

# OKYANUSLAR KÖPÜKLENDİĞİ ZAMAN



• Okyanusların yüzeyinde, hiç durmadan, milyarlarca hava kabarcığı sessizce patlamaktadır. Böylece atmosfere, bulutların oluşmasına yardım eden pek çok tuzlu su damlası fırlatılmış olmaktadır. Her yıl, on milyar ton tuz, bu yolla okyanusların yüzeyinden atmosfere taşınmaktadır.

Okyanusların yüzeyinde, her an, sayısız küçük hava kabarcığı patlamakta ve deniz tuzlarınınca zengin pek çok su damlacığı atmosfere fırlatılmaktadır. Yükselteşsiz ışıtilmediği gibi, çıplak gözle de görülemeyen bu süreç, aslında, biyosfer dengesi için son derece önemlidir. Araştırmacılar için ise, bulutların oluşumundan, yağışlara ve toprakların veriminin artmasına dek çok çeşitli doğa olaylarını anlama yolunda gerçek bir anahtar oluşturur.

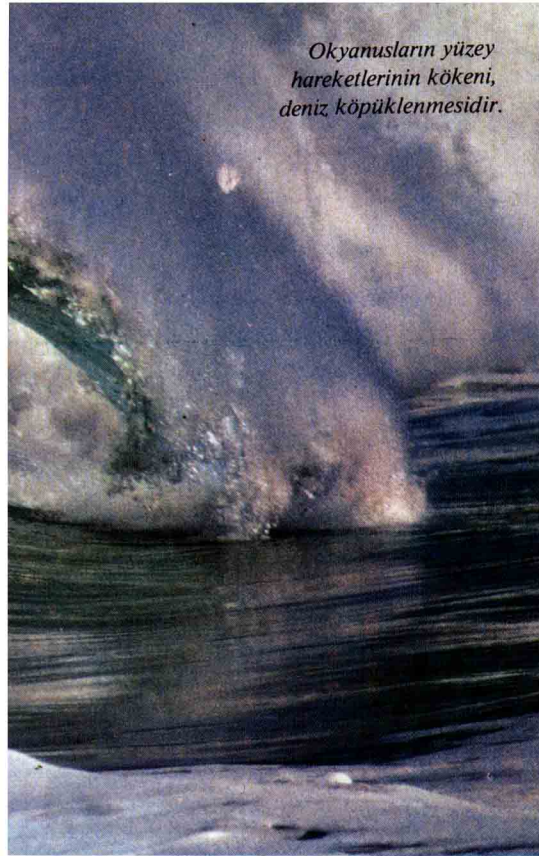
Duncan Blanchard adlı bir Amerikan bilim adamı, 50'li yıllarda, bu olayla ilgilenmeye başlamıştı. Çalışma arkadaşları ile birlikte, Woods-Hole Enstitüsü'nde, yapay bir köpüklenmeyi saatlerce incelemişler, hiçbir ilginç görüntü bulamamışlardı; demek ki olay, gözle görülemeyecek kadar çok hızlıydı. 1953'te, laboratuvarlarına, saniyede 3000 fotoğraf çekebilen bir kamera alınınca, "fışkıran damlalarla köpüklenme" adını verdikleri sürecin ilk klişelerini elde ettiler. Yine de, olayın, tam anlaşılammış ve

uzun süre de araştırmacıların gözünden kaçmış bir yanı kalmıştı. Ancak 32 yıl sonra, Toulon Fiziksel Denizbilim (Océanographie) Laboratuvarı'nda çalışan Fransız bilim adamı François Resch, holografıye dayanan bir yöntemle, "yüzey gerilim damlalarıyla köpüklenme" adını verdiği yeni bir süreç buldu. Böylece sır aydınlanmıştı ve okyanusların yüzeyindeki hava kabarcıklarının nasıl patladıkları tam olarak açıklanabilecekti.

## KÖPÜKLENME OLAYI

Köpüklenme olayı, rüzgârın hızı 20 km/sa'i geçtiğinde başlar: Suyun yüzeyinde, koyun postu gibi köpük yığınları oluşur. Rüzgârın hızı artarak, 30 km/sa'e ulaşırsa, büyük dalgalar oluşarak, kıyıya gelip çarpmaya başlar. Su yüzeyindeki bu bozulmaların her biri sırasında, su içinde, az ya da çok bir miktar hava tutulur. Suyun, kıyıya çarpıp çatlayarak merdane gibi yuvarlanan arayüzeyleri, tutulan havayı çok sayıda küçük hava kabarcığına paylaştırır. Bu nedenle, dalgaların yamaçlarından yuvarlanan köpük yığınlarının rengi, içlerinde bulunan çok sayıda hava kabarcığı nedeni ile beyazımsı olmalıdır. Böylece, su yüzeyindeki her bozulma sırasında, suya hava kabarcıkları katılmış olur. Balıkçıların bilip bilmediklerinden bağımsız olarak, şiddetli bir rüzgârdan sonra, balıklar hava almak için, dalgaların

*Okyanusların yüzey hareketlerinin kökeni, deniz köpüklenmesidir.*



yansımaları ile oksijenlenen su yüzeyine daha çok gelirler.

Köpüklenme olayı sınırlıdır; çok ince bir yüzeyel su katmanının altına geçemez. Örneğin, 6 mm çaplı bir hava kabarcığı için, suyun içine girme derinliği yaklaşık 10 cm'dir. Bu kabarcıklar, suyun içinde kaldıkları sırada, yağlı cisimler ya da proteinler gibi, su tutmayan türden çok sayıda nesneyi kendi içlerine toplarlar. Bir sıvıya daldırılmış her cisim gibi, hava kabarcıkları da, kendilerini su yüzeyine doğru iten bir Archimedes itmesi ile karşılaşır; bu da, onların, su içinde neden çok kısa süre kaldıklarını açıklar. Okyanus yüzeyine ulaştıklarında, sonsuz sayıda küçük su damlacıklarına bölünürler. Başta da gördüğümüz gibi, laboratuvardaki inceleme, olayı derinlemesine anlamamızı sağlamıştır; iki ayrı zamanda iki tür mikro-patlama olmaktadır: Birinci patlama, "yüzey gerilim damlaları"nı; ikincisi ise, "fışkırma damlaları"nı üretmektedir.

Şimdi, bu olayı açıklayalım: Fizik bilgimize göre, bir sıvı ve bir gaz arasında (ya da birbirlerine karışmayan iki sıvı arasında) bir *yüzey gerilim zarı* bulunur. Bir hava kabarcığının sudaki yüzeyini, ya da başka bir boyutta, denizin atmosfere geçen yüzeyini anlatabilmek için de, *yüzeyel yüzey gerilim zarı* kavramına gerek vardır. "Yüzey gerilim damlaları" konusuna dönelim; bunlar, bir sabun kabarcığının

patlamasına eşlik eden küçük su saçıntılarına benzerler. Daha doğrusu, bunlar, deniz yüzeyine değmekte olan hava kabarcığının üst bölümünün öğütülmüş bir duruma gelmesi ile ortaya çıkarlar. Bir hava kabarcığı patladığı zaman, kabarcığın içinde tutulmuş ve sıkışmış durumdaki hava birdenbire genişler ve kendi yüzey gerilim zarının bir bölümünü minik damlacıklara parçalar; bunlar "yüzey gerilim damlaları"dır. Bu küçük saçıntıların ortalama boyutları milimetrenin yüzde biri kadardır. Bir tek hava kabarcığının patlaması ile oluşan "yüzey gerilim damlaları"nın sayısı ise, kabarcığın büyüklüğüne de bağlı olarak, 1000'e dek çıkabilir. Ayrıca, bunlar, su yüzeyinin yaklaşık 10 mm yukarısına dek fırlatılırlar.

Açıklamalarımız sürüyor: Hava kabarcığının patlamasından 9 milisaniye sonra da, "fışkırma damlaları" oluşur. Mikroskopla incelendiği zaman, aşağıdaki olaylar dizisi gözlenir. Su, hava kabarcığının bıraktığı boşluğu doldururken, dikey doğrultuda küçük bir fışkırma oluşturur ve birçok damlaya bölününceye dek yukarıya doğru çıkar; oluşan damlalar ise, bölünme sırasında ortaya çıkan itmenin belirlediği yörünge üzerinde, 280 km/sa'e ulaşabilen hızlarla yollarına devam ederler. "Fışkırma damlaları"nın boyutları toplu iğne başı kadardır ("yüzey gerilim damlaları"nın boyutunun on katı kadar); su yüzeyinin de, 15 cm yukarısına dek fırlatılırlar (birinci türden damlaların çıkabildiğinin 15 katı bir yükseklik). Öyleyse, "yüzey gerilim damlaları" ve "fışkırma damlaları", apayrı türden iki damlalar ailesidir.

## **KÖPÜKLENME OLAYININ ATMOSFERE KATKILARI**

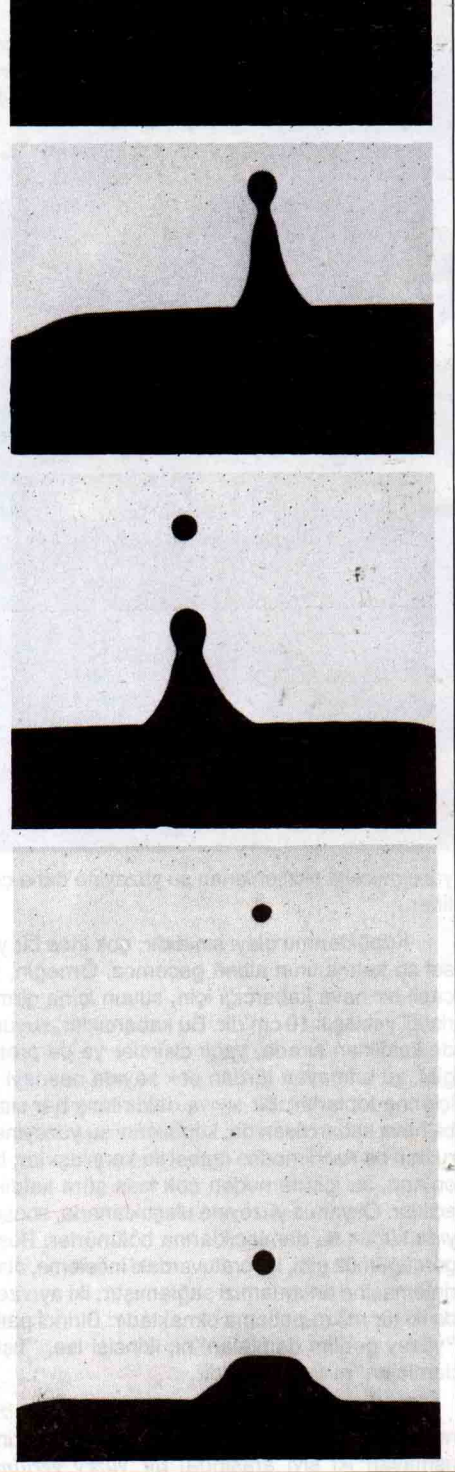
Mantık, okyanuslardan gelen bu sıvı saçıntıların, deniz suyu ile aynı bileşimde olmaları gerektiğini düşündürür. Bu, "fışkırma damlaları" için hemen hemen doğrudur; bu tür damlalarda, fazladan birkaç yağlı cisim dışında, deniz suyunda çözülmüş maddeler aynen bulunurlar. Ama "yüzey gerilim damlaları" için, hiç de böyle değildir; bunların bileşimi, okyanus sularından daha zengin ve daha çeşitlidir. Çünkü "yüzey gerilim damlaları", biyologların, *su yüzeyinin mikro-katmanı* dedikleri üst bölümde oluşurlar; milimetrenin onda birinden daha ince olan bu yüzeyel zarda, mikroskopik alglerin ve zooplanktonun bozunmasından gelen pek çok organik artıktır vardır. Bu artıkların bazıları, deniz suyunda çok az bulunan, fosfor, magnezyum, potasyum gibi elementleri ve ayrıca da bakır, çinko, kobalt ve kurşun gibi ağır metalleri seçip ayırarak, kendi içlerinde toplama özelliği gösterirler. Ortalama olarak, ağır metallerin, bu organik artıklarda toplanma oranı deniz suyundakinin 1000 katı kadardır. Böylece, hava kabarcığının, su yüzeyinin mikro-katmanına geçen üst bölümünün ürettiği "yüzey gerilim damlaları"nın neden deniz suyundan çok daha zengin bileşimli olduğu anlaşılıyor.

Bu iki damlalar ailesinin, bir de ortak yanı vardır; her ikisinde de, geleneksel mutfak tuzu olan sodyum klorür bulunur. "Fışkıрма damlaları" ve "yüzey gerilim damlaları", toplam olarak, okyanus yüzeyinin her kilometre karesinden, günde 75 kg tuzu atmosfere taşırlar; böylece atmosfer, günde 27 milyon ton tuz kazanır. Denizbilimciler için, bu iki ayrı türden damlaların, atmosfere tuz taşınması olayındaki paylarının ne kadar olduğu da önemlidir. Öyleyse, en başta, hangi tür damlanın atmosferde daha çok yükselme şansı olduğunu bilmek gerekir. Gerçekten, sıvı saçıntılar topluluğunun bir bölümü denize geri düşerken, kalan bölümü "burgaçlı rüzgârlar"ın\* etkisi ile yükselmeye devam eder. "Yüzey gerilim damlaları", "fışkıрма damlaları"ndan hafif oldukları için, birincilerin daha çok yükselme şansları olduğu düşünülebilir. Ancak, hava kabarcığının patlaması sırasında, "yüzey gerilim damlaları", "fışkıрма damlaları"nın ortalama fırlama yüksekliğinin çok altında kalırlar. Yükselen hava akımlarının varlığı ise, iki türden damlalara da eşit yükselme şansları sağlayabilir. Ayrıca da, "fışkıрма damlaları"nın ve "yüzey gerilim damlaları"nın, okyanusların doğal köpüklenmesindeki oranlarını bilmek gerekir. 1957-1985 yılları arasında, çeşitli boyutlarda hava kabarcıkları üretilerek yapılan köpüklenme deneylerinin verdiği çelişkili sonuçların yorumlanması ile şu ilkeye varılmıştır: *Saçıntıların, "yüzey gerilim damlaları" ve "fışkıрма damlaları" olarak paylaşılması, kendilerini üreten hava kabarcığının boyutuna bağlıdır; 10 mm çapındaki hava kabarcıkları, daha çok birinci türden; 2 mm çapındakiler ise, daha çok ikinci türden damlalar üretirler. Bu deneyler, denizbilimcilerin sorununa çözüm getirememiştir; okyanuslardan atmosfere tuz taşınmasının hangi tür saçıntı ile gerçekleştiği anlaşılammıştır. Araştırmacıların, laboratuvarlarından çıkıp, kendi deney havuzlarının yüzeyi yerine, okyanusların gerçek yüzeylerinde patlayan hava kabarcıklarının sayımını yapmaları gerekir.*

Okyanuslardan atmosfere taşınan toplam tuz miktarı, bilim çevrelerinde fazla tartışmaya neden olmamıştır; yılda 10 milyar ton kadar olduğu hesaplanmaktadır. Bu, özellikle, meteoroloji uzmanlarını ilgilendirmektedir; çünkü havada asılı (süspansiyon) durumundaki küçük tuz kristallerinin, yoğunlaşma olaylarında önemli etkileri vardır. *Aerosol* denen bu küçük parçacıklar, bulutların oluşumunu sağlarlar; aerosoller olmasaydı, gökyüzünde hiç bulut görünmezdi; iklimler çok daha kurak olurdu.

Biraz da, bulutların nasıl oluştuğuna bakalım: Bir hava kitlesi yükseldiği zaman soğur (her 200 metrede, yaklaşık  $-2^{\circ}\text{C}$ ). İçindeki su buharı ise, minik su damlacıkları biçiminde yoğunlaşmaya başlar. Demek ki, sıcaklığı düştükçe, havadaki su buharı azalır. Örneğin,  $15^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta ve atmosfer basıncı

\* Az ya da çok sert bir yüzeyin yakınındaki hava akımlarının oluşturduğu rüzgârlar.



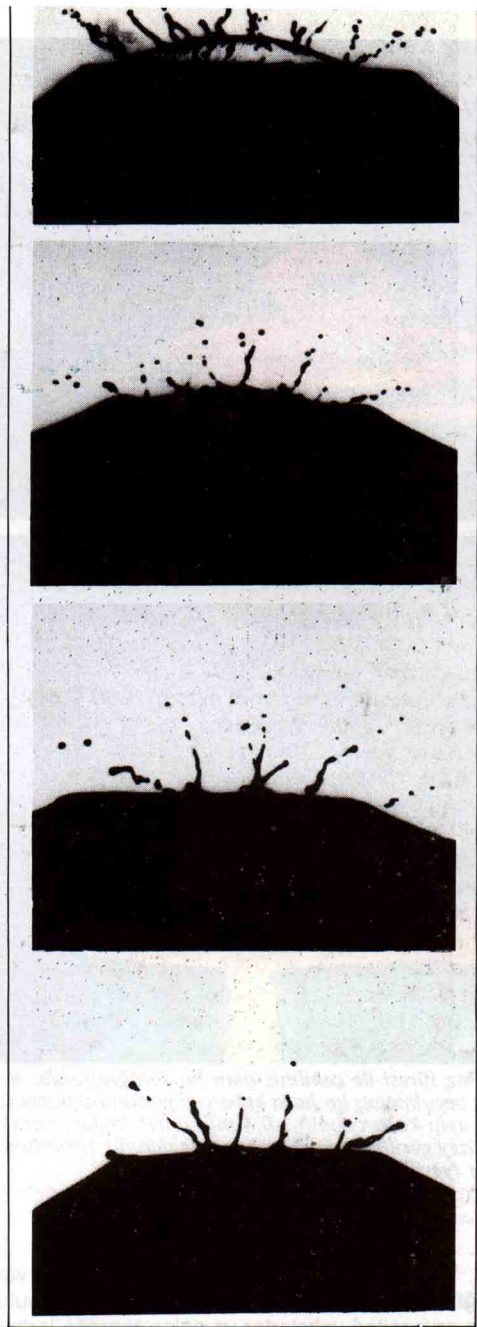
Holografiye dayanan bir yöntemle çekilen bu fotoğraflar, "fışkıрма damlaları"nın oluşumunu gösteriyor. Yukarıdan aşağıya doğru sıralanmış olan klişeler, hava kabarcığının patlamasından 4,5 ms, 7 ms, 9,5 ms ve 25 ms sonra alınmışlardır.

altında, havanın su buharı tutma sığıası (kapasitesi) 1 kg kuru hava için 11 g iken, aynı basınç altında 10°C sıcaklık için 7 g'a düşer. Herhangi bir sıcaklık ve basınçtaki bir hava kitlesinde tutulan su buharı miktarı, havanın o sıcaklık ve basınçtaki su tutma sığasını aşarsa, fazlalık oluşturan su buharı yoğunlaşır. Böylece, bir hava kitlesinin yükselmesi, soğuması ile bağlantılı olarak, çoğu zaman, gitgide kalınlaşan bir sıvı su damlacıkları perdesinin, yani bir bulutun, oluşmasına yol açar. Bir "bulut damlası"nın ortalama çapı 0,1 mm'dir; yani bir saç teli kalınlığı kadardır. Cumulo-nimbus türü bir fırtına bulutunda, küçük su damlacıkları biçiminde, 300.000 tona dek çıkabilen sıvı su toplanabilir.

Su buharının yoğunlaşması, maddesel bir taşıyıcı gerektirir. Aerosoller, yani atmosferde asılı olarak bulunan yeryüzü tozları, meteor tozları ya da is parçacıkları, böyle taşıyıcılar sağlarlar. Ancak, aerosollerin en önemlileri, okyanusların köpüklenmesinden ileri gelen küçük tuz tanecikleridir. Bu taneciklerin büyük çoğunluğunun çapı, 0,002 mm'dir; en irilerinin çapı ise, 0,4 mm'dir. Bu küçük parçacıklar, su tuzağı gibi davranırlar; su buharını kendi çevrelerinde sıvı fazdaki minik damlacıklar halinde toplayarak, "bulut damlacıkları"nı oluştururlar. Bir aerosolün, nemli havayı yavaş ya da hızlı biçimde yoğunlaştırma yeteneği, onun su tutma özelliğine bağlıdır. Tozlar ve is parçacıkları fazla su tutamadıkları için, etkin bir yoğunlaşma taşıyıcısı değildirler. Oysa, mutfaklarımızdaki tuzlukların birer nemölçer (hygrometre) oluşturması gibi, okyanuslardan gelen küçük tuz kristalleri de su buharını kolayca soğuturlar. İçine karıştıkları hava kitlesi su buharına doymamış bile olsa, bulut oluşumunu sağlayabilirler. Demek ki, bu küçük tuz kristalleri en etkin yoğunlaşma merkezleridir.

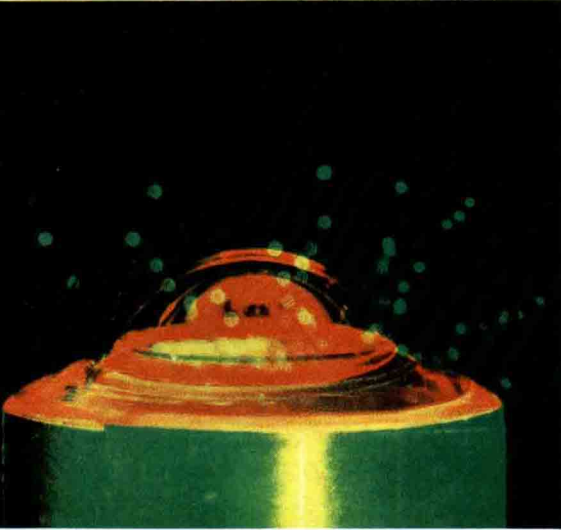
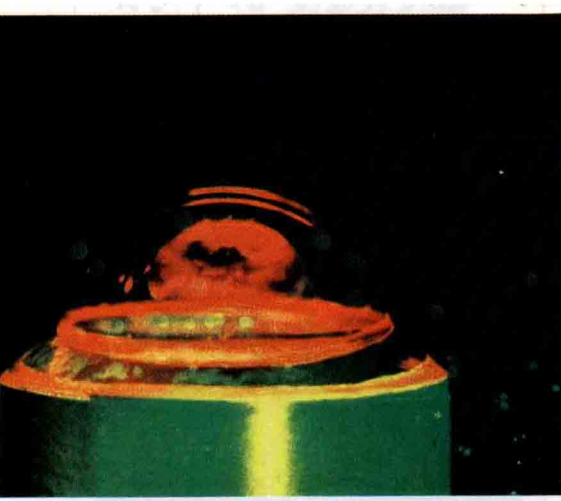
## DOĞANIN DENGESİ

Atmosferimizin alt bölümlerinde, havanın her 1 m<sup>3</sup>'ünde 0,01 mg'lık yoğunlukla bulunan aerosollerin, yoğunlaşma sürecinde temel bir rol oynadıklarını öğrenmiş durumdayız. Atmosferde aerosollerin bulunması havalanın gidişi ile ilgili önemli etkenlerden biridir. Aerosoller bu dengede yer almasaydı, yere yakın hava kitleleri, hiç sıvı su damlacığı oluşmadığı için, doymun durumlarına ulaşıncaya dek, su buharı ile yüklenebilirlerdi. Su damlacıklarının oluşabilmesi için, nemli hava kitlelerinin, normal atmosferin gerektirdiğinden çok daha fazla soğumaları gerekirdi. Belki atmosferin daha yüksek katmanlarında, "kurtarıcı tohumlar" diyebileceğimiz ve aerosoller kadar etkin olmayan küçük yoğunlaşma merkezleri çevresinde yine bulutlar oluşabilirdi. Gerçekten, uzaydan ve yerden gelen ışınımın (radyasyonların) hava moleküllerini parçalaması ile ortaya çıkan oksijen, azot ve argon iyonları, böyle kurtarıcı merkezler oluşturabilirler.



"Yüzey gerilim damlacıkları"nın oluşumu. Hava kabarcığının patlamasından 150 mikrosaniye sonra alınan fotoğraflar, kabarcığın yüzey gerilim zarının, "yüzey gerilim damlacıkları"na ögütülüşünü gösteriyor.

Meteoroloji uzmanlarının bu açıklamaları, doğanın dengesini anlamamızı sağlıyor: Okyanusların köpüklenmesi, atmosferi küçük tuz kristallerince zenginleştirmekte, böylece de yağışlar oluşmaktadır.



Poz süresi ile çekilmiş olan bu fotoğraflarda, he-nüz bozulmamış bir hava kabarcığı görüntüsü (kırmızı) ile, aynı kabarcığın 0,3-0,4 milisaniye kadar sonraki "yüzey gerilim damlaları"na parçalanmış görüntüsünün (yeşil) üstüste getirilmesi görülüyor.

## TARIMSAL YARARLAR

Vurgulamak istediğimiz birkaç nokta daha var: Yağmur damlaları yere düşerlerken, havada bulunan aerosoller yakalıyor ve onları toprağa indirirler. Her yağmurda, toprağın her hektarına yaklaşık 10 kg aerosol getirilmiş olur. Avrupa gibi, ortalama düzeyde yağış alan bir bölgede, toprağın her metre karesine 1 g deniz kökenli parçacık düşer. Bu az miktar bile, toprağın verimliliğine önemli bir katkı yapmaya yeter. Gerçekten, deniz aerosollerinin bir bölümü, önce de gördüğümüz gibi, "yüzey gerilim damlaları"ndan gelmektedir; bu tür damlacıkların, okyanusların yüzeyindeki, tuzlar ve ağır metallerce zengin mikro-katmanda oluştuğunu biliyoruz. Öyley-

se, bu türden aerosoller taşıyan yağmur damlacıklarında da aynı elementler bulunacaktır.

Yağışlarla toprağa inen bu tuzlar, tarımcıların, tarlalarının verimini artırmak için kullandıkları geleneksel gübrelerin bazılarının (kalsiyum, magnezyum, potasyum v.b. metallerin fosfatları ve sülfatları) küçük örnekleridir. Bu tür aerosollerde bulunan ağır metaller ise, bitkilerin gelişiminde ve üretiminde verimlilik artırıcı elementleri (oligo-elementler) oluştururlar. Öyleyse, yağmur önemli bir gübredir. Atmosferden gelen gübrelerin miktarı ise, tarımcıların serptiğinin onda biri kadardır.

Aslında, fakir bir toprak, atmosferden gelen gübrelerle, yüz yıllık bir süre içinde, doğal olarak yetişen bitkiler için gereken tüm elementleri kazanabilir. Ormanlar da, deniz kökenli aerosoller yardımı ile gelişirler ve beslenirler. Bu doğal zenginleşme işleyişi olmasaydı, tüm topraklar üzerinde, daha az bitki ve dolayısıyla da daha az hayvansal yaşam olurdu. Dünya üzerindeki bitki örtüsünün, yüz milyon yıl kadar önce ortaya çıkması ve insanoğlunun doğuşuna dek sürmesinde, kuşkusuz, bu gübreli yağmurların yardımı da olmuştur. Her yıl, yağmurlarla, kara parçalarının toplam yüzeyi üzerine 150 milyon ton gübre düşmektedir; bunun nedeni, suların yüzeyinde patlayan minik hava kabarcıklarıdır.

Sciences et Avenir'den çev. Dr. Hanaslı GÜR

## ZEKÂSAYAR

(Geçen sayıda yayınladığımız soruların cevapları)

**3. KUTU :** Top bronz kutuda olamaz (Bronz kutuda olsaydı üç öneme de doğru olurdu. Oysa en az bir önemden yansıtıldığı verilmiştir).

**KAYIK ve PARA :** Suda batan bir cisim hacmi kadar, yüzey bir cisim ise ağırlığı kadar su taşırır. Metal para sudan daha yoğun olduğu için kayığa atmak su seviyesini daha fazla yükseltir.

**SATRANÇ TURNUVASI :** m oyuncunun olduğu bir grupta m(m-1)/2 kadar maç yapılır. 8 grubundaki oyuncu adedi m olsun. Bu durumda

$$(m(m-1)/2 - ((24-m)(23-m))/2 = 69$$

Buradan m=15 bulunur. Demek ki A grubunda 9 oyuncu vardır. Bay X, kendi dışında 8 oyuncuyla karşılaşmış ve 3 galibiyet, 5 beraberlik elde etmiştir.

**YAZ-BOZ :** Parçalar hangi yöntemle birleştirilirse birleştirilsin minimum hareket sayısı 99'dur. amaç 100 blokla başlayıp sonuçta tek blok elde etmektir. Her hareket toplam blok sayısını bir azaltığına göre 99 harekette sonuç elde edilebilir.

İKİ ŞEKİL :

