyalama tozlu akıbetinizi ne kadar geciktirebilir? Corky Ra, bu soru üzerine içini çekiyor. Bronz Devri, bu konuda iyi veriler sunamayacak kadar yakın bir dönem. "Dört bin, beş bin yaşında bronzların varlığı biliniyor," diyor.

Fakat mumyaformunuz Dünya saatine göre 100.000 yıl boyunca varlığını sürdürecek olsa da, bu süre göz açıp kapayana kadar geçecek. Zaman geçtikçe, toza dönüşmeniz *kaçınılmaz. Olacak* Olağandışı bir şans eseri rüzgârlar ve suyun elinden kurtulsanız, hatta Dünya'nın kabuğunda sürekli dönen tektonik tabakaların sürtünmesinden de kurtulsanız bile yine de bu olacak:

Toza dönüşeceksiniz.

Aslında *Dünya*'nın kendisi de toz olacak. Güneş'in merkezindeki ocak, sahip olduğu tüm hidrojen atomlarını helyum atomuna dönüştürdükten sonra, Güneş ısınacak, genleşecek ve "kırmızı bir dev" haline gelecek. Bugün, Güneş'i küçük bir üzüm tanesi gibi düşünecek olursak, Dünya onun bir buçuk metre ötesinde yörüngede dönmekte olan bir kum tanesi olurdu. Ama Güneş kırmızı bir dev haline geldikçe, üzüm tanesi bizim kum tanemizi yutacak kadar şişecektir.

Daha önceki hesaplamalar Dünya'nın bu felaketten kaçabileceğini söylese de, Lee Anne Willson durumun hiç de böyle olmayacağını düşünüyor. Iowa Eyalet Üniversitesi'nde fizikçi ve gök bilgini olan Willson, 2000'li yılların başında, hazırladığı bilgisayar modelindeki karamsar tahminleri kendi kuşağından araştırmacılara sunduğunda medyanın çok ilgisini çekmişti.

Canlı bir kişi olan Willson, "Yaptığım hiçbir şey Dünya'nın kızaracağını söylemem kadar popüler olmadı," diyor.

Daha önce hazırlanan bazı modeller yaşlanan Güneş'in dışarıya doğru genişlemeye başladığında uzaya büyük miktarlar-

da gaz salacağı tahmininde bulunuyordu. Güneş'in kütle kaybı, Dünya üzerindeki kütle çekimi etkisini zayıflatacak, Dünya daha tehlikesiz bir yörüngeye doğru çekilecekti.

Willson, "Kütle kaybı, en büyük farkı yaratır; Dünya'nın toz haline gelecek olması da, insanlık için hatıra kabilinden küçük bir külçe olarak kalması da buna bağlıdır," diyor. Fakat hesaplamaları, kavrulmuş küçük bir külçenin bile, umut edebileceğimizden fazla olduğunu gösteriyor.

Elbette bu çaresiz durumumuzu bizler görecek değiliz. Güneş'in seyrek atmosferi Dünya'nın yörüngesine doğru genişlerken gezegendeki koşullar önce son derece sağlıksız, sonra da son derece tozlu bir hal alacaktır. Bunun sebebi bizim kirlilik yaratan alışkanlıklarımız değil, Güneş'in doğal olarak her gün biraz daha ısınmasıdır.

Ken Caldeira Lawrence, Livermore Ulusal Laboratuvarı'nda görevli bir araştırmacı. O da gezegenin kaderini okumak için bir bilgisayar modeli kullanıyor. Fakat Caldeira, şimdiki zaman ile Lee Anne Willson'a göre güneşin kızaracağı zaman arasında kalan dönem üzerinde odaklanıyor. Caldeira'nın tahminine göre, yaklaşık yarım milyar yıl sonra, gezegenin sürekli ısınması atmosferin kimyasını toptan değiştirecek. Bütün bitkiler kuruyup ölecek ve canlıların mezara doğru ağır yürüyüşünün başını çekecekler. Gerçekten tozlu zamanlar geldiğinde bizler ortada olmayacağız bile.

Caldeira, "Yaklaşık bir buçuk milyar yıl içinde, Dünya ısınırken okyanuslardan daha fazla su buharı atmosfere girecek," diye tahmin ediyor. Bu buharlaşmış su, nemli ve atmosferin hareketli bölümü olan troposferin düzeyinde kalmakla yetinmeyecek. Caldeira, su buharının yukarıya doğru tırmanıp yüksekte, stratosferdeki ince gazlarla birleşeceğini söylüyor.

"Su buharı stratosfere çıktığında, güneşin radyasyonuna maruz kalır, bu da moleküllerini parçalar," diye devam ediyor Caldeira. "Hidrojen atomları o kadar fazla enerji yükleneceklerdir ki, gezegeni sonsuza kadar terk edebilirler. Peki, suyu kaybedince ne olur? Sanıyorum ki Dünya biraz tozlu bir yer haline gelecektir."

Belki de bazı dayanıklı bakteriler, geride kalan kurak ve sıcak tozlu kayaların üzerinde barınabileceklerdir. Fakat onlar bile tozlu bir akıbetten kaçamayacaktır. Okyanusların kurumasından birkaç milyar yıl sonra, Güneş'in genişleyen atmosferi belki 3315 derecede kaynayan kırmızı bir duvar gibi Dünya'ya yaklaşacaktır. Ve tıpkı yörüngede dönen bir roketin motorunun Dünya'nın dış atmosferi tarafından yavaşlatılması gibi. Dünya'nın büyüyen Güneş'in etrafındaki hızı, kırmızı devi çevreleyen gaz halesiyle mücadele ettikçe yavaşlayacaktır.

Lee Anne Willson, "Dünya içe doğru sarmal çizerek yaklaşacak," diyor. "Güneş'in mat iç kısmına doğru yaklaşırken daha da ısınacak. Sonra Güneş'in içine girdiğinde, buharlaşacak."

Dünya'nın kuvars ve granitinden, demir ve altınından, taze ve fosilleşmiş kemiklerinden, bir yerlerdeki paslanmaz çelik mumyaformlarından çıkacak buhar, kırmızı devin atmosferine karışacak. Çöller ve dağlar, dökülen kanla kararmış topraklar ve eski petrol yatakları, hepsi de yanıp gaz olacak. Her toz yumağı ve her elektrikli süpürge Güneş'in kırmızı sıcak krematoryumunda bir an parlayıp yanacaktır.

Ve sonra bu tuhaf buharlar yeni tozlar oluşturabilecekler.

Willson, "Bir kırmızı dev, hayatının sonuna yaklaşırken, genelde bir yıldan daha kısa süren bir döngü içinde, çarpan bir kalp gibi atan büyük, kabarık bir şey haline gelir," diyor. Bu ağır ağır çarpma hali, yıldızın atmosferini boydan boya kat eden muazzam şok dalgalarının oluşmasına yol açar.

"Bir şok dalgası gazı sıkıştırdığında, gaz ısınır. Ama sonra gaz yeniden genişlediğinde, soğur ve o zaman toz oluşabilir. Toz bir sonraki ısınma aşamasını da geçirmeyi başarır ve her soğuma aşamasında biraz daha büyür."

Bu çarpan kalbin atmosferinde, gezegenimizden çıkan buharların bazılarının yeniden yoğuşması mümkün olacaktır. Kimyasal olarak kuvars kayalarına ve nikel-demire benzeyen minicik boyutlardaki kabarık toz taneleri büyüyecektir.

Sonra güneş rüzgârlarının önüne katılan bu Dünyalı duman bulutu galaksiye doğru esecektir. Bundan kısa bir süre sonra

da, Güneş dış tabakalarını uysalca uzaya dökecek, burada sıcak gazların bir kısmı da soğuyup basit tozlar haline gelecektir.

Şurası unutulmamalı ki, Dünya'nın aslında hem Güneş'in pençesinden, hem de ölüm sancılarından kaçıp kurtulması ihtimali mevcuttur. Michigan Üniversitesi'nde fizikçi ve Willson'ın eski öğrencilerinden olan Fred Adams, *The Five Ages of the Universe* adlı sürükleyici kitabında, Dünya'nın önünde bulunan seçeneklerden bazılarını tanımlıyor. Adams'ın sunduğu alternatiflerden biri, yakından geçecek kırmızı bir cüce yıldızın, kütle çekimiyle Dünya'yı yörüngesinden fırlatması ve soğuk uzayın derinliklerine göndermesi. İyi haber, bu seçeneğin gezegenin evrendeki ömrünü yaklaşık 10 trilyon trilyon yıl daha uzatacak olması. Kötü haber ise bu yılların soğuk ve ıssız yıllar olarak geçecek olması ve sonunda gezegenimizin inceden inceye işleyen, "proton çürümesi" denilen bir süreçle, atom altı bir halde buharlaşıp uzaya karışacak olması. Adams, bunun soğumayı izleyen 2 milyar yıl içinde gerçekleşmesi ihtimalini hesaplamış.

"İhtimal yaklaşık yüz binde bir. Böyle zayıf bir bahse kimse para koymaz," diyor gülerek. "Fakat aslında şansı pek çok piyango biletinden daha iyidir."

Adams'ın daha iyi dediği olasılık ise daha karamsar bir tablo sunuyor. Eğer fırıldak gibi dönüp duran bir *çift* kırmızı cüce yıldız yakınından geçecek olursa, Dünya belki zorla bu aileye katılma fırsatını bulabilir. Kırmızı cüce yıldızlar soğuk ve güçsüz yanarlar. Dolayısıyla bu aileye dâhil olması, Dünya'yı trilyonlarca yıl boyunca güvenli ve sıcak tutabilir; böylece bizim sıcak Güneşimizin yanında kalmasına kıyasla ömrü binlerce kat daha uzun olacaktır. Bu senaryoya göre Dünya'nın sonunu getiren yine atom altı süreçlerle gerçekleşen bir buharlaşma olacaktır. Peki, bu alternatifin gerçekleşme ihtimali nedir? Üç milyonda birdir.

Adams "Toz yapmanın *en iyi* yolu Dünya'nın Güneş tarafından yutulması olacaktır," diyor. Willson ile Adams bu senaryonun gerçekleşme ihtimalinin çok yüksek olduğunda hemfikirler.

Akbabalara yem olan bir insan vücudu hayatın geniş ağı içinde dolanmayı sürdürür; yenir, sonra dışkılanır, yenir ve dışkıla-

nır. Dünyamızdan kalanların başına da muhtemelen aynı şey gelecektir.

Güneş sistemimizi oluşturan uzay tozu üzerinde bize 10 milyar yıllık kullanım hakkı tanınmış. Ama bu hak sona erdiğinde dahi, evren hâlâ bebeklik evresinde olacak. Evrenden ödünç aldığımız toz daha birçok kereler hayat bulacaktır.

Tozumuz, galaksinin ürkütücü uzaklıklarına sürüklenmesinden milyarlarca yıl sonra, kendini bir yıldız çekirdeğinin etrafında toplanmakta olan karanlık bir bulutun içine karışmış bulabilir. Tozumuzun küçük bir bölümü yeni yıldızın çekirdeğine doğru sürüklenebilir. Birazı daha bir araya gelip bu yıldızın çevresinde dolanan bir gezegenin içine karışabilir. Ve bu yıldız eğer büyük bir yıldızsa, hızla patlayıp hem eski, hem de yeni tozları galaksiye geri püskürtebilir.

Ve böylece her yeni yıldız kuşağıyla birlikte, evren biraz daha tozlanacaktır. Trilyonlarca yıl geçip giderken, geceleri toz lekeleri daha fazla yıldız ışığını kapattıkça gökyüzü kararacaktır. Yıldızlar, kendilerini bu tozlu yakıta uyarladıkça daha sönük yanacaklar ve pırıltıları giderek daha soluk bir hal alacaktır. Fred Adams'ın evren yaşlandıkça oluşacağını tahmin ettiği tuhaf yıldızlar kuşağı yalıtıcı tozlarla öylesine dolu olacak ki, atmosferlerinin içinde buz kristalleri dolanacak.

Ve sonra, tıpkı tavan arasında kalmış eski bir gazete gibi, yıpranmış evren, kalınlaşmakta olan toz tabakasının altında yavaş yavaş gözden kaybolacaktır.

Web Siteleri

2. Yıldızların Hayatı ve Ölümü

Çok çok fazla toz içeren galaksimiz Samanyolu'nun çok güzel bir portresi için, http://www.star.ucl.ac.uk/ -apod/apod/ap980128.html.

Başlangıçtaki tozlu disk içinde Dünya'nın oluşumunun resimli bir günlüğü: http://www.psi.edu/projects/planets/planets.html

Kızılötesi teknolojisi astronomların sanki X-ışını kullanıyormuşçasına tozun ötesini görmesini sağlamaktadır. Bu site kızılötesini iş başındayken görmenizi sağlayacak: http://www.ipac.caltech.edu/Outreach/Edu

Yıldızlar arasındaki tozun bir stereogramı: http://www.astro.ucla.edu/-wright/dust

Zodyak ışığının hayret verici fotoğrafları, Hale-Bopp kuyruklu yıldızı manzaraya renk katmış: http://educeth.ethz.ch/stromboli/photos/photocom/index-e.html

Dünyaya hayatı uzay tozundaki büyülü moleküller mi getirdi? NASA'nın Ames Araştırma Merkezi'ndeki astrokimya laboratuarı konuyla ilgili araştırma linkleri ve son makaleleri sunmaktadır: http://web99.arc.nasa.gov/-astrochm/

Astrobiyoloji ya da (bizimki de dahil) yıldızlarda hayatın araştırılması, genişlemekte olan yeni bir araştırma alanıdır. NASA'nın sitesinde haberler, söyleşiler, soru ve cevaplar ve araştırma haberleri bulunmaktadır: http://.astrobiology.arc.nasa.gov

Hayatın hammaddelerinin nasıl uzayda oluştuğunu aktaran bu makale iyi resimler içermektedir ve bilim adamı Max Bernstein ve meslektaşları tarafından kaleme alınmıştır: http://www.sciam.com/1999/0799issue/0799bernstein.html

3: Merak Uyandıran Hafif Uzay Tozu Yağmuru

Kuyruklu yıldız tozu yakalayıp Dünya'ya getirme misyonu Stardust'ın da kendine ait bir web sitesi vardır: http://stardust.jpl.nasa.gov/mission/msnover.html

NASA'nın toz toplama bölümünün minik zerreciklerin güzel portrelerini içeren zengin bir sitesi vardır: http://www-curator.jsc.nasa.gov

Kuyruklu yıldızlar Hawaii Üniversitesi'nde kuyruklu yıldız uzmanı olarak görev yapan astronom David Jewitt'in web sitesinde hayat buluyor: http://www.ifa.hawaii.edu/faculty/jewitt/kb.html

Bu Ay ve Gezegen Laboratuarı sitesinde asteroidler günlerini gün ediyor: http://seds.lpl.arizona.edu/nineplanets/nineplanets/asteroids.html

Buz devirlerine kozmik toz mu yol açtı? Berkeley'de profesör olarak görevli Richard A. Muller'ın sitesi kendisinin bu konuyla ve Güneş'imize eşlik eden görünmeyen bir yıldız olduğu kuramıyla ilgili araştırmasını sunuyor: http://muller.lbl.gov/

Meteoritlerden kazıp çıkardığı kadim tozları inceleyen Larry Nittler'ın da güzel bir web sitesi var, sitede uzay elmaslarının da bir görüntüsü bulunuyor! http://www.ciw.edu/lrn/psg_main.html

4. Çöllerin Ölümcül Tozu

Woody Guthrie'yi "The Dust Pneumonia Blues"u söylerken dinleyin: http://chnm.gmu.edu/courses/hist409/dust/dust.html

Rüzgar erozyonu, Toz Çanağı yıllarıyla birlikte uçup gitmemiştir. Rüzgar Erozyon Araştırma Birimi'nin de ortaya koyduğu üzere sorun devam etmektedir: http://www.weru.ksu.edu

Rüzgardaki toz ve bu tozun çöller ve kayalar üzerindeki etkisi USGS'ye ait bu sitedeki harika fotoğraflarla incelenmiştir: http://pubs.usgs.gov/gip/deserts/eolian/

Oviraptor'un –ve başka birçok dinozorun– portreleri şu adreste bulunabilir: http://web.syr.edu/-dbgoldma/pictures.html

"Earth from Space" (Uzaydan Dünya), NASA'nın mekiklerden çekilen fotoğrafların bulunduğu galerisidir, bu fotoğraflar arasında Çin'deki Taklamakan Çölü'nün ve Çad'daki Djourab Kumul Bölgesi'nin de fotoğrafları vardır: http://earth.jsc.nasa.gov/

5. Yukarı Doğru Yağan Toz Yağmuru

Pan Amerikan Aerobiyoloji Derneği basın bültenini ve konferans özetlerini internette yayınlamaktadır. Ortalıkta dolanan küfler ve yağmacı polenlerle ilgili son haberleri şu adreste bulabilirsiniz: http://www.paaa.org

NASA'nın gezegene ayrılmış bölümü yangınlar ve başka küresel meseleler hakkında çok zengin bilgiler sunuyor, fotoğraflar da: http://earthobservatory.nasa.gov/

Arizona'daki Meteor Krateri faciası dinozorların ölümüne sebep olmamıştır, ama gezegene gelen bir asteroitin verebileceği hasara iyi bir örnek teşkil etmektedir: http://www.barringtercrater.com

Bu site antik polenler, sporlar ve mikroskobik boyutlardaki başka fosillere ayrılmıştır. "Ayın polen zerresi" ve çocuk köşeleri de vardır: http://www.geo.arizona.edu/palynology

Yanardağlar ABD Jeolojik Araştırmalar kurumu sitesinin yıldızıdır, sitede çeşitli yanardağ gözlemevlerinin linkleri de vardır: http://vulcan.wr.usgs.gov/home.html

Orman yangınlarından çıkan dumanlar o kadar büyük duman bulutları oluşturur ki, bunlar uzaydan kolayca görülür. Astronotların çektiği bir dizi foto şu linkte bulunabilir: http://eol.jsc.nasa.gov/newsletter/smoke/page1.html

Diatomlar, çarpıcı derecede ayrıntılı bir biçimde şu sitede kataloglanmıştır: http://www.bgsu.edu/departments/biology/algae/html/Image_Archive.html

6. Rüzgâra Kapılmış Toz Sınır Tanımaz

Bu uydu fotoğrafları dizisinde devasa bir toz fırtınasının Asya'dan kalktığı, Pasifik'i geçtiği ve ABD'nin batı eyaletlerini toza buladığı görülüyor: http://daac.gsfc.nasa.gov/CAMPAIGN_DOCS/OCDST/asian_dust.html

Artık "Nisan 1998 Asya Tozu Olayı" olarak anılan toz fırtınası, şu sitede, konuyla ilgilenen bilim insanları tarafından yeniden yaratılmış, canlandırılmış, tartışılmış ve açıklanmıştır: http://capita.wustl.edu/Asia-FarEast/

Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi'nin "önemli olaylar" dedikleri şeylerin uydu görüntülerinin bulunduğu bir sitesi vardır. Bu görüntüler tutulmalardan, toz fırtınalarına, büyük duman bulutlarına varıncaya dek geniş bir yelpazede yer almaktadır: http://www.osei.noaa.gov

Weather Modification Inc.'in web sitesinde bulut tohumlamanın nasıl işlediğiyle ilgili

birçok bilgi vardır, dolu yaratan bulutlara dair de grafikler bulunmaktadır: http://www.wmi.cban.com/services.html

Uzaydan çekilmiş fotoğraflarıyla çöller ve başka yeryüzü şekilleri, çevrenin değişimi vurgulanarak şu sitede sunulmuştur: http://edcwww.cr.usgs.gov/earthshots/slow/tableofcontents

7. Buz Devrinin Sonunu Toz mu Getirdi?

Ulusal Buz Numunesi Laboratuarı buz numunesi toplayıp bilim insanlarına dağıtır. Bu sitedeki "nasıl yapılıyor" bölümünde, koca bir buz hasadı sürecine dair dondurucu bir slayt gösterisi vardır. Sıcak tutacak şekilde giyinin: http://nicl.usgs.gov/index.html
Kendrik Taylor'ın kaleme aldığı, American Scientist'te yayınlanan "Rapid Climate Change" başlıklı makalede Dünya'da ısı artışının gösterebileceği baş döndürücü hıza dair son keşifler ayrıntılı olarak sunulmaktadır: http://www.maxey.dri.edu/WRC/waiscores/Amsci/Taylor.html

Bu sitede USGS'nin ABD'nin güneybatı bölgelerinde iklim ve tozun nasıl bir etkileşim içinde olduğunu anlamak için yürüttüğü çalışmalar özetleniyor. Sitede San Joaquin Vadisi'ni etkisi altına almış bir toz fırtınasının havadan çekilmiş çarpıcı görüntüleri de bulunuyor. Bu sayfa, USGS projeleri ve keşifleriyle ilgili doyurucu nitelikte özel bir dizinin yalnızca bir sayfası: http://geochange.er.usgs.gov/sw/impacts/geology/dust/

EPA'nın küresel iklim değişikliğiyle ilgili sayfaları basit ve düzdür, "Ben ne yapabilirim?" gibi bir sorunun cevaplarını da içerir: http://www.epa.gov/globalwarming/

Burada Daniel Rosenfeld'in "kirlilik izlerini" belirlemek için kullandığı uydu desteksi yöntemi anlatılıyor. Sitede linkler ve izlerle şifrelenmiş görüntüler de bulunuyor: http://earthobservatory.nasa.gov/Study/Pollution/

8. Aşağı Doğru Yağan Toz Yağmuru

Tozun en ateşli hayranlarından bazıları, daha büyük, daha fazla ürün almak için bahçelere toz serpilmesini savunur. Büyük bir tarih, ifadeler: http://Remineralize-the-Earth.org

Bu NASA sitesindeki heyecan verici fotoğraflar arasında toz fırtınaları, devasa duman bulutları ve geniş ölçekli başka fenomenler bulunuyor. Şu linke bakın: http://www.gsfc.nasa.gov

Sahra tozu ile Karayipler'deki mercan resiflerinin hikayesi metinler ve birçok fotoğraf eşliğinde şu sitede anlatılıyor: http://coastal.er.usgs.gov/african_dust

Amerika Akciğer Derneği web sitesinin konusu akciğerler, akciğerler, akciğerler ve akciğer rahatsızlıkları: http://www.lungusa.org/

Birleşmiş Milletler Çevre Programı uzun ömürlü ve yüksekten uçan kirleticilerle ilgili küresel bir bakış sunuyor. Milyonlarca linke ve tonlarca bilgiye ulaşabilirsiniz: http://irptc.unep.ch/

Çok küçük toz zerreciklerinin tehlikeleriyle ilgili yararlı bir makale ve akciğer dokusuna dair hoş bir grafik bu siteden indirilebilir. Makalenin başlığı "Küçük Parçacıklar – Büyük Sorun.": http://www.tsi.com/hsi/homepage/applnote/iti_067pdf

9. Çevrede Dolaşan Bazı Tatsız Tipler

Bu sitede Kapadokya'nın siyah ve gizemli kilometrelerce uzanan hayret verici "yeraltı şehirleri", freskle süslü kiliseler ve evleri içeren muhteşem mağaralarının çok güzel fotoğrafları var: http://www.hitit.co.uk/regions/cappy/About.html

Hangi sanayilerin şehrinizdeki tozu artırdığını EPA'nın Toksik Salım Envanteri prog-

ramıyla öğrenin. "Explorer" aygıtı bölge bölge incelemenizi sağlıyor: http://www.epa.gov/tri

İş yeriniz tozlu mu? Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü'nün sitesinde iş yerinde tozla ilgili tonlarca araştırma var: http://www.cdc.gov/niosh/homepage.html

NIOSH'un "İşle İlgili Akciğer Hastalıkları İzleme Raporu, 1999" çeşitli tozlu mesleklerdeki üzücü ölüm ve hastalık sayılarının izini sürüyor: http://www.cdc.gov/niosh/w99cont.html

Ne kadar çok insan ölüyor... feşmekandan! Sonu gelmez hastalık betimlemeleri, ölüm oranları ve başka istatistiklere ulaşmak için Hastalık Kontrol Merkezi sitelerini ziyaret edin. "Söylentiler" sayfasını kaçırmayın: http://www.cdc.gov

Dünyanın tartışmasız en büyük patoloji sitesi; hastalık ve ölüm hakkında bilmek istediğiniz her şeyi içerir, ayrıntılı betimlemeler ve fotoğraflarla birlikte. Sayfalar devasadır, yüklenmesi yavaştır, ama beklemeye değerdir: www.pathguy.com/index1.com

10. Mikroskobik Canavarlar ve: Ev İçindeki Diğer Belâlılar

Çevre Koruma Ajansı ve Tüketim Ürünü Güvenliği Komisyonu'nun ev içindeki kirleticilerle ilgili yayını, The Inside Story: A Guide to Indoor Air Quality'ye şuradan ulaşabilirsiniz: http://www.cpsc.gov/cpscpub/pubs/450.html

Ununuzda kaç böcek bacağına izin var? Gıda ve İlaç İdaresi'nin kayısılardan mısır gevreğine kadar her şeye dair saflık standartları: http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/dalbook.html

Dünyanın en güzel ve en tuhaf bazı maytlarının harika renkli fotoğraflarıyla dolu, çarpıcı bir "mite sitesi": http://www.uq.edu.au/entomology/mite/mitetxt.html

Washington Eyaleti'ndeki Amerikan Akciğer Cemiyeti'nin ev içindeki hava kirliliği meseleleriyle ilgili iyi bir sitesi var: http://www.alaw.org

Ulusal Kalp, Akciğer ve Kan Enstitüsü'nün sitesinde astım açıklanıyor: http://www.nhlbi.nih.gov/health/public/lung/index.htm

Astımlı bir akciğerin normal bir akciğerden ne farkı vardır? Bu diyagramı inceleyin: http://www.asthmacentre.com/manual/howasthma.html

Amerikan Astım, Alerji ve İmmünoloji Akademisi de astımın derinlerine dalıyor: http://aaaai.org/public/default.stm

11. Tozdan Toza

Kuzey Amerika Kremasyon Cemiyeti'nin sitesindeki yayınlar arasında ABD'de en fazla hangi eyaletlerde kremasyon yapıldığı, küllere neler olduğuyla gibi istatistikler bulunuyor: http://www.cremationassociation.org

İnternet Kremasyon Cemiyeti'nin bilgilendiren, ayrıca saklama kapları, kül saçma hizmetleri ve ölüm sonrası başka vazgeçilmezlerle ilgili linkleri var: http://www.cremation.org

İster yunus şeklinde akrilik bir kül saklama kabı arıyor olun ister "Muhteşem" yazan bir kap ya da küllerinizi nereye saçacağınızla ilgili fikirler, bu site kremasyon hayranlarının tek durağı: http://www.urnmall.com

Diğer duraklara gelince, Neptün Cemiyeti'nin web sitesine uğrayın, yakınınızda bir krematoryumda yerinizi ayırtın. Kızartılmanız ve denize saçılmanız hizmetini önceden elektronik olarak satın alabilirsiniz: http://www.neptunesociety.com

Küller resiflere camiası şurada: http://www.eternalreefs.com

Uzaydaki küller: http://www.celestis.com

Gömülmeyi düşünenlere: Tabutunuzu, mezarınızı ve mezar taşınızı sipariş edebileceğiniz bir site: http://www.thefuneralstore.net

Mumyalanmayı düşünenlere: Summum'un sitesi New Age spiritüelliği, müzik, artı mumyalanma fotoğrafları ve fiyatlarını veren hayret verici bir koleksiyon: http://www.summum.org

Güneş'imiz mantosunu silkindiğinde patlama süpernova statüsü kazanması için yeterli olmayacaktır. Onun yerine gökyüzünde (yersizce) "gezegensi nebula" denen hoş bir pırıltılı gaz bulutu ışıldayacak. Hubble Uzay Teleskopu bunların bazılarını yakalamıştır; şurada görebilirsiniz: http://oposite.stsci.edu/pubinfo/pr/97/38/bjs.html

Bibliyografya

1. Bir Toz Tanesinin İçindeki Dünya

Cooke, William F. vd. "A Global Black Carbon Aerosol Model." *Journal of Geophysical Research*, 101, no. D14, s. 19.395 - 19.419, 1996.

EDGAR Veritabanı. "Global Anthropogenic NOx Emissions in 1990." Yayımlandığı yer: rivmadjetw/int/coredata/edgar/

Ford. A., vd. "Volcanic Ash in Ancient Maya Ceramics of the Limestone lowlands: Implications for Prehistoric Volcanic Activity in the Guatemala Highlands", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 66, no. 1-4, s. 149-162, 1995.

Gong, Sunling. Küresel deniz tuzu akışı tahmini. Kişisel iletişim, Ocak 2000.

Guenther, Alex. Biojenik Değişken Organik Bileşikler, küresel akış tahminleri. Kişisel iletişim, Ocak 2000.

Kaiser, Jocelyn. "Panel Backs EPA and 'Six Cities' Study", *Science*, 289, s. 711, 4 Ağustos 2000.

Marshall, W. A. "Biological Particles over Antarctica", *Nature*, 383, s. 680, 24 Ekim 1996.

Prospero, Joseph M. "Long-Term Measurements of the Transport of African Mineral Dust to the Southeastern United States: Implications for Regional Air Quality", *Journal of Geophysical Research*, 104. no. D13, s. 15.917-15.927, 1999.

Psenner, R. vd. "Life at the Freezing Point", *Science*, 280, s. 2.073-2.074, 26 Haziran 1998.

Sattler, B. vd. "Bacterial Growth in Supercooled Cloud Droplets", Geophysical Research Letters, 28, no. 2, s. 239-243, 2001.

Stone, E. C. vd. "From Shifting Silt to Solid Stone: The Manufacture of Synthetic Basalt in Ancient Mesopotamia", *Science*, 280, s. 2.091-2.093, 26 Haziran 1998.

Tegen, Ina, vd. "Contribution of Different Aerosol Species to the Global Aerosol Extinction Optical Thickness: Estimates from Model Results", *Journal of Geographical Research*, 102, no. D20, s. 23.895-23.915, 1997.

Urquart, Gerald, vd. "Tropical Deforestation", NASA Earth Observatory, tarihsiz. Yayımlandığı yer: earthobservatory.nasa.gov/Library/Deforestation/deforestation_3.html

ABD Hastalık Kontrol Merkezleri (U.S. Centers for Disease Control). Work-Related Lung Diseases Surveillance Report 1999, Washington, DC.: CDC, 1999.

Yokelson, Robert J. Biyokütle yakan karbon için gazdan parçacığa dönüşüm oranı. Kişisel iletişim, Ocak 2000.

2. Yıldızların Hayatı ve Ölümü

Andersen, Anja, vd. "Spectral Features of Presolar Diamonds in the Laboratory and in Carbon Star Atmospheres", *Astronomy and Astrophysics*, 30, s. 1080-1090, 1998.

Backman, Dana vd. "Extrasolar Zodiacal Emission: NASA Panel Report", NASA, 1997. Yayımlandığı yer: http://astrobiology.arc.nasa.gov/workshops/1997/zodiac/backman/backman/IIIa2.html

Basiuk, Vladimir A., er al. "Pyrolytic Behavior of Amino Acids and Nucleic Acid Bases: Implications for Their Survival During Extraterrestrial Delivery", *Icarus*, 134, no. 2, s. 269-279, 1998.

Beckwith, Steven V. W. vd. "Dust Properties and Assembly of Large Particles in Protoplanetary Disks", *Protostars and Planets IV*'ten (yayıma hazırlayan) Mannings, Vince vd., Tucson: University of Arizona Press, 2000.

Bernstein, Max P. vd. "Life's Far-Flung Raw Materials", *Scientific American*, 281, s. 42-49, Temmuz 1999.

Blum, Jurgen vd. "The Cosmic Dust Aggregation Experiment CODAG", *Measurement Science and Technology*, 10, s. 836-844, 1999.

Clark, David H. *The Historical Supernovae*, Oxford: Pergamon Press, 1979.

Clayton, Donald D. vd. "Condensation of Carbon in Radioactive Supernova Gas", *Science*, 283, s. 1290-1292, 26 Şubat 1999.

Culotta, Elizabeth vd. "Planetary Systems Proliferate", *Science*, 286, s. 65, 1 Ekim 1999.

Dwek, E. vd. "Detection and Characterization of Cold Interstellar Dust and Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Emission, from COBB Observations", *Astrophysical Journal*, 475, s. 565-579, 1 Şubat 1997.

Hellmans, Alexander. "Fine Details Point to Space Hydrocarbons", *Science*, 287, s.946, 11 Şubat 2000.

Irion, Robert. "Can Amino Acids Beat the Heat?" *Science*, 288, s. 605, 20 Nisan 2000.

Lada, Charles. "Deciphering the Mysteries of Stellar Origins", *Sky & Telescope*, s. 18-24, Mayıs 1993.

Maran, Stephen P. (yayıma hazırlayan). *The Astronomy and Astrophysics Encyclopedia*, New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

Mathis, John S. "Interstellar Dust and Extinction", *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 28, no. 28, s. 37-69, 1990.

Reach, William T. vd. "The Three-Dimensional Structure of the Zodiacal Dust Bands", Icarus, 127, no. 2, s. 461 485, 1997.

Stokstad, Erik. "Space Rock Hints at Early Asteroid Furnace", *Science*, 284, s. 1246-1247, 21 Mayıs 1999.

Wood, John A. "Forging the Planets", *Sky & Telescope*, s.36 -48, January 1999.

3: Merak Uyandıran Hafif Uzay Tozu Yağmuru

Andersen, Anja vd. "Spectral Features of Presolar Diamonds in the Laboratory and in Carbon Star Atmospheres", *Astronomy and Astrophysics*, 30, s. 1080-1090, 1998.

Backman, Dana, vd. "Extrasolar Zodiacal Emission: NASA Panel Report", NASA, 1997. Yayımlandığı yer: http://astrobiology.arc.nasa.gov/workshops/1997/zodiac/backman/backman/111a2.html

Bradley, John P. vd. "An Infrared Spectral Match between GEMS and Interstellar Grains", *Science*, 285, s. 1716-1718, 10 Eylül 1999.

Farley, K. A. "Cenozoic Variations in the Flux of Interplanetary Dust Recorded by 3He in a Deep-Sea Sediment", *Nature*, 376, s. 153-156, 13 Temmuz 1995.

Farley, vd. "Geochemical Evidence for a Comet Shower in the Late Eocene", *Science*, 280, s.1250-1253, 22 Mayıs 1998.

Haggerty, Stephen E. "A Diamond Trilogy: Superplumes, Supercontinents, and Supernovae", *Science*, 285, s. 851-860, 6 Ağustos 1999.

Kerr, Richard A. "Planetary Scientists Sample Ice, Fire, and Dust in Houston", *Science*, 280, s.38-39, 3 Nisan 1999.

Kortenkamp, Stephen. "Amid the Swirl of Interplanetary Dust", *Mercury*, s. 7-11, Kasım-Aralık 1998.

Kortenkamp vd. "A 100,000-Year Periodicity in the Accretion Rate of Interplanetary Dust", *Science*, 280, s. 874-876, 8 Mayıs 1998.

Kyte, Frank T. "The Extraterrestrial Component in Marine Sediments: Description and Interpretation", *Paleoceanography*, 3, no. 2, s. 235-247, 1988.

Love, S. G. vd. "A Direct Measurement of the Terrestrial Mass Accretion Rate of

Cosmic Dust", *Science*, 262, s. 550-553, 22 Ekim 1993.

Maurette, M. vd. "A Collection of Diverse Micrometeorites Recovered from 100 Tonnes of Antarctic Blue Ice", *Nature*, 351, s. 44-45, 2 Mayıs 1991.

Maurette vd. "Placers of Cosmic Dust in the Blue Ice Lakes of Greenland", *Science*, 233, s. 869-872, 22 Ağustos 1986.

Monatersky, Richard. "Space Dust May Rain Destruction on Earth", *Science News*, 153, no. 19, s.294, 9 Mayıs 1998.

Muller, Richard A. vd. "Origin of the Glacial Cycles: A Collection of Articles", International Institute for Applied Systems Analysis, RR-98.2, Şubat 1998.

Murray, John vd. "Report on Deep-Sea Deposits Based on the Specimens Collected During the Voyage of HMS Challenger in the Years 1872-1876", *The Voyage of HMS Challenger*'dan alınmıştır, Cilt XVIII (Kısım I), s. xcix-c, Thompson, C. W. ve Murray J. (yayıma hazırlayanlar), Londra: Her Majesty's Stationery Office, 1891.

Oliver, John P. vd. "LDEF Interplanetary Dust Experiment (IDE) Impact Detector Results", Havacılık-Uzay Duyumunda Optik Mühendislik Üzerine Uluslararası Sempozyuma SPIE sunumu, Nisan 1994.

Taylor, Susan, et al. "Accretion Rate of Cosmic Spherules Measured at the South Pole", *Nature*, 392, s. 899-903, 30 Nisan 1998.

4. ÇÖLLERİN ÖLÜMCÜL TOZU

İsimsiz. "Some Information about Dust Storms and Wind Erosion on the Great Plains", ABD Tarım Bakanlığı, Toprak Koruma Hizmetleri, 30 Mart 1953. (AGR-SCS-Beltsville, Maryland 2630, Nisan 1954)

Babaev, Agajan G., ed. Desert Problems and Desertification in Central Asia. Heidelberg: Springer. 1999.

Bennett, H. II. "Emergency and Permanent Control of Wind Erosion in the Great Plains." The &lent° Monthly, X [VII, pp. 381-399,1938. Soil Conservation. New York and London: McGraw- Hill, 1939.

Blouet, Brian W. et al., eds. The Great Plains: Environment and Culture. Lincoln: University of Nebraska Press. 1979.

Busacca, Alan, et al. "Effect of Human Activity on Dustfall: A 1,300-Year Lake-Core Record of Dust Deposition on the Columbia Plateau, Pacific Northwest U.S.A." Conference Proceedings: Dust Aerosols, Loess Sods ciz Global Change, Washington State University. Publication No. MISC0190, 1998.

-, eds. Conference Proceedings: Dust Aerosols, Loess Soils & Global Change, Washington State University. Publication No. M I5(0190, 1998.

Cloodsley-Thompson, J. L. Man and the Biology of Arid Zones. Baltimore: University Park Press,1977.

—,ed. Saban: Desert. New York: Pergamon Press, 1984.

Crowley, Thomas). "Remembrance of Things Past: Greenhouse Lessons from the Geologic Record." Consequences, 2,110.1, pp. 3-12,1996.

Douglas, David. "Environmental Eviction: Migration from Environmentally Damaged Areas." Christian Century, 111,110. 26, pp.839-841,1996.

Fastovsky, David E., ec al. "The Paleoenvironments of Tugrikin-Shireh (Gobi Desert, Mongolia) and Aspects of the 'taphonomy and Peleoecology of Protoceratops (Dinosauria: Ornithishichia)." Palaios, 12, no. 1, pp. 5970, 1997.

George, Uwe. In the Deserts of This Earth. San Diego: Harcourt Brace Jovanovich,1977. Gillette,1/ale A. "Estimation of Suspension of Alkaline Material by Dust Devils in the United States." Atmospheric Environment 24A, DO. 5, pp. 1,133-1,142,1990.

Graham, Stephan A., et al. "Stratigraphic Occurrence, Paleoenvironment, and Description of the Oldest Known I Miosaur (Late Jurassic) front Mongolia." Pabios, 12, no. 3, pp. 292 -297.1997.

Helms, Douglas, et al., eds. The History of Sod and Water Conservation. Washington, D.C.:The Agricultural History Society, 1985.

Hendrix, Marc S., et al. "Noyon Uul Syncline, Southern Mongolia: Lower Mesozoic Sedimentary Record of the Tectonic Amalgamation of Central Asia" GSA Bulletin, 108, no. 10, pp. 1,256 1•274,1996.

Oliver, John P. vd. "Sedimentary Record and Climatic Implications of Recurrent Deformation in the Tian Shan: Evidence from Mesozoic Strata of the North Tarim, South Junggar and Turpan Basins, Northwest China", *GSA Bulletin*, 104, s. 53-79, Ocak 1992.

Holden, Constance (yayıma hazırlayan). "Remnant Crocs Found in Sahara", *Science*, 287, s. 1199, 18 Şubat 2000.

Hurt, R. Douglas. *The Dust Bowl: An Agricultural and Social History*, Chicago: Nelson-Hall, 1981.

Jerzykiewicz, T. vd. "Djadokhta Formation Correlative Strata in Chinese Inner Mongolia: An Overview of the Stratigraphy, Sedimentary Geology, and Paleontology and Comparisons with the Type Locality in the Pre-Altai Gobi", Canadian Journal of Earth Science, 30, s. 2180-2195, 1993.

Kerr, Richard A. "The Sahara Is Not Marching Southward", Science, 281, s. 633-634, 31 Temmuz 1998.

Loope, David B. vd. "Life and Death in a Late Cretaceous Dune Field, Nemegt Basin, Mongolia", *Geology*, 26, no. 1, s. 27-30, 1998.

Loope, David B. vd. "Mud-field Ophimorpha from Upper Cretaceous Continentan Redbeds of southern Mongolia: An Ichnologic Clue to the Origin of Detrital, Grain-Coating Clays", *Palaios*, 14, s. 451-458, 1999.

Louw, G. N. vd. *Ecology and Desert Organisms*, New York: Longman Group, 1982.

Lumpkin, Thomas A. vd. "The Critical Role of Loess Soils in the Food Supply of Ancient and Modern Societies", *Conference Proceedings: Dust Aerosols, Loess, Soils & Global Change, Washington State University*, 1998.

Malusa, Jim. "Silent Wild (Atacama Desert, Chile)", *Natural History*, 107, no. 3, s. 50-57, 1998.

Priscu, John C. *Ecosystem Dynamics in a Polar Desert: The McMurdo Dry Valleys, Antarctica*, Washington, DC: Amerikan Jeofizik Birliği, 1998.

Pye, Kenneth. *Aeolian Dust and Dust Deposits*, New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1987.

Reheis, M. C. vd. "Owens (Dry) Lake, California: A Human-Induced Dust Problem", ABD Jeoloji Araştırması, 1997. Yayımlandığı yer: http://geochange.er.usgs.gov/sw/impacts/geology/owens/

Sidey, Hugh. "Echoes of the Great Dust Bowl", *Time*, s. 50, 10 Haziran 1996.

Sincell, Mark. "A Wobbly Start for the Sahara", Science, 285, s. 325, 16 Temmuz 1999.

Sletto, Bjorn. "Desert in Disguise", Earth, 6, no.1, s. 42-50, 1997.

Sneath, David. "State Policy and Pasture Degradation in Inner Asia", Science, 281, s. 1147-1148, 21 Ağustos 1998.

Strauss, Evelyn. "Wringing Nutrition from Rocks", Science, 288, s. 1959, 16 Haziran 2000.

ABD Tarım Bakanlığı, "Summary Report 1997 National Resources Inventory". Yayımlandığı yer: www.nhq.nrcs.usda.gov/NRI.

Walker, A. S. "Deserts: Geology and Resources", USGS, 1997. Yayımlandığı yer: http://pubs.usgs.gov/gip/deserts.

5. Yukarı Doğru Yağan Toz Yağmuru

Anderson, Bruce E. vd. "Aerosols from Biomass Burning Over the Tropical South Atlantic Region: Distributions and Impacts", *Journal of Geophysical Research*, 101, no.D19, s. 24.017 -24.137, 1996.

Andres. R. J. vd. "A Time-Averaged Inventory of Subaerial Volcanic Sulfur Emissions", *Journal of Geophysical Research*, 103, no. D19, s. 25.251-25.261, 1998.

Bates, Timothy vd. "Oceanic Dimethylsulfide (DMS) and Climate", tarihi bilinmiyor. Yayımlandığı yer: saga.pmel.noaa.gov/review/dms_climate.html

Baxter, P. J. vd. "Preventive Health Measures in Volcanic Eruptions", *American Journal of Public Health*, 76 (Ek 3), s. 84-90,1986.

Casadevall, Thomas J. "The 1989-1990 Eruption of Redoubt Volcano, Alaska: Impacts on Aircraft Operations", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 62, s. 301-316, 1994.

Casedevall (yayıma hazırlayan). *Volcanic Ash and Aviation Safety: Proceedings of the First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, USGS Bulletin 2047, 1994.

Chen, Jen-Ping. "Particle Nucleation by Recondensation in Combustion Exhausts", *Geophysical Research Letters*, 26, no. 15, s. 2403-2406, 1999.

Dacey, John W. H. vd. "Oceanic Dimethylsulfide: Production During Zooplankton Grazing on Phytoplankton", Science, 233, s. 1314 -1316, 19 Eylül 1986.

Ferek, Ronald J. vd. "Measurements of Ship- Induced Tracks in Clouds off the Washington Coast", *Journal of Geophysical Research*, 103, no. D18, s. 23, 199-23, 206, 1998.

Friedl, Randall R. (yayıma hazırlayan). *Atmospheric Effects of Subsonic Aircraft: Interim Assessment Report of the Advanced Subsonic Technology Program*, Goddard Uzay Uçuş Merkezi: NASA Reference Publication 14-00, 1997.

Galanter M. vd. "Impacts of Biomass Burning on Tropospheric CO, NOx, and O_3", *Journal of Geophysical Research*, 105, no. D5, s. 6633-6653, 2000.

Herring, David. "Evolving in the Presence of Fire", Yayımlandığı yer: earthobservatory.nasa.gov/Study/BOREASFire/boreas_fire.html. Ekim, 1999.

Homberger, B. vd. "Measurement of Tire Particles in Urban Air", ACAAI'de sunum, Dallas, Texas, 1995.

Jaffrey. S. A. vd. "Fibrous Dust Release from Asbestos Substitutes in Friction Products", *Annals of Occupational Higiene*, 36, no. 2, s. 173-181, 1992.

Knight, Nancy C. vd. "Some Observations on Foreign Material in Hailstones", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 59, no. 3, s. 282-286, 1978.

Kuhlbusch, Thomas A. J. "Black Carbon and the Carbon Cycle", *Science*, 28o, s. 1903 -1904, 19 Haziran 1998.

Liss, Peter. "Take the Shuttle from Marine Algae to Atmospheric Chemistry", *Science*, 285, s. 1217-1218, 20 Ağustos 1999.

Marshall, W. A. "Biological Particles Over Antarctica", *Nature*, 383, s. 680, 24 Ekim 1996.

McGee, Kenneth A. vd. "Impacts of Volcanic Gases on Climate, the Environment and People", ABD Jeoloji Araştırması Açık-Dosya Raporu 97-262, 1997.

Newhall. Chris, cc al. "The Cataclysmic 1991 Eruption of Mount Pinatubo, Philippines", ABD Jeoloji Araştırması Olgu Belgesi 03-97, online versiyon 1.0. Yayımlandığı yer: geopubs.wr.usgs.gov/fact-sheet/fs113-97/

Nyberg, F. vd. "Urban Air Pollution and Lung Cancer in Stockholm", Epidemiology, 11, no. 5, s. 487-495, 2000.

Penner, Joyce E. vd. (yayıma hazırlayanlar). *Aviation and the Global Atmosphere*, Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

Psenner, R. vd. "Life at the Freezing Point", *Science*, 280, s. 2073-2074, 26 Haziran 1998.

Pyne, Stephen J. *World Fire: The Culture of Fire On Earth*, New York: Henry Holt, 1997.

Quinn, P. K. vd. "Aerosol Optical Properties in the Marine Boundary Layer During the First Aerosol Characterization Experiment (ACE I) and the Underlying Chemical and Physical Aerosol Properties", *Journal of Geophysical Research*, 103, no. D13, s. 16.547-16.563, 1998.

Reheis, M. C. vd. "Dust Deposition in Southern Nevada and California, 1984-1989:

Relations to Climate, Source Area, and Lithology", *Journal of Geophysical Research*, 100, no. D5, s. 8893-8918, 1995.

Rogers, C. A. vd. "Evidence of Long-Distance Transport of Mountain Cedar Pollen into Tulsa, Oklahoma", International Journal of Biometeorology, 42, s. 65-72, 1998.

Toy, Edmond vd. "Fueling Heavy DutyTrucks: Diesel or Natural Gas?", Risk in Perspective, 8, no. 1, s. 1-6, 2000.

ABD Hava Kuvvetleri. "U.S. Air Force Evolved Expendable Launch Vehicle Program: Final Supplemental Environmental Impact Statement". Yayımlandığı yer: http://ax.laafb.af.mil/axf/eelv, 2000.

ABD Tarım Bakanlığı. "Global Warming's High Carbon Dioxide Levels May Exacerbate Ragweed Allergies", USDA basın bülteni, bülten no. 0278.00, Ağustos 2000.

ABD Çevre Koruma Ajansı. "National Air Pollution Emission Trends Update, 1900 1998", EPA 454/ R-00-002, Mart 2000. Yayımlandığı yer: www.epa.gov/ttn/chief/trends98/emtrnd.html

Westbrook, J. K. vd. "Atmospheric Scales of Biotic Dispersal", *Agricultural and Forest Meteorology*, 97, s. 263-274, 1999.

6. RÜZGÂRA KAPILMIŞ TOZ SINIR TANIMAZ

Anderson, Theodore L. vd. "Biological Sulfur, Clouds, and Climate", *Encyclopedia of Earth System Science*, cilt I, New York: Academic Press, 1992.

Charlson, R. J. vd. "Sulfate Aerosol and Climate Change", *Scientific American*, 270, no. 2, s. 48-57, 1994.

Darwin, Charles. "An Account of the Fine Dust Which Often Falls on Vessels in the Atlantic Ocean", *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 2, s. 26-30, 1846.

Delany, A. C. vd. "Airborne Dust Collected at Barbados", *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 31, s. 885-909, 1967.

Derbyshire, E. vd. "Landslides in the Gansu Loess of China", *Catena Supplement*, 20, s.119-145, 1991.

Dong, Hai, "Pollution a Culprit in Most Beijing Fogs", *Beijing Wanbao*, 16 Ocak 1999. Yayımlandığı yer: www.usembassy-china.org.cn/english/sandt/Bjfog.htm

Florig & H. Keith. "China's Air Pollution Risks", *Environmental Science & Technology*, 31, no. 6, s. 274A-279A, 1997.

Franzen, Lars G. "The 'Yellow Snow' Episode of Northern Fennoscandia, March 1991—a Case Study of Long-Distance Transport of Soil, Pollen and Stable Organic Compounds", *Atmospheric Environment*, 28, no.22, s. 3587-3604, 1994.

Fullen, M. A. vd. "Aeolian Processes and Desertification in North Central China", sunulan yer: Rüzgar Erozyonu: Uluslararası Bir Sempozyum/Atölye, Manhattan, Kansas, 3-5 Haziran 1997.

Jaffe, D. vd. "Transport of Asian Air Pollution to North America", *Geophysical Research Letters*, 26, s. 711-714, 1999.

Knipping, E. M. vd. "Experiments and Simulations of Ion-Enhanced Interfacial Chemistry on Aqueous NaCl Aerosols", *Science*, 288, s. 301-306, 14 Nisan 2000.

Koehler, Birgit G. vd. "An FTIR Study of the Adsorption of SO_2, on n-Hexane Soot from -130° to -40°C", *Journal of Geophysical Research--Atmospheres*, 104, no. D5, s. 5507-5515, 1999.

Landler, Mark. "Choking on China's Air, but Loath to Cry Foul", *New York Times*, 12 Şubat 1999.

Lee, ShanHu vd. "Lower Tropospheric Ozone Trend Observed in 1989-1997 in Okinawa, Japan", *Geophysical Research Letters*, 25, no.10, s. 1637-4640, 1998.

Perry, Kevin D. vd. "Long-Range Transport of North African Dust to the Eastern United States", *Journal of Geophysical Research*, 102, no. D10, s. 11.225-11.238, 1997.

Petit, Charles W. "Weekend Rainouts Could Be Our Own Fault", *U.S. News & World Report*, 125, s. 4, 1998.

Quinn, P. K. vd. "Surface Submicron Aerosol Chemical Composition: What Fraction Is Not Sulfate?" *Journal of Geophysical Research*, 105, no. D. pp. 6.785 6,806, 2000.

Raloff, J. "Sooty Air Cuts China's Crop Yields", *Science News Online*, 4 Aralık 1999. Yayımlandığı yer: www.sciencenews.org/search.asp?target-Sooty+air+cuts+Chin a%27s&goButton=Search&navEvent=Top

Ram, Michael vd. "Insoluble Particles in Polar Ice: Identification and Measurement of the Insoluble Background Aerosol", *Journal of Geophysical Research*, 21, no. D7, s. 8378-8382, 1994.

Thompson, R. D. *Atmospheric Processes and Systems*, Londra, New York: Routledge, 1998.

ABD Büyükelçiliği, Beijing, Çin. "Partial Summary, Comments on 'Can the Environment Wait? Priorities for East Asia". Yayımlandığı yer: www.usembassy.chinaorg.cn/english/sandt/bjpollu.htm

ABD Büyükelçiliği, Beijing, Çin. "PRC Air Pollution: How Bad Is It?" 1998. Yayımlandığı yer: www.usembassy-china.org.cn/english/sandt/Airq3wb.htm

ABD Çevre Koruma Ajansı. *National Air Pollutant Emission Trends, 1900-1998*, Mart 2000. Yayımlandığı yer: www.epa.gov/ttn/chief/trends98/emtrnd.html

Wilson, Richard ve Spengler, John D. *Particles in Our Air: Concentrations and Health Effects*, Boston: Harvard University Press, 1996.

Zhang, X. Y. vd. "Sources, Emission, Regional- and Global-Scale Transport of Asian Dust", *Conference Proceedings: Dust Aerosols, Loess Soils & Global Change*, Washington State University, 1998.

7. Buz Devrinin Sonunu Toz mu Getirdi?

Ackerman, A. S. vd. "Reduction of Tropical Cloudiness by Soot", *Science*, 288, s. 1042-1047, 12 Mayıs 2000.

Anderson, Theodore L. vd. "Biological Sulfur, Clouds and Climate", *Encyclopedia of Earth System Science*, Nierenberg, William A. (yayıma hazırlayan) Orlando, Fla.: Academic Press, Inc., 1992.

Basile, Isabelle vd. "Patagonian Origin of Glacial Dust Deposited in East Antarctica (Vostok and Dome C) During Glacial Stages 2, 4 and 6", *Earth and Planetary Science Letters*, 146, s. 573-589, 1997.

Biscaye, P. E. vd. "Asian Provenance of Glacial Dust (Stage 2) in Greenland Ice Sheet Project 2 Ice Core, Summit, Greenland", *Journal of Geophysical Research*, 102, no. C12, s. 26.765-26.781, 1997.

Boyd, P. W. vd. "Atmospheric Iron Supply and Enhanced Vertical Carbon Flux in the NE Subarctic Pacific: Is There a Connection?" *Global Biogeochemical Cycles*, 12, no. 3, s. 429- 441, 1998.

Coale, Kenneth H. vd. "A Massive Phytoplankton Bloom Induced by an Ecosystem-Scale Iron Fertilization Experiment in the Equatorial Pacific Ocean", *Nature*, 383, s. 495-504, 11 Ekim 1996.

Gray, William M. vd. "Weather Modification by Carbon Dust Absorption of Solar Energy", *Journal of Applied Meteorology*, 15, s. 355-386, Nisan 1976.

Hansen, James vd. "Global Warming in the Twenty-First Century: An Alternative Scenario", *Proceedings of the National Academy of Science*, 97, no. 18, s. 9875-9880, 2000.

Ledley, T. S. vd. "Potential Effects of Nuclear War Smokefall on Sea Ice", *Climatic Change*, 8, s. 155-171, 1986.

Ledley vd. "Sediment-Laden Snow and Sea Ice in the Arctic and Its Impact on Climate", *Climatic Change*, 37, s. 641-664, 1997.

Li, L.-A. vd. "The Impact of Worldwide Volcanic Activities on Local Precipitation—Taiwan as an Example", *Journal of the Geological Society of China*, 40, s. 299-314, 1997.

Overpeck, Jonathan vd. "Possible Role or Dust-Induced Regional Warming in

Abrupt Climate Change During the last Glacial Period", *Nature*, 384, s. 442-449, 3 Aralık 1996.

Podgorny, I. A. vd. "Aerosol Modulation of Atmospheric and Surface Solar Heating Over the Tropical Indian Ocean", *Tellus*, 52B, s. 947-958, 2000.

Prospero, Joseph M. vd. "Impact of the North African Drought and El Nino on Mineral Dust in the Barbados Trade Winds", Nature, 320, s. 735-738, 24 Nisan 1986.

Rhodes, Johnathon J. "Mode of Formation of 'Ablation Hollows' Controlled By Dirt Content of Snow", *Journal of Glacialogy*, 33, no. 4, s. 135-139, 1987.

Rosenfeld, D. "TRMM Observed First Direct Evidence of Smoke from Forest Fires Inhibiting Rainfall", *Geophysical Research Letters*, 26, no. 20, s. 3105-3109, 1999.

Rosenfeld, Daniel. "Suppression of Rain and Snow by Urban and Industrial Air Pollution", *Science*, 287, s. 1793-1796, 14 Temmuz 2000.

Steen, R. S. "Cryosphere-Atmosphere Interactions in the Global Climate System", doktora tezi, Rice Üniversitesi, Aralık 1997.

Taylor, Kendrick. "Rapid Climate Change", *American Scientist*, 87, no. 4, s. 320-327, 1999.

Tegen, Ina vd. "The Influence of Climate Forcing of Mineral Aerosols from Disturbed Soils", *Nature*, 380, s. 419-422, 4 Nisan 1996.

Twohy, C. H. vd. "Light-Absorbing Material Extracted from Cloud Droplets and its Effect on Cloud Albedo", *Journal of Geophysical Research*, 94, no. 06, s. 8623-8631, 1989.

"UW Professor's Climate Change Theory Leads to NASA Mission", Washington Üniversitesi Basın Bülteni, 2 Ağustos 1999.

Warren, S. G. "Impurities in Snow: Effects on Albedo and Snowmelt (Review)", Annals of Glaciology, 5, s. 177-179, 1984.

8. Aşağı Doğru Yağan Toz Yağmuru

"Bad Decision on Clean Air." *New York Times*, s. A22, 19 Mayıs 1999.

Busacca, Alan (yayıma hazırlayan). *Conference Procedings: Dust Aerosols, Loess & Global Change*, Washington State University, Yayın No. MISC0190, 1998.

Chadwick, O. A. vd. "Changing Sources of Nutrients During Four Million Years of Ecosystem Development", *Nature*, 397, s. 491-497. 1999.

Darwin, Charles. "An Account of the Fine Dust Which Often Falls on Vessels in the Atlantic Ocean", *Quarterly Journal of the Geological Society of London*, 2, s. 26-30, 1846.

Edworthy, Jason. "Red Snow in the Rockies", *Canadian Alpine Journal*, 61,s. 71-78, 1978.

Gao. Y. vd. "Relationships Between the Dust Concentrations Over Eastern Asia and the Remote North Pacific", *Journal of Geophysical Research*, 97, s. 9867-9872, 1992.

NOAA Sağlık Etkileri Enstitüsü ve Aeronomi Laboratuarı. *Report of the PM Measurement Research Workshop, Chapel Hill North Carolina, 22-23 July 1998*, Cambridge, Massachusetts: Health Effects Institute, 1998.

Hefflin, G. J vd. "Surveillance for Dust Storms and Respiratory Diseases in Washington State, 1991", *Archives of Environmental Health*, 49, no. 3, s. 170-174, 1994.

Holden, Constance (yayıma hazırlayan). "Cool DNA", *Science*, 285, s.327, 16 Temmuz 1999.

Hurst, Christon J. (yayıma hazırlayan). *Manual of Environmental Microbiology*, Washington, D.C.: ASM Press, 1997.

Levetin, Estelle. "Aerobiology of Agricultural Pathogens", Manual of Environmental Microbiology, Hurst, Christon J. (yayıma hazırlayan), Washington, D.C.: ASM Press, 1997.

Muhs, Daniel R. vd. "Geochemical Evidence of Saharan Dust Parent Material for Soils Developed on Quaternary Limestones of Caribbean and Western Atlantic Islands", *Quaternary Research*, 33, s. 157-177, 1990.

NASA. "Magnetite-Producing Bacteria Found in Desert Varnish", NASA Ames basın bülteni 97-32, 1 Mayıs 1997. Yayımlandığı yer: http://ccf.arc.nasa.gov/dx/basket/storiesete97_32AR.html

Nowicke, Joan W. vd. "Yellow Rain—a Palynological Analysis", *Nature*, 309, s. 205-207, 17 Mayıs 1984.

Perry, Kevin D. vd. "Long-Range Transport of North African Dust to the Eastern United States", *Journal of Geophysical Research*, 102, no. D10, s. 11.225-11.238, 1997.

Priscu, John C. vd. "Perennial Antarctic Lake Ice: An Oasis of Life in a Polar Desert", *Science*, 280, s. 2095-2098, 26 Haziran 1998.

Prospero, J. M. vd. "Impact of the North African Drought and El Nino on Mineral Dust in the Barbados Trade Winds", *Nature*, 320, s. 735-738, 1986.

Psenner, Roland. "Living in a Dusty World: Airborne Dust as a Key Factor for Alpine Likes", *Water, Air and Soil Pollution*, 112, s. 217-227. 1999.

Psenner vd. "Life at the Freezing Point", *Science*, 280, s. 2073-2074, 26 Haziran 1998.

Reheis, M. C. vd. "Dust Deposition in Southern Nevada and California, 1984 1989: Relations to Climate, Source Area, and Lithology", *Journal of Geophysical Research*, 100, no. D5, s. 8893-8918, 1995.

Reuther, Christopher G. "Winds of Change: Reducing Transboundary Air Pollutants", Environmental Health Perspectives, 108, no. 4, s. A170-175, 2000.

Schlesinger, Richard B. "Properties of Ambient PM Responsible for Human Health Effects: Coherence Between Epidemiology and Toxicology", *Inhalation Toxicology*, 12 (Ek 1), s. 23-25, 2000.

Shinn, Eugene A. vd. "African Dust and the Demise of Caribbean Coral Reefs", *Geophysical Research Letters*, 27, no. 19, s. 3029-3033, 2000.

Shinn vd. "139 Bacteria and Fungi Isolated from African Dust", Kişisel iletişim, Şubat 2001.

Silver, Mary W. vd. "Ciliated Protozoa Associated with Oceanic Sinking Detritus", *Nature*, 309, s. 246-248, 17 Mayıs 1984.

Silver, "The 'Particle' Flux: Origins and Biological Components", *Progress in Oceanography*, 26, s. 75-113, 1991.

Smith, G.T. vd. "Caribbean Sea Fan Mortalities", *Nature*, 383, s. 487, 1996.

Stone, Richard. "Lake Vostok Probe Faces Delays", *Science*, 286, s. 36-37, 1 Ekim 1999.

Swap, R. vd. "Saharan Dust in the Amazon Basin", *Tellus*, 44B, s. 133-149, 1992.

Toy, Edmond, vd. "Fueling Heavy Duty Trucks: Diesel or Natural Gas?", *Risk in Perspective*, 8, no.1, s. 1-6, 1999.

ABD Hastalık Kontrol Merkezleri. "National Vital Statistics Report", 47, 1998.

ABD Çevre Koruma Ajansı. *Deposition of Air Pollutants to the Great Waters: Second Report to Cowen.* USEPA, Hava Kalitesi Bürosu, Research Triangle Park, Haziran 1997.

ABD Çevre Koruma Ajansı. "Nonattainment Designations for PM-10 as of August 1999." Yayımlandığı yer: www.epa.bgoviairs/rononpm1.gif

Weiss, P. vd. "Impact, Metabolism and Toxicology of Organic Xenobiorics in Plants: A summary of the 4th IMTOX-Workshop contents", yayımlandığı yer: www.ubavie.gv.at/publikationen/tagungs/CP24s.HTM

Wright. Robert J. vd. *Agricultural Uses of Animal and Industrial Byproducts*, Washington, D.C.: USDA, 1998. Yayımlandığı yer: www.ars.usda.gov/is/np/agbyproducts/agbyintro.htm

Young, R. W. vd. "Atmospheric Iron Inputs and Primary Productivity: Phytoplankton Responses in the North Pacific", *Global Biochemical Cycles*, 5, no. 2, s. 119 -134, 1991.

9. Çevrede Dolaşan Bazı Tatsız Tipler

Ataman, G. "The Zeolitic Tuffs of Cappadocia and Their Probable Association

with Certain Types of Lung Cancer and Pleural Mesothelioma", *Comptes Rendus de l'Academie de Science* (Paris), 287, s. 207-210, 1978.

Baris, Y. I. vd. "An Outbreak of Pleural Mesothelioma and Chronic Fibrosing Pleurisy in the Village of Karain/Ürgüp Anatolia", *Thorax*, 33, s. 181-192, 1978.

Baum, Gerald L. vd. *Textbook of Pulmonary Diseases*, altıncı basım. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1997.

Beckett, William vd. "Adverse Effects of Crystalline Silica Exposure" (Amerikan Thoracic Cemiyeti'nin Resmi Açıklaması), *America's Journal of Critical Care Medicine*, 155, s. 761-768, 1997.

Brambilla, Christian vd. "Comparative Pathology of Silicate Pneumoconiosis", *American Journal of Pathology*, 96, no. 1, s.149-169, 1979.

Christensen. L. T. vd. "Pigeon Breeders' Disease-a Prevalence Study and Review", *Clinical Allergy*, 5, no. 4, s. 417-430, 1975.

Cockburn, Aidan vd. "Autopsy of an Egyptian Mummy", *Science*, 187, no. 4, 182, s. 1155-1160, 1975.

Deng, Depu vd. "Lung Cancer Among Workers Exposed to Silica Dust in Chinese Refractory Plants", *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health*, 21 (Ek. 2), s. 69-72, 1995.

Englehardt, James, baş araştırmacı. "Solid Waste Management Health and Safety Risks: Epidemiology and Assessment to Support Risk Reduction", Florida Katı ve Tehlikeli Atık Yönetim Merkezi, Gainesville, 1999.

Cirobbelaar, J. P. "Hut Lung: A Domestically Acquired Pneumoconiosis of Mixed Aetiology in Rural Women", *Thorax*, 46, s. 334-341, 1991.

Harris, Gardiner vd. "Dust, Death & Deception: Why Black Lung Hasn't Been Wiped Out", Courier-Journal, 19-26 Nisan 1998. Yayımlandığı yer: www.courier-journal.com/dust/index.html

Hirsch, Menachem vd. "Simple Siliceous Pneumoconiosis of Bedouin Females in the Negev Desert", *Clinical Radiology*, 25, s. 507-510, 1974.

Homes, M. J. vd. "Viability of Bioaerosols Produced from a Swine Facility", Tarımsal Faaliyetlerden İleri Gelen Hava Kirliliğiyle İlgili Uluslararası Konferans Tutanakları, Kansas City, Mo., s. 127-132, 7-9 Şubat 1996.

Houba, Reinke vd. "Occupational Respiratory Allergy in Bakery Workers: A Review of the Literature", *American Journal of Industrial Medicine*, 34, no. 6, s. 529-546, 1998.

Hubbard, Richard vd. "Occupational Exposure to Metal or Wood Dust and Aetiology of Cryptogenic Fibrosing Alveolitis", *Lancet*, 347, no. 8997, s. 284-289, 1996.

Korenyi-Both, A. L. vd. "Al Eskan Disease: Desert Storm Pneumonitis", *Military Medicine*, 137, no. 9, s. 452- 462, 1992.

Korenyi-Both vd. "The Role of the Sand in Chemical Warfare Agent Exposure among Persian Gulf War Veterans: Al Eskan Disease and 'Dirty Dust'", *Military Medicine*, 165, no. 5, s. 321- 336, 2000.

Leigh, Paul vd. "Occupational Injury and illness in the United States", Archives of Internal Medicine, 157, s. 1557-1568, 1997.

Lemieux, Paul M. vd. "Emissions of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Polychlorinated Dibenzofurans from the Open Burning of Household Waste in Barrels", *Environmental Science and Technology*, 34, no. 3, s. 377-384, 2000.

Lilis, Ruth. "Fibrous Zeolites and Endemic Mesothelioma in Cappadocia, Turkey", *Journal of Occupational Medicine*, 23, no. 8, s. 548-550, 1981.

Linch, Kenneth D. vd. "Surveillance of Respirable Crystalline Silica Dust Using OSHA Compliance Data (1979-1995)", *American Journal of Industrial Medicine*, 34, s. 547-558, 1998.

Marsden, William (çeviren ve yayıma hazırlayan), Wright, Thomas (tekrar basıma hazırlayan). *The Travels of Marco Polo the Venetian*, New York: Doubleday & Company, Inc., 1948.

Miguel, Ann G. vd. "Allergens in Paved Road Dust and Airborne Particles", *Environmental Science & Technology*, 33, no. 23, s. 4159-4168, 1999.

Morgan, W. Keith vd. *Occupational Lung Diseases*, Philadelphia. W. B. Saunders, 1984.

Mumpton, Frederick A. "Report of Reconnaissance Study of the Association of Zeolites with Mesothelioma Cancer Occurrences in Central Turkey", Brockport, N.Y. Department of Earth Sciences, State University College, 1979.

Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü (National Institution for Occupational Safety and Health / NIOSH)."Preventing Asthma in Animal Handlers", Department of Health and Human Services (İnsan ve Sağlık Hizmetleri Bölümü) (NIOSH). Yayın No. 97-116, 1998.

Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü (National Institution for Occupational Safety and Health / NIOSH). "Request for Assistance in Preventing Organic Dust Toxic Syndrome", Department of Health and Human Services (İnsan ve Sağlık Hizmetleri Bölümü) (NIOSH) Yayın no. 94-102, 1994.

Norboo, T. vd. "Silicosis in a Himalayan Village Population: Role of Environmental Dust", *Thorax*, 46, pp. 341-343,1991.

OSHA. "Cotton Dust", OSHA Fact Sheet: 95-23, 1995.

"Grain Dust (Oat, Wheat and Barley)", Hava Kirliliği Yaratanlar Projesi hakkındaki 19 Haziran 1988 tarihli nihai kararın yorumları, 54FR2324 et. seq. Yayımlandığı yer: www.cdc.gov/niosh/pel88/graindst.html

Pless-Mulloli, T. vd. "Living Near Opencast Coal Mining Sites and Children's Respiratory Health", *Occupational & Environmental Medicine*, 57, no. 3, s. 145-151, 2000.

Reuters Haber Servisi. "Ex-U.S. Army Doctor Says Uranium Shells Harmed Vets", *Reuters*, 3 Eylül 2000.

Rodrigo, M. J. vd. "Detection of Specific Antibodies to Pigeon Serum and Bloom Antigens by Enzyme linked Immunosorbent Assay in Pigeon Breeder's Disease", *Occupational & Environmental Medicine*, 57, no. 3, s. 159-164, 2000.

Rohl, H. N. vd. "Endemic Pleural Disease Associated with Exposure to Mixed Fibrous Dust in Turkey?", *Science*, 216, s. 518-520, 1982.

Schneider, Andrew. "Asbestos-Containing Gardening Product Still Being Sold in Seattle Area", *Seattle Post Intelligencer*, 31 Mart 2000. Yayımlandığı yer: www.seattle-pi.com/uncivilaction/

Schneider, Andrew. "Uncivil Action", *Seattle Post-Intelligencer*, 18-19 Kasım 1999. Yayımlandığı yer: www.seattle-pi.com/uncivilaction/

Schneider, Eileen vd. "A Coccidioidomycosis Outbreak Following the Northridge, Calif, Earthquake", *Journal of the American Medical Association*, 277, no. 11, s. 905-909, 1997.

Schwartz, L W. vd. "Silicate Pneumoconiosis and Pulmonary Fibrosis in Horses from the Monterey-Carmel Peninsula", Chest, 80 (ek), s. 82S-85S, 1981.

Sebastien, P. vd. "Zeolite Bodies in Human Lungs from Turkey", *Laboratory Investigation*, 44, no. 5, s. 420-425, 1981.

Sherwin, R. P. vd. "Silicate Pneumoconiosis of Farm Workers", *Laboratory Investigation*, 40, no. 5, s. 576-581, 1979.

Simpson, J. C. vd. "Comparative Personal Exposures to Organic Dusts and Endotoxin", *Annals of Occupational Hygiene*, 43, no. 2, s. 107-115, 1999.

ABD Hastalık Kontrol Merkezleri. "Hantavirus Pulmonary Syndrome-Panama, 1999-2000", *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 49. no. 10, s. 205-207, 2000.

ABD Hastalık Kontrol Merkezleri. *Work-Related Lung Disease Surveillance Report 1999*, Washington, D.C., 1999.

ABD Hastalık Kontrol Merkezleri. *Occupational Exposure to Respirable Coal Mine Dust*, Washington, D.C., 1996.

ABD Hastalık Kontrol Merkezleri. "Respiratory Illness Associated with Inhalation of Mushroom Spores-Wisconsin, 1994", *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 43,

no. 29, s. 525-526, 1994.

ABD Çalışma Bakanlığı. "Labor Secretary Hits Fraud in Coal Mine Health Sampling Program", USDOL Enformasyon Bürosu, 91-151, 1991.

ABD Çevre Koruma Ajansı. "National Air Pollution Emission Trends Update, 1900-1998", EPA 454/R-00-02, Mart 2000. Yayımlandığı yer: www.epa.gov/ttn/chief/trends98/emtrnd.html

ABD Çevre Koruma Ajansı. "The /998 Toxic Release Inventory", EPA-745-R-00-00.2. Yayımlandığı yer: www.epagov/tri/tri98/index.htm

Zenz, Carl vd. *Occupational Medicine*, üçüncü basım, St. Louis: Mosby, 1994.

Zhong, Yuna vd. "Potential Years of Life Lost and Work Tenure Lost When Silicosis Is Compared with Other Pneumoconioses", *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health*; 21 (ek. 2), s. 91-94, 1995.

10. Mikroskobik Canavarlar ve Ev İçindeki Diğer Belâlılar

Alit, Eileen vd. "Characterization of Indoor Particle Sources: A Study Conducted in the Metropolitan Boston Area", *Environmental Health Perspectives*, 108, no. 1, s. 35-44, 2000.

Anderson, Rosalind C. vd. "Toxic Effects of Air Freshener Emissions", *Archives of Environmental Health*, 52, s. 433-441, 1997.

Arlian, L. G. vd. "Population Dynamics of the House Dust Mites *Dermatophagoides furinae, D. pteronyssinus and Euroglyphus maynei* (Acari: Pyroglyphidae) at Specific Relative Humidities", *Journal of Medical Entomology*, 35. no. 1, s. 46-53, 1998.

Arlian, Larry G. vd. "Prevalence of Dust Mites in the Homes of People with Asthma Living in Eight Different Geographic Areas of the United States", *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 90, no. 3, s. 292-300, 1992.

Ball, Thomas M. vd. "Siblings, Day-Care Attendance, and the Risk of Asthma and Wheezing During Childhood", *New England Journal of Medicine*, 343, no. 8, s. 538-543, 2000.

Bernstein, Nina. "38% Asthma Rate Found in Homeless Children", *New York Times*, s. B1, B13, 5 Mayıs 1999.

Bodner, C. vd. "Childhood Exposure to Infection and Risk of Adult Onset Wheeze and Atopy", *Thorax*, 55, s. 28-32, 2000.

Bodner, C. vd. "Family Site, Childhood Infections and Atopic Diseases. The Aberdeen WHEASE Group", *Thorax*, 53, s. 383-387, 1998.

Burger, Harriet A. (yayıma hazırlayan), *Bioaerosols (Indoor Air Research)*, Boca Raton: Lewis Publishers, 1995.

Chapman, M. D. "Environmental Allergen Monitoring and Control", Allergy, 53, s. 48-53, 1998.

Christie, G. L. vd. "Is the Increase in Asthma Prevalence Occurring in Children without a Family History of Atopy?" *Scottish Medical Journal*, 43, no. 6, s. 180-182, 1998.

Cralley, Lester V. vd. *Health and Safety Beyond the Workplace*, New York: John Wiley & Sons, Inc., 1990.

Cramer, Daniel W. vd."Genital Talc Exposure and Risk of Ovarian Cancer", *International Journal of Cancer*, 81, s. 351-356, 1999.

Crater, Scott E. vd. "Searching for the Cause of the Increase in Asthma", *Current Opinion in Pediatrics*, 10, s. 594-599, 1998.

Cizdziel, James V. vd. "Attics as Archives for House Infiltrating Pollutants: Trace Elements and Pesticides in Attic Dust and Soil from Southern Nevada and Utah", *Microchemical Journal*, 64, s. 85-92, 2000.

Duff, Angela L. vd. "Risk Factors for Acute Wheezing in Infants and Children: Viruses, Passive Smoke, and IgE Antibodies to Inhalant Allergens", *Pediatrics*, 92, no. 4, s. 535-540, 1994.

Egan, A. J. vd. "Munchausen Syndrome Presenting as Pulmonary Talcosis", *Archives of Pathology and Laboratory Medicine*, 123, s. 736-738, 1999.

Erb, Klaus J. "Atopic disorders: A Default Pathway in the Absence of Infection?", Immunology Today, 20, s. 317-322, 1999.

Ernst, Pierre vd. "Relative Scarcity of Asthma and Atopy Among, Rural Adolescents Raised on a Farm", *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 161, no. 5, s. 1563-1566, 2000.

Farooqi, Sadaf I. vd. "Early Childhood Infection and Atopic Disorder", *Thorax*, 53, s. 927-932, 1998.

Felton, James. "Mmagens: The Role ofCooked Food in Genetic Changes", *Science Or Technology Review*, s. 6-24 Temmuz 1995.

Finkelman, Robert B. vd. "Health Impacts of Domestic Coal Use in China", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96, s. 3427-3434, 1999.

Florig, Keith. "China's Air Pollution Risks", *Environmental Science and Technology*, 31, no. 6, s. 274A -279A 1997.

Gereda, J. E. vd. "Relation Between House-Dust Endotoxin Exposure, Type I T-cell Development, and Allergen Sensitisation in Infants at High Risk of Asthma", Lancet, 355, no. 9, 216, s. 1680-1683, 2000.

Hagmann, Michael. "A Mold's Toxic Legacy Revisited", *Science*, 288, s. 243-244, 2000.

Holgate, S. T. "Asthma and Allergy—Disorders of Civilization?" *QJM*, 91, s. 171-184, 1998.

Napkin, J. M. "Atopy, Asthma, and the Mycobacteria", Thorax, 55, s. 454-458, 2000.

Knize, Mark G. vd. "The Characterization of the Mutagenic Activity of Soil", *Mutation Research*, 192, s. 23-30, 1987.

Lewis, S. A. "Infections in Asthma and Allergy", Thorax, 53, s. 911-912, 1998.

Lioy, Paul J. vd. "Air Pollution", Environmental and Occupational Health Sciences Institute Web site: http://snowfal/envsci.rutgers.edu/-kkeating/101_html/101syllabus_htmlf/lect21-AirPollution_html/ted01_html/

Matricardi, Paolo M. vd. "Exposure to Foodborne and Orofecal Microbes versus Airborne Viruses in Relation to Atopy and Allergic Asthma: Epidemiological Study", *British Medical Journal*, 320, s. 412-417, 2000.

Motomatsu, Kenichi vd. "Two Infant Deaths After Inhaling Baby Powder", *Chest*, 75, s. 448- 450, 1979.

Nilsson, L. vd. "A Randomized Controlled Trial of the Effect of Pertussis Vaccines on Atopic Disease", *Archives of Pediatric and Adolescent Medicine*, 152, s. 734-738, 1998.

Nishioka, M. vd. "Measuring Transport of Lawn-Applied Herbicide Acids from Turf to Home: Correlation of Dislodgeable 2,4-D Turf Residues with Carpet Dust and Carpet Surface Residues", Environmental Science & Technology, 30, s. 3313-3320, 1996.

Nishioka. M. G. vd. "Measuring Transport of lawn-Applied 2,4-D and Subsequent Indoor Exposures of Residents", toplantı sunumu özeti, yayımlandığı yer: www.risk-world.com/Abstract/1996/SRAam96/ab6aa159.htm

Ott, Wayne R. vd. "Everyday Exposure to Toxic Pollutants", *Scientific American*, s. 86-93, Şubat 1998.

Ozkaynak, J. Xue vd. "The Particle Team (PTEAM) Study: Analysis of the Data", USEPA Proje özeti, EPA/ 600/SR-95/098, Nisan 1997.

Pew Çevre Sağlığı Komisyonu. "Attack Asthma: Why America Needs a Public Health Defense System to Battle Environmental Threats", 16 Mayıs 2000. Yayımlandığı yer: http://pewenvirohealth.jhsph.edu/html/reports/PEHCAsthmaReport.pdf

Platts-Mills, Thomas A. E. vd. "Indoor Allergens and Asthma: Report of the Third International Workshop", *Allergy and Clinical Immunology*, 100, no. 6, s. S2-S24, 1997.

Yurttaş. "Letter to Ann Brown, Chairperson, U.S. Consumer Product Safety Commission." (Re: lead-core candle wicks.) 24 Şubat 2000. Yayımlandığı yer: www.citizen.

org/hrg/PUBLICATIONS/1510.htm#Supplementalletter.

Reed. K. vd. "Quantification of Children's Hand and Mouthing Activity", *Journal of Exposure Analysts and Environmental Epidemiology*, 9, no. 5, s. 513-520, 1999.

Robert s, J. W. vd. "Reducing Dust, Lead, Dust Mites, Bacteria, and Fungi in Carpets by Vacuuming", *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 36, s. 477-484, 1999.

Robin, L F. vd. "Wood-Burning Stoves and Lower Respiratory Illnesses in Navajo Children", *Pediatric Infectious Disease*, 15. no. 10, s. 859- 865, 1998.

Rogge, Wolfgang F. vd. "Sources of Fine Organic Aerosol. Part 6. Cigarette Smoke in the Urban Atmosphere", *Environmental Science & Technology*, 28, s. 1375-1388, 1994.

Sigurs, Nele vd. "Respiratory Syncytial Virus Bronchiolitis in Infancy Is an Important Risk Factor for Asthma and Allergy at Age 7", *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 11, no.5, s. 1501-1507, 2000.

Tariq, S. M. vd. "The Prevalence of and Risk Factors for Atopy in Early Childhood: A Whole Population Birth Cohort Study", *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 101, no.5, s. 587-593, 1998.

Thiebaud, Hew P. vd. "Mutagenicity and Chemical Analysis of Fumes from Cooking Meat", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 412. no. 7, s. 1502-1510, 1994.

ABD Hastalık Kontrol Merkezleri. "Acute Pulmonary Hemorrhage/Hemosiderosis Among Infants", *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 43, no. 48, s. 882-883, 1994.

ABD Tüketim Ürünleri Güvenliği Komisyonu. "CPSC Finds Lead Poisoning Hazard for Young Children in Imported Vinyl Miniblinds", basın bülteni #96-150, 1996.

ABD Çevre Koruma Ajansı. "Use and Care of Home Humidifiers", 1991. Yayımlandığı yer: www.epa.gov/iaq/pubs/humidif.html

ABD Çevre Koruma Ajansı. *Respiratory Health Effects of Passive Smoking*, Araştırma ve Geliştirme Bürosu, Hava ve Radyasyon Bürosu. EPA-43-F-93-003, 1993.

ABD Gıda ve İlaç İdaresi. *The Food Defect Action Levels Handhook*. Gıda Güvenliği ve Uygulamalı Beslenme Merkezi. Mayıs 1998'de gözden geçirilmiştir. Yayımlandığı yer: http://vm.cfsan.fda.gov/-dms/dalbook.html

ABD Genel Muhasebe Bürosu. "Indoor Pollution: Status of Federal Research Activities", GAO/RCED-99-254, Ağustos 1999.

van Bronswijk, Johanna E. M. H. *House Dust Biology: For Allergists, Acarologists and Mycologists*, Hollanda, yazar tarafından yayımlanmıştır, 1981. Yazar tarafından dağıtılmıştır: j.e.m.h.v.bronswijk@allergo.nl

Wallace, Lance. "Correlations of Personal Exposure to Particles with Outdoor Air Measurements: A Review of Recent Studies", *Aerosol Science and Technology*, 32, no. 1, s. 15-26, 2000.

Wallece, Lance. "Real Time Monitoring of Particles, PAH, and CO in an Occupied Townhouse", *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 15, no. 1, s. 39-47, 2000.

Wouters, I. M. vd. "Increased Levels of Markers of Microbial Exposure in Homes with Indoor Storage of Organic Household Waste", *Applied Environmental Microbiology*, 66, no. 2, s. 627-631, 2000.

11. Tozdan Toza

Adams, Fred vd. *The Five Ages of the Universe: Inside the Physics of Eternity*, New York: The Free Press, 1999.

Körfez Bölgesi Hava Kalitesi İdari Bölgesi (Bay Area Air Quality Management District), *Permit Handbook*. Yayımlandığı yer: www.baaqmd.gov/permit/handbook/s11c-5sev.htm

Kuzey Amerika Kremasyon Cemiyeti (Cremation Association of North America). "History of Cremation." Yayımlandığı yer: www.cremationassociation.gov/html/histo-

ry.html

Kuzey Amerika Kremasyon Cemiyeti (Cremation Association of North America). "Emissions Tests Provide Positive Results for Cremation Industry", 1999. Yayımlandığı yer: www.cremationassociation.org/html/environment.html

Kuzey Amerika Kremasyon Cemiyeti (Cremation Association of North America). "1998 Cremation Data and Projections to the Year 2010", 1999. Yayımlandığı yer: www.cremationassociation.org/html/statistics.html

Irion, Paul E. *Cremation*, Philadelphia: Fortress Press, 1968.

Iserson, Kenneth V. *Death to Dust*, ikinci basım. Tucson, Ariz. Galen Press, Ltd., 2000.

Ulusal Park Hizmetleri (National Park Service). "Southwest Region Parks: Protecting Cultural Heritage", NPS Southwest Region, Santa Fe. ABD Hükümeti Basım Bürosu, s. 837-845, 1992.

Willson, L. A. vd. "Mass Loss at the Tip of the AGB." Yayımlandığı yer: www.public.iastate.edu/-Iwillson/homepage.html

Willson vd. "Miras, Mass-Loss, and the Ultimate Fate of the Earth", AAAS'a yorumlar, 2000. Yayımlandığı yer: www.public.iastate.edu/-Iwillson/homepage.html

Dizin

ABD Çalışma Bakanlığı 221
ABD Jeolojik Araştırmalar (USGS) 92, 108, 175, 188
ABD Tarım Bakanlığı 101, 186
Abt, Eileen 254-256
Adams, Fred 300-301
Advanced Enerji Şirketi 249
aerosol 5, 125, 143, 144
ağaç tozu 224
Akciğerler 219-239, 256, 257, 264
  yeterince kullanılmayan 276-277
  pişirme ve 236, 237
alerjiler 273, 277, 282
  hamamböceklerinden 275-276
  toz 241
alerjiye sebep olan maddeler 273, 277, 282
  ev tozu 274
alg 97, 100, 104, 107, 167, 168, 182, 188, 189, 190
Amazon yağmur ormanları 13
Amerikan Doğa Tarihi Müzesi 64
amino asitler 31
amipler 258
Amundsen-Scott Araştırma İstasyonu 46
And Dağları 161
Andersen, Anja 58
anfizem 220-222
ani bebek ölümleri sendromu (SIDS) 199
Antarktika 13, 46, 47, 104, 106, 146, 147, 160, 161, 162, 180
Apt, Jay 138
Aral Gölü 75
arenavirüs 238
ARGOS 51
Arlian, Larry 271, 275
aromaterapi 248
asbest 15, 22-23, 222, 223
  ilk kullanımları 212
  kimyasal olarak talka benzemesi 251-253
  -le ilgili hastalıklar 211-215
  toz 213-215
asbestosis 211-215
Aspergillus sydowii 189
asteroid 35-56
  tozları 54-55
astım 2, 20, 224-227, 274
  açık hava faaliyetlerinin astımla ilişkisi 276-277
    bu konuda rakip kuramlar 282-283
  alerjilerin astımla ilgisi 276-277

astımla ilgili bağışıklık sistemi kuramları 278-282
küf tozunun astımla ilişkisi 269
obezite ile astım arasındaki ilişki 278-279
ve toz-maytı tozu 271-273
ve tütün dumanı 263-267
atmosfer 2, 45-46, 92
değişimi 102
hakkında geleceğe dair tahminler 297-300
içindeki sulfur 97
içindeki toksinler 195-197
içindeki tozlar 162-163
ısınması 95
tozla çarpışması 54
atomlar 30, 36, 39
bağışıklık sistemleri 278-282
Bakes, Emma 30
bakteri 2-20, 87, 105-106, 108, 186, 224, 233, 285
buzda yaşayan 181, 183
gübre 227
Sahra tozunda 193
Sporları 106-107
Barbados 175-180
Beckwith, Steve 25
benzin 112-114
Bernstein, Max 30-32, 36
beyaz cüce yıldızlar 25
Biscaye, Pierre 145-175
bitkiler, saldıkları kimyasallar 101-103
Biyoaerosoller 100, 103
Bonney Gölü 181-182
böcek parçaları 87, 224-225, 256-257
Brigham and Women's Hastanesi 251
Brookhaven Ulusal Laboratuvarı 59
Brownlee, Don 39-62, 185
buharlar 21-23, 45-46, 54, 114-116, 128-129, 298-299
su 133
bulut yanması 171 *Ayrıca bakınız* kurum.
bulutlar 12-20
buz 35, 47, 71-72, 103-105, 134-135
içindeki bakteriler 181-183
içindeki organik döküntüler 181-183
kristalleri 108
toz yapıştırıcısı olarak 54
tozun buz üzerine binmesi 162-163
tozun buzu yemesi 163-165
buz devirleri 2, 68-69, 106-107, 145, 161-162, 164-165
buzullar 2, 8-9, 13-14, 68-69, 103-107, 182-183
buz çıkarmak 162
erimeleriyle ilgili kuramlar 162-165
tozları 73-74, 98-99, 145-147, 155-161 *Ayrıca bakınız* buz devirleri
buzullararası 148-149, 160
Büyük Ana 63-72, 84
Büyük Patlama 30
Büyük Tuz Çölü 51

Caldeira, Ken 298
California Sağlık Departmanı 238
California Teknoloji Enstitüsü (Caltech) 43, 48
  yol tozu incelemesi 227-228
Canterbury Düzlükleri 162
Cassini, Giovanni 37
Celebrate Life 294
Challenger, HMS 60
Charlson, Robert 170
Cheeka Zirvesi 119
Chen, Jen-Ping 116
Cheyletus eruditus 274
CNN Haber 121
Collins, Bill 143
Copper River Vadisi, Alaska 167
Courier-Journal, Louisville, Kentucky 221
Creative Cremains 293
Çevre Mesleki Sağlık Bilimleri Enstitüsü (Environmental Occupational Health Institute) 259-260
çiftlik işçileri, hastalıkları 228-231
Çin 14, 66-67, 141-142
  çöller 78-79
  kirlilik 124-143
    kömür tozuyla ilgili 253
Çin Lös Yaylası 73, 79, 142, 158
çöl silikozu 231-235 *Ayrıca bakınız* silikoz
Darwin, Charles 177
Davidson, Kris 24-25
DDT 197, 261-262
Death to Dust 287
DeBruce Grain, Inc. 232
demir 167, 188
demir fertilizasyon kuramı 167
deniz karı 184-186
deniz tuzu 75, 152-153, 159-160
deri döküntüleri 244, 268, 272, 274, 276
dışkı mikroplar 233
diatom 8, 13, 97, 100, 103-109, 138, 178, 184
Dingus, Lowell 63-79
dinozor 1, 17-19, 63, 68
  davranışın korunması 63-65
  fosilleşmiş embriyo 63-65
  kapışmaları, Moğolistan'da 80
  Moğolistan'da ilk çağları 63-79, 80
dioksin 197, 291
dizel yakıtı 113
DMS (dimetil sülfit) 98, 166
DNA 255, 296
domuz tozu 230-232
Donanma Araştırma Laboratuvarı 128
donma 71
Duffell, Hayley 89-90
duman 111-113, 122-124, 144
  bulutlar üzerindeki etkisi 153

genleri değiştirme 254-255
Dünya
atmosferi 2, 44-46
büyümesi 40
düzensiz iklimi 147-148
geleceğine dair tahminler 297-300
ısınması 150-151, 162-163
modern dünyada tozlu yerler 72-73
oluşumu 34-36
soğuması 36
su döngüsü 11-12
toz yağma yoğunluğu 43-44
uzay tozlarının toplanması 39
yörüngesi 46
Dworkin, Jack 31
Eisenreich, Steven 195-196
El Nino 147
elektrik süpürgesi 247
Encounter 2001 296
endotoksinler 281-282
Eosinopil 269
epidemiyoloji araştırmaları 201-203, 282
erionite 210
erozyon 3, 20, 49, 67
ev tozu
1990'daki deney 241-245
alerjiler 281-282
bileşikleri 276-277
içindeki is 264
suyun etkisi 257-259
zehiri 259-265
Ewing, Maurice 149
Farley, Ken 43-44, 48
Fastovsky, David 79-80
Federal Çevre Koruma Ajansı (EPA) 113-115, 132, 200-202, 213-215, 227, 244, 247, 260, 291
Felton, James 263
fibroz 219-220
Fitolit 109-110, 178
fitoplankton 97-98
Five Ages of the Universe, The 300
Florig, Keith 253
fosil yakıtlar 6, 117, 142-143, 148
fosiller 63-67, 78-81, 286
Freeman, Natalie 266
gazlar 22, 36, 117, 147-148
amonyak 99-100
azot 113-114
insan girişimlerinin yan ürünü olarak 150-151
ozon 132-133
sülfür 113-114
yakıt yanmasından dolayı 127-129
GEM'ler (metal ve sülfitli cam) 58
genetik değişim yaratanlar 255-256

gezegensi 35
Glenn, John 26
Gobi Çölü 63-85
Goddard Uzay Uçuşu Merkezi 60
Goldsmith, David 219
gök kumu 35
Greer Laboratuvarları 281-282
Grönland
  buz 181-182
  toz 156-160
gümüşbalık 275
gün ışığı 155-156, 169 *Bakınız* Güneş
  azalma 152-154
  emilme 164-165, 181-182
Güneş 24-32
  bebekliği 33-34
  büyümesi 35-36
  doğumu 30-35
  Dünya'nın yörüngesinin değişmesi 43-44
  geleceğine dair tahminler 297-300
  solar alevler 54
  toz
    -e doğru helezon çizen 39-41
    -la ısınma 162-163
    yörüngesindeki 37-38
  yaratılması 11-12
  yavaşça ölmesi 20
güneş sistemi 36-40, 44, 50, 56, 58, 285, 301
  iç 48-54
Güney Kutbu 46-47
Haggerty, Stephen 58
Hajjeh, Rana 236
Halı ve Kilim Enstitüsü (CRI) 246-247
Hamaker, John 186
hamamböcekleri 276
hantavirüs 210-211, 237-239
Harlow, Bernard 251
Hastalık Kontrol Merkezleri 238, 257
Hava Kirliliğinin Etkisi ve Eğilim Analizi Merkezi 144
hava temizleyiciler 246-250
hayvan tozları 226-233
Heber, Albert 230
Hegg, Dean 151
HEPA (yüksek etkinlikli parçacık hava) filtreleri 247
hijyen hipotezi 242, 278-279, 282-283
  unsurları 279-280
Hilton, Michael 246
Himalayalar, oluşumları 71
Hoblitt, Rick 92
Homo sapiens 69
Hoshor, Mark 120
House Dust Biology 274
Huang Ho (Sarı Nehir) 142
Hubble Teleskopu 25, 27, 32, 33

Huebert, Barry 98
Husar, Rudolf 144
Hüseyin, Saddam 112
Interstate 10 (Arizona) 78
Io 38
Iserson, Kenneth 288
inek tozu 233-234
is lekesi 220-221
Jaffe, Dan 119
Johnson&Johnson 252
Johnson Uzay Merkezi 51-52
Jüpiter 36-38
kahverengi akciğer 224
Kalahari 162
kanguru fareleri *77*
kanser 209, 225, 264
  akciğer 213-214, 219, 253
  rahim 251-253
kanserojen 115, 227, 268
kara akciğer 220 *Ayrıca bakınız* kömür; kömür tozu
Karakum 78
Karayipler 13-17, 175-179, 187-188
  bulaşıcı mantar 189
  zehir 191
karbon izotopları 61
Kartal Nebulası 32
kaya 68-69, 108, 120-121, 124-125
  çökelti 78-79
  demir bakımından zengin 167
  emici 250-251
  tozlanmaya yatkın 71-73
kaya evler, Türkiye 208-210
kaya unu 73-74, 161
kemik 285, 286
Kennedy, John F., Jr. 136
Kenya Havayolları *77*
kirlilik 140-142
  bitkilerden 101-103
  Çin'de 122-124
  dumanları 122-123
  Evlerde 260, 261
  otomobil 113-117
  sanayi 103
  sülfür 136-138
  toksik 140
  toz *75*
    Asya 122-124
  yağmuru 136-138 *Ayrıca bakınız* yağmur
kirlilik yolları 170-171
kırmızı dev 299
kişisel bulut 241-257
  -tan bitki tozları 254-257
  bileşenleri 241-247
kitap biti 274

Kızılkum 78
Korcak, Ron 187
Kotchenruther, Bob 120
kozmik toz 224-225 *Ayrıca bakınız* uzay tozu
Kömür 9, 115-117, 123-127
kömür ocakları 250-253
kömür tozu 18-19, 220
kristobalit 91 *Ayrıca bakınız* volkanik kül; volkanlar
kronik rinosinüzit 269
Küçük Buz Devri 148-149
küf 87, 99-101
  nemlendiricilerde 257-258
  sıcak küvetlerde 259-260
  sporlar 195, 268
  toz 192-195
Kuiper kuşağı 44
küller, saçılması 20
  Asya Ekspresi 131-137, 143-144
kum 72-73, 78-79
kum kaymaları 81-85
kurşun 264-266
  tozu 249-250
Kurt mantarı 101, 238
kurum 8, 9, 13, 14, 87-111, 113-117, 128, 153-154, 227, 249-251
  atmosferin ısınması 169-170
  ev içinde yemek pişirme nedeniyle 235-237
  ısı tutma 163-165
  yağmurun etkisi 153-154
  yemek pişirmeden kaynaklanan 251-253
kuş meraklısı hastalığı 231
kuyruklu yıldızlar 42-44, 54
Kuzey Amerika Kremasyon Derneği (CANA) 293
La Nina 147
Lamb, Brian 103
Lamont-Doherty Yeryüzü Gözlemevi 146
Lawrence Livermore 263
Leary, Timothy 295-297
Leckrone, David 27, 29-32
Ledley, Tamara 165-166
Legionella 257
Leisawitz, David 29
Leitenberg, Milton 106
Lejyoner hastalığı 257
Lemieux, Paul 291-293
leonit 46, 47, 54
Levetin, Estelle 99-101, 175
Libby, Montana 211-217
likenler 108
limonen 256-257
Lioy, Paul 259-262
Lippmann, Morton 198-201
Liu, Andrew 281-282
Logan, Pamela 288
Loope, David 1, 65, 67-68, 79-85

Lovelock, James 97
Macquarie Adası 98
Main, Charles 193-194
Makrofaj 218-221
mantarlar 12, 20, 108, 138-139, 210-211, 267, 274 *Ayrıca bakınız* küf
  bozundurucu olarak 274, 285
  burunda 269
  enfeksiyonlar 235-239
  ev içi 267-268
  ilaçlara bağışıklıkları 193
  ölümcül 186-193
  sporları 11, 99-102, 193, 236-239
  tozu 224-225, 231-232
Mars 36, 37, 41
Martin, John 167
Mashkan-shapir 15
Mavi Buzul 164 *Ayrıca bakınız* buzullar
mavi küf 193-195 *Ayrıca bakınız* küf
McMurdo Kurak Vadileri 106, 180
mercanlar 175-179
  hastalıklı 186-193
  Sahra tozunun etkisi 192
Merkür 36
Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü (NIOSH) 228
metazoa 184, 185
meteor 35-56
  kimyasal analizleri 61
  mikro elmaslar 58
meteor yağmuru 45-47, 54
mezotelioma 208-215
Miami Herald 136
mikro elmaslar 58
Miller, David 186-187
mineralleme 185-186
mısır nişastası tozu 251-252
Moğolistan 64, 67, 71, 75, 79, 122, 123
Mojave Çölü 74, 77, 141
moleküller 30, 156-157
  karbon zengini 30-32
  organik 36, 39
  uzay tozu 30
Montserrat Yanardağı Rasathanesi 88
Muhs, Daniel 175-179
mumlar 248-249
  toksik tozu 248
mumyalama 285-287
mumyalama 295-297
mumyalar 234-235, 286
Munchausen sendromu 251
Murray, Sir John 60
MUSES-C 51
Namib Çölü. *Ayrıca bakınız* çöller
NASA 27, 29, 30, 31, 37, 38, 50-52, 56, 101, 112, 124
nem yaratanlar 175, 258-259

nematod 13-14, 105-107
Nereus 51
New York Times 213
Nietzsche, Friedrich 278
Nittler, Larry 60-61
okyanuslar 48, 87, 124-125, 149-150, 167
  -dan gelen çamur 43, 44, 162, 163
  -dan gelen toz 96-99
    batan hayat biçimleri 184-185
Olympus Dağı 164
Oort bulutu 36, 44
Orbit 138
OTZS 228-229
Oviraptor 63-64, 67, 69
  devrinde iklim 148-149
  devrinde toz 75
Owens Gölü 75
ozon 132-133
  deniz seviyesinde 123-124
pamuk tozu 221-223
Pancheri, Christopher 295
Peronard, Paul 213-215
Phobos 37
Pinatubo Dağı 147, 168
Piperno, Dolores 109-111
pireler 275-276
pişirme 253-257
  tozlar 255-257
plankton 8, 97-99, 126, 166-168
Platt-Mills, Thomas 242, 277
playa 74
Plinius (baba) 212
Plüton 27
polen 8-12, 87-92, 235, 236
  tahminleri 193-196
poliklorine bifeniller (PCB) 196
Polo, Marco 212
Ponikau, Jens 269-270
Pound, Ezra 278, 280
Priscu, John 181-183
Prospero, Joseph 188-189
Protoceratops 69, 79
Public Citizen 249
pus 119, 140-141
Pyle, David 89-92
Pyne, Stephen 111
Quinn, Patricia 97
Ra, Corky 296-297
Ram, Michael 104
Redmon, Agile 281
Redoubt Yanardağı 93-94
Reheis, Marith 108
Reich, Robert 220
Rind, David 162, 168

Robert Wood Johnson Tıp Fakültesi 266
Roberts, John 264
Rogers Gölü 74-75
Rose, Cecile 259
Rosenfeld, Daniel 171-172
rüzgâr 7-9, 67-71, 75, 99-101, 102-108, 129-130
  buz devrinde 158-160, 162-163
  okyanusların yüzeyinde 96
  rüzgârda yol alan toz 11-14, 72-73, 76-79, 161
  rüzgârdan yararlanan bitkiler 100-101
  rüzgârla taşınan sülfür topları 94-96
  şiddetli rüzgâr 31, 32, 120-123
Sahel 17, 188
Sahra Çölü 17, 103, 179
  içindeki alüminyum 178-179
  içindeki hastalık taşıyan mantarlar 187-190
Sahra Toz Tabakası 138-141
  kıtlığın etkisi 140-141
sahte akrepler 275
Saint Helens Dağı 92
Samanyolu 12, 22, 24
  içindeki toz
  tozla kapanması 12, 21-31
şarbon 106
sarkodin 185
Schlesinger, Richard 201-204
Schneider, Eileen 236-237
Schoemaker, Eugene 296
Seattle Post-Intelligencer 213, 215
Seistan Havzası 78
sera etkisi 169-170
Shinn, Gene 187-193
sıcak küvet 257-260
silikoz 217, 220, 222, 224, 234, 235
Silver, Mary 184-185
sis 136-143
smektit 156-159
Smith, Garriet 192
Smithsonian Tropikal Araştırma Enstitüsü 109
Soğuk Bölgeler Araştırma ve Mühendislik Laboratuvarı 47
Soufrière Hills volkanı 88-93
SPADUS 51
Stardust 50
Steen, Robert 165
stratosfer 92, 95-96, 101
su 36-37
  ve toz 53-56, 175, 258-259
su buharı 131-135, 150-151, 153-154
sülfür 8, 9, 91, 93, 94, 134-137, 153-154, 253
  atmosferdeki 97
  gazı 94-95
  tozu 95
sülfür taneleri 8, 9, 114-117, 128-129, 131-133, 167, 173
  soğutucu etkisi 167-169

yağmur yapıcı olarak 167-169
sülfür topları 94-97
Summum 296
süpernova 24, 29
Survival of Civilization 186
tahıl tozu 231-232
patlamaları 232-233
Taklamakan Çölü 73, 78, 158, 180
talk 250-252
talk pudrası 223-224, 249-252
Talkeetna Dağı 93
Taurus (Boğa) 28
Taylor, Susan 47, 48
Tegen, Ina 153, 169
Tempel 51, 54
Thompson, Dennis 101-102
Tikal, Guatemala 5
toksikolog 201-204
toz
-a dönmek. 285
alerjileri 241 *Ayrıca bakınız* alerjiler
analizi 2
Asya'dan gelişi 119-130
bastırılması 117
benzersiz mineral imzası 154-163
çiftçilik 227-237
çöl 7-18, 78-79, 151-152, 158
demirle güçlenmiş 167
etkisi
iklim üzerinde 13-15, 145-148, 172-174
bitkiler üzerinde 11-15, 123-124
ev içi 19-20 *Ayrıca bakınız* ev tozu
geri dönüştürülmüş 115-118
gübre olarak 179-180, 185-187
hayvanlarla ilgili 226
içindeki radyoaktif parçacıklar 191-193
kimyasal reaksiyonlarla yaratılması 257
kirlilik. *Ayrıca bakınız* kirlilik
kullanımı 16-19
-la gelen mikroplar 210-211
-la ilgili sağlık sorunları 2, 79, 123-124, 195-206, 220-226, 237-240
çiftçilerin 229-231
madencilerin 18, 220-222
okyanuslardan 48, 96
ölçümü 9-11
ölümcül etkileri 18-19, 123-124, 196-206
sanayi 7-12, 122-125, 169-170, 196-198, 204-206, 207-226 *Ayrıca bakınız* kirlilik
solunan 197-199
tahminleri 192-194
tahmin sistemleri 141-144
tipleri 5-6
tozun taşıdığı kokular 233
volkanik tozlar 13, 88-93 *Ayrıca bakınız* volkanik kül
yakalama 2

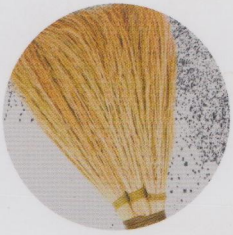
yatağı 275-276
zehirli tozlar 123-124, 195-197, 204-206, 249-250
evlerdeki 259-264
toz bulutları 26-30
antik 39
deprem 234-235
volkanik toz bulutlarının havacılık açısından tehlikeleri 94-95
Toz Çukuru 78-79, 140-141
toz fırtınaları 138-139
Asya'da 120-121
ölümcül 78-79
Sahra'da 138-139
silikozla ilgili 235-236
yaşayan bölgeler 75-79
toz maytları 20, 270-274
alerjiler 279-282
dışkıları 272-274
toz şeytanları 76-79
toz zatürresi 78-79
troposfer 92, 95, 96, 97, 112
kurum 112-113
tuz 71, 72, 87, 97, 108
lekeleri 8-10
tütün dumanı 193-195, 218, 224
Ukhaa Tolgod 67-72
Ulusal Atmosfer Araştırmaları Merkezi 142
Ulusal Buz Numunesi Laboratuvarı 161
Ulusal Hava Durumu Servisi 140
Ulusal Kanser Enstitüsü 255
Ulusal Mesleki Güvenlik ve Sağlık Enstitüsü (NIOSH) 228
Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi 97
Ulusal Yahudi Tıp ve Araştırma Merkezi 281
Uluslararası Araştırmalar ve Güvenlik Araştırmaları Merkezi 106
un 224-227
UV (ultra violet) 29-32, 96-97, 106-107
uzay elmasları 57
Uzay Teleskop Bilimi Enstitüsü 25
uzay tozu 21-37, 39-61, 66, 177, 301
vadi humması 236-237
van Bronswijk, Johanna E. M. H. 274-276
Velociraptor 79-81
Venüs 36
vermikülit 211, 213-215
Vigil, Frank 249-250
virüsler 8-9, 11-12, 87, 106-107
volkanik kül 8, 75, 93, 104, 109, 164, 168, 208, 287
toksik 207
Türkiye'de 208, 211
volkanlar 8, 9, 64-66, 87, 96, 113-114, 124-125, 153-156, 176-177
Alaska'da 93-94, 168
tozları 13, 14, 87-91
Türkiye'de 208
Von Essen, Susanna 230
Vostok Gölü 182-183

yağmur 1, 12, 153-156
-dan yoksun bölgeler 170-171
eksikliği 162-163
sarı 120-121, 135
sülfür 195-197
yakılmış ceset tozu 293
yanan varil 227
yangın 230-231
Yengeç Nebulası 22, 23, 25
yıldız tozu 57-58
hızı 54-55
yıldızlar
doğuşları 31-32
embriyon halinde 33-34
kayan 45-46
kızıl cüce 300
ölen 35-36
ölenlerin çekirdeği 21-25
patlayan 23
sönenlerin tozu 11-12
Zodyak ışığı 38
Zodyak tozu 37-38
Zolensky, Mike 51-52
zooplankton 184
W. R. Grace&Co. 211-212, 214-215
Wallace, Lance 243-244
Warren, Steve 133-135, 164-165, 169-170, 173
Wayne Eyalet Üniversitesi Tıp Fakültesi 234
Westphal, Douglas 129
Wild II 51
Willson, Lee Anne 297-300

"Güneşin altında verandanın parmaklığına konulmuş bir meyve suyu bardağını gözünüzün önüne getirin. Size boş görünebilir, ama içinde *en az* 25.000 parça mikroskobik toz dolanmaktadır. Bu toz parçacıklarında Yerküre'deki her şeyden biraz vardır. Ansızın karşınıza Sahra kumlarından dökülmüş minik parçacıklar ve gözle görülemeyen devetüyü lifleri çıkabilir. Sonra rüzgâr yön değiştirir ve orman mantarı sporları ve kurumuş menekşe parçaları çevrenizi sarar. Yakınlarda bir otobüs yolcu almak için durur ve minicik siyah kurum parçalarıyla karışık insan derisi döküntüleri bir anlığına ortalığı kaplar.

Her nefes alışınızda binlerce zerre vücudunuza girer. Bazıları burnunuzun dehlizlerine yerleşir. Bazıları genzinize yapışır. Diğerleri derinlerde, akciğerlerinize sığınır. Siz kitapta 'sona' geldiğinizde, yeryüzündeki bu zerrelerden 150.000 kadarını soluyarak içinize çekmiş olabilirsiniz; tabii dünyanın en temiz köşelerinden birinde yaşıyorsanız. Daha kirli bir yerde yaşıyorsanız, muhtemelen bir milyondan fazlasını solumuşsunuzdur.

Bazı tozlar gezegen ve üzerinde yaşayan canlılar için tehlike taşır. Bazıları insanlar, bitkiler ve hayvanlar için yararlıdır. Bazıları açıkça büyüleyicidir. Burada hepsi mikroskobun altına alınacak ve tozların gizli yaşamları gözler önüne serilecektir."



ISBN 978-975-403-603-9

9 789754 036039 01

Fiyatı: 10 TL (KDV dahil)

Basılı fiyatından farklı satılamaz