

YANARDAĞIN NABZINI ÖLÇEN ADAM

David BERREBY

Barry Voight, 1990 Ağustosunda Endonezya'nın Cava adasında bulunan 2850 metre yüksekliğindeki Merapi zirvesini gezerken yanından gaz maskesini hiç eksik etmedi. Kendisi ve ekibi, kızgın taş yığınlarının üzerinden oraya buraya atlarken, her an kükürt dioksit fişkırtan kaynar gayzer patlamalarına hazır bulunmak zorundaydı. Merapi'nin keskin kayalarının ellerini parçalamasını önlemek için kalın eldivenler giymişlerdi. Merapi'nin asitle yenmiş ve kolayca ufalanan sert yamaçlarına halatlarını ilüştirebilmek için çok iri çiviler çakıyorlardı. Ancak karşılaşabilecekleri en büyük tehlike, dağın birdenbire depremlerle sarsılması ve patlaması idi. Yamaçlarında bir milyon kişinin yaşadığı ve tarçalanmış tarlalarında pirinçle tütün yetiştirildiği, bir yarım milyon kişinin de hemen eteğindeki Yogyakarta şehrinde yaşadığı Merapi, aslında etkin bir yanardağdır. Zaten Voight şöyle diyor: "Eğer günümüzde dünyanın en etkin ve en tehlikeli volkanını

arıyorsanız, Merapi bunun için çok iyi bir adaydır." Bir yerbilim profesörü olan Barry Voight'u başkalarının akıllarının ucundan bile geçirmeyecekleri bu kaya yığınına tırmanmaya sürükleyen sebep de budur.

Merapi, son 1000 yıl içinde 70 kere püskürmüştür. 1400 °C sıcaklığında lav akıntılarını ve kül dediğimiz toz kadar ufalanmış taş yığınlarını etrafına saçmaktadır. Merapi, ayrıca yamaçlardan saatte 95 kilometreyi aşan hızla bir çığ gibi aşağıya yuvarlanan kızgın taşlar püskürtmekte ve gerçek top mermileri gibi ısıklar çalarak gürültüyle çevreye düşen kızıl kor halindeki volkan bombalarını savurmaktadır.

Jeologlar, bir yanardağın ne zaman harekete geçeceğini, çevresindekileri uyarmaya imkân verecek kadar önceden öğrenmek istemektedirler. Ne yazık ki, günümüzde bu ancak birkaç gün önce belli olabilmektedir. Voight ise bu süreyi daha artırmak, patlamaları birkaç hafta öncesinden haber verebil-



Barry Voight, yanardağ püskürmelerini önceden tahmin etmeye imkân veren yeni teorisini sınamak için, dünyanın en tehlikeli dağına âletler yerleştiriyor.

Endonezya'daki Merapi zirvesi, patlamaya hazır bir bomba gibidir. Yanardağın katılaşmış lavlardan oluşan kubbesi, krateri bir mantar gibi ükamdadır. Yanardağın eteklerinde bir milyon kadar insan yaşıyor. Burası, Barry Voight, (aşağıda) için tam "biçilmiş kaftan" olan bir tehlike bölgesidir. Voight, evvelki yaz Merapi'ye duyarlı âletler yerleştirmiştir.



düstrisini çöktürtiler ama, yanardağ üslu durup patlamadı!

Son 12000 yılda, 1300

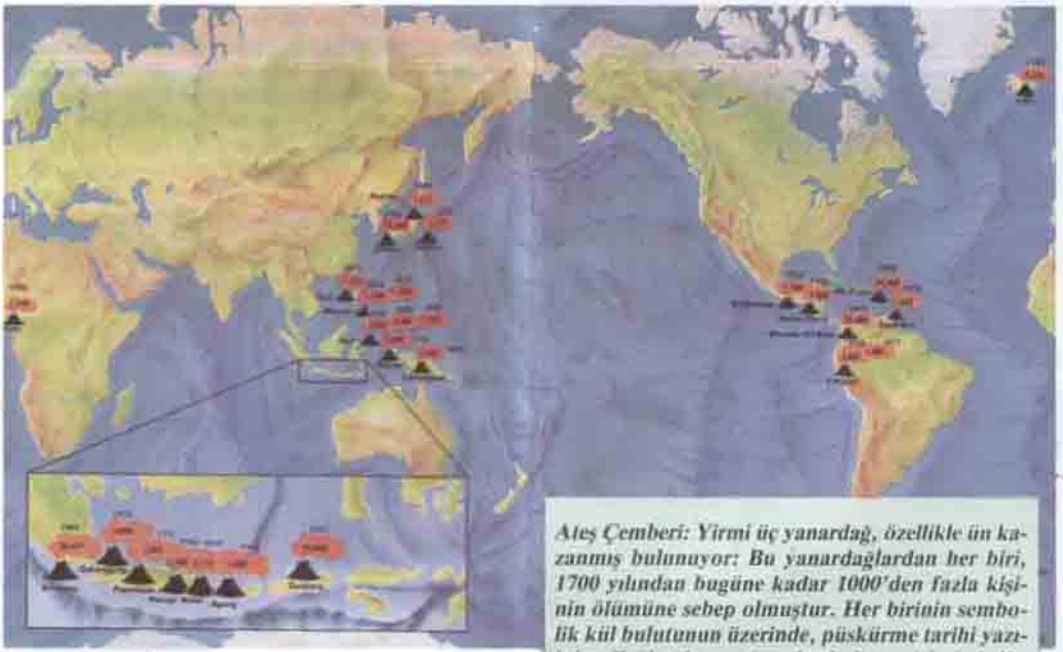
kadar yanardağın püskürdüğü biliniyor. Bunlardan 600 kadarına etkin volkan dıyoruz; çünkü tarih çağları içinde püskürmüşlerdir. Ancak ötekilerinin de püskürmeyeceği konusunda bir garantimiz yoktur. Sadece son on yıl içinde bile 28000 kişi yanardağ püskürmeleri yüzünden ölmüştür. Volkanik bölgelerdeki nüfus yoğunlaşması da ölümleri artırmaktadır. Meselâ Nevado del Ruiz yanardağından 50 kilometre kadar uzakta olan Kolombiya kasabası Armero'nun durumunu ele alalım: Nevado del Ruiz 1845'te püskürdüğü zaman, Armero diye bir yer bile yoktu. Püskürmenin sonucu zirvede eriyen karlar ve ortaya çıkan çamur ırmakları, sadece çevredeki 1000 kadar kişinin ölümüne yol açtı. Halbuki Kasım 1985'teki püskürüşünde, 29000 nüfuslu Armero kasabası, tehlikeye açık olarak yanardağın yakınlarına yayılmıştı.

Nevado del Ruiz, patlamadan önce bir yıldan uzun süreyle buhar püskürtmüştü ve sarsılmıştı. Ne var ki, 12 Kasım'da dağa çıkan bir araştırma ekibi, telaşlandırarak bir şey bulamadan geri dönmüştü. Ertesi gün öğleden sonra, yanardağ kül püskürtmeye başlayınca, yetkililer kasabayı boşaltmaya hazırlanmışlar, akşam saat dokuz sıralarında yanardağ patlamıştı. İki saat sonra ise, Armero bir çamur denizinde boğulmuş bulunuyordu. Yalnız bu kasabada 22000 kişi hayatını kaybetmişti.

Bizim artan ölçüde teknik araçlar kullanan toplumumuz, yanardağların zararına daha duyarlı hale gelmiştir. 15 Aralık 1989'da KLM şirketinin bir Boeing 747 uçağı az kaldı Alaska'nın Anchorage şehri yakınlarında yere çakılıyordu. Nedeni dört motorunun da şehrin 180 kilometre güneybatısında bulunan Redoubt yanardağının püskürttüğü külleri emincedir durmuş olması idi. Gene aynı yanardağın sade-

mek istiyor. Kendisi stres altında bulunan bir cismin, bu cisim ister bir köprü, ister bir uçak kanadı, isterse volkan püskürmesi sırasında parçalanarak binlerce tonluk kaya kütesi olsun, uyacağı tek ve evrensel kuralı bulunduğu inanıyor. Şimdi 53 yaşında olan bu hareketli jeoloğun, bu sonuca varıncaya kadar tırmanmadığı volkan, immediği krater, atlatmadığı tehlike kalmamıştır. Eğer bulunduğu formül doğruysa, dünyamızda bir yanardağ çevresinde yaşayan milyonlarca kişinin daha güvenli bir hayat yaşaması sağlanabilecektir.

Jeologların bilgisi son zamanlarda ne kadar artmış olursa olsun, hiçbir yanardağa güvenilemez. Meselâ Meksika'daki El Chichon yanardağı, 1982'de püskürüşünden önce ölü bir volkan olarak kabul ediliyordu. Bu püskürüşte, etrafında oturan ve onun bir yanardağ olduğunu bile bilmeyen köylülere 1700 kadarı hayatını kaybetti. Buna karşı, aynı yıl Kaliforniya'daki Long Valley volkan çukurunu gözleyen jeologlar, püskürme alarmı verip bölgenin turizm en-



Ateş Çemberi: Yirmi üç yanardağ, özellikle ün kazanmış bulunuyor: Bu yanardağlardan her biri, 1700 yılından bugüne kadar 1000'den fazla kişinin ölümüne sebep olmuştur. Her birinin sembolik kül bulutunun üzerinde, püskürme tarihi yazılıdır. Kurbanların sayısı ise bulutun içinde belirtilmiştir. Nüfus bütün dünyada artmakta olduğundan, ilerideki yanardağ püskürmeleri daha da büyük insan kaybına yol açabilecektir. Böyle yanardağlar, yer kabuğu çatlakları civarında, özellikle Pasifik'teki "ateş çemberi" bölgesinde ortaya çıkmak eğilimini gösterir. Dünyanın en yoğun nüfuslu bölgelerinden biri olan Cava adasında bile, bu öldürücü yanardağlardan dördü yer almaktadır.

dece 32 kilometre uzağında, Drift River Terminal denen 1,9 milyon varil kapasiteli petrol depolama merkezi bulunuyordu. Redoubt püskürmeye başlayınca, meydana gelebilecek seller ve çamur akıntılarına karşı gereken setler yapılıncaya kadar, deponun faaliyetine son verildi.

Voight ile arkadaşlarının azaltmaya çalıştıkları şey, yanardağların sözünü ettiğimiz şaşırtıcı etkisidir. Voight, aslında sadece 11 yıldan beri yanardağlarla ilgilenmektedir. Daha önce, kaya yuvarlanması ve çığlar üzerinde inceleme yapıyordu. Bu konudaki eseri, hâlâ standart sayılmaktadır. Zaten bu ünü dolayısıyla ki, Mount St. Helens'i gözlemekte olan jeologlar, bu yanardağ, titremeye ve gri kül bulutları püskürtmeye başlayınca kendisini yardıma çağırılmışlardı. Voight, dağı incelemiş ve yanardağın depremin yol açtığı bir püskürme sonucunda yan taraftan patlayacağını tahmin etmişti.

1980 yılının 18 Mayıs sabahı, bir yer sarsıntısı üç kilometre küpten fazla kayanın dağın yamaçlarından yuvarlanmasına sebep oldu. Dağın yuvarlanması olan taraftaki basınç düşmesi, tıpkı Voight'ın öngörmüş olduğu gibi, alttaki erimiş kayaların patlamaya püskürmesine yol açtı. Dağın şimdi artık 390 metre kadar alçalmış olan profili, Voight'ın bir ay önce çizmiş bulunduğu eskize çok yakından uyuyordu.

Mount St. Helens'in püskürmesi, 1902'den beri görülmemiş bir volkan etkinliğinin başlangıcı oldu. Bilindiği gibi, 1902'de Guatamela ve Karayip adalarından St. Vincent ile Martinik'te meydana gelen yanardağ püskürmeleri sırasında 36000'den fazla kişi ölmüştü. Dünyadaki volkan etkinliklerinin artmasıyla, halkın volkan araştırmacılarına gösterdiği ilgi de

bir artış kaydetmiştir. 1902 olayları nasıl volkan araştırmalarını başlatmışsa, 1980'lerin volkan patlamalarından ileri gelen ölüm olayları ve yaşanan tehlikeler, bu araştırma alanının yeniden rağbet bulmasına sebep olmuştur.

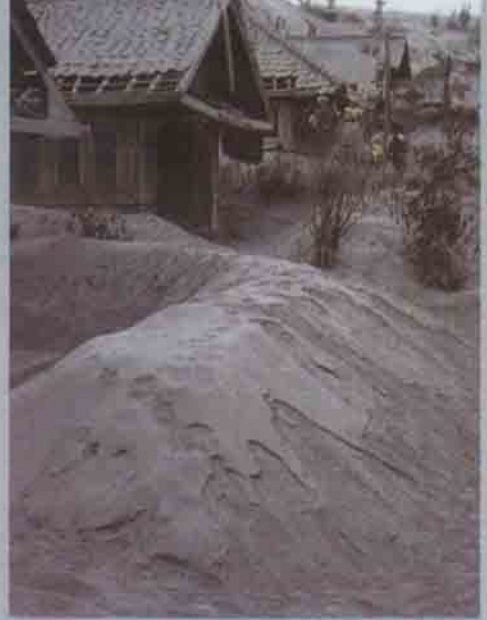
Voight'a püskürmeleri önceden kestirebilmek düşüncesi çok çekici geliyordu. Zaten dediğine göre, jeolojinin uygulamalarıyla hep ilgilenmişti. Volkanlarla uğraşmaya başladığı sıralarda ise, mekanizmaları hakkında birçok şey anlaşılmış bulunuyordu. Bir yanardağ, ısı enerjisini yer yüzünün üst mantosundan alır. Burada kayalar basınç altında yumuşamış durumdadır. Sıcaklıkları 1500 ilâ 2200 derece santigrat arasındadır. Bu tabakanın üzerinde 65 ilâ 145 km kalınlığında, dünyayı bir birleştirmeli bilmece gibi saran on iki kadar plâkadan yapıları kabuk örtüsü vardır. Hawaii adaları gibi bazı "sıcak noktalar" dışında, yanardağlar hep bu plâkaların birbiriyle sürtüştüğü yerlerden püskürme eğilimini gösterirler. Bütün bunlar bilinmekle birlikte, sorun yanardağların çağlar boyunca etkinliklerinin değil, belirli bir yanardağın belirli bir günde faaliyete geçip geçmeyeceğinin tespit edilebilmesiydi.

1980'lerde yanardağlara duyarlı âletler geliştirmek için gereken para bulunabildiği zaman, jeolog-

lar yanardağların çağdan çağa değil, günden güne nasıl davrandıklarını incelemek imkânını buldular. İyi gözlenen bir yanardağın püskürmeden önce yer sarsıntıları, buhar fışkırması ve diğer etkinliklerle kısa süredeki niyetini ortaya koyacağını ummaktaydılar. Gerçekten de böyle ölçümlerle St.Helens dağının en son Eylül 1986'daki püskürmesini önceden başarıyla tahmin etmek mümkün olmuştur. Ne var ki, arada St.Helens dağında önceden kestirilemeyen bir dizi başka patlama da meydana gelmiş bulunmaktadır. Bazen de öngörülen bir patlama ya hafif geçirilmekte ya da hiç olmamaktadır.

Voight, yanardağın gözlenmesinden elde edilen bilgilerin bir genel prensip ya da Newton'un hareket yasası gibi bir doğa kanunu ışığında incelenebildikleri takdirde daha güvenilir olacakları sonucuna vardı. Mühendislerin uzun zamandan beri çelik, beton ya da diğer yapı malzemesinin gerilme altında ne zaman çatlayacağını hesaplama imkânına sahip olduklarını biliyordu. Her malzemenin kırılma noktası başka olmakla birlikte, kırılma olayının ortak bir matematiği vardır ve malzemenin birkaç standart örneği incelenince, zayıf noktaların nerede olduğunu kestirmek mümkün olabilmektedir. Ne yazık ki, yanardağlar Standartlar Enstitüsü'nün verdiği ölçülere göre yapılmamıştı!

1980'lerin ortasında, Japon teknisyenleri malzeme gerilme denklemlerini yapay olarak meydana getirilmiş toprak kaymalarına uygulamaya başladılar. Böyle kaymalar, gerilme altındaki taşların yer çekimine karşı koymadaki dayanıksızlığı olarak değerlendirilebilirdi. Voight, buna benzer bir matematiğin yanardağ içindeki kayaların ne zaman zaaf göstereceğini hesaplamakta da işe yarayacağı sonucuna vardı. Birkaç yıl sonra da, bunu buldu. Denklemimin temeli ise şudur: Gerilme altında olan bir malzeme, bu ister bir balık oltası, ister bir köprü kirişi olsun, kopmadan önce bir eğilme, gerilme ya da herhangi



Agustos 1982'de Galunggung yanardağı, Batı Cava'daki köyleri kor ve kül yağmaları altında gömerek 27 kişinin ölümüne sebep oldu.

bir zorlanma gösterecektir. Kırılma anı yaklaştıkça, zorlanma oranı da yükselir. Kendisinin 1989'da geliştirdiği genel kural, bir diferansiyel denklem vasıtasıyla zorlanma oranını, zorlanmanın hızlanması ile ilişkilendirmektedir. Eğer Voight'ın teorisi doğruysa, yanardağın içinde neler olduğunu bilmeye artık gerek kalmayacak, yanardağın yüzeyinde yapılan bir dizi iyi ölçüm yeterli olacaktır. Voight, bulduğu usulü daha önce meydana gelen iyi gözlenmiş volkan püskürmelerine sonradan tatbik etmiş ve ümit verici sonuçlar almıştır. Meselâ jeologlar, 19 Mart 1982'de Mount St. Helens'in bir püskürmesini bir gün önceden tahmin edebilmişlerdi. Halbuki Voight'ın denklemi uygulanabilseydi, püskürmeyi on gün öncesinden tahmin etmek mümkün olacaktı.

Voight'ın çalışma arkadaşlarından Robert Tilling, bu yöntemi ümit verici bulmakla birlikte, fevkalâde mükemmel ölçümlere ihtiyaç gösterdiğine de işaret etmektedir. Etkin yanardağların çoğu ise, gelişmekte olan ülkelerde bulunmaktadır. Tilling şöyle söylüyor: "Dünyadaki şöyle altı yüz kadar etkin yanardağdan ancak yüzde beşinin yeterli olarak incelendiğini tahmin ediyorum. Üstelik, aralarında en tehlikelilerinin de bulunduğu birçok yanardağa hemen hiç el sürülmemiştir." Voight, teorisini sınamak üzere çalışma arkadaşları Kirby Young ve Jeff Marso ile beş Endonezyalıyı yanına alarak Merapi'ye tırmanmış ve son zamanlarda yanardağın nabzını dinlemek için geliştirilmiş kaba âletleri yerleştirmiştir. Bunlardan biri, yumruk büyüklüğünde turuncu renkli bir plastik silindirdir. Silindire bir küpün köşesindeki gibi dik açılarla bakışan aynalar yerleştirilmiştir. Bu âlet, kendisine uzaktaki bir kaynaktan gönderilen lazer huz-



Mount St. Helens yanardağı, 18 Mayıs 1980'de patladığı zaman, 57 kişinin hayatına mal oldu ve birçok araştırmaların yapılmasına yol açtı. Amaç, böyle âfetleri haftalarca öncesinden haber verebilmektir.

DÜŞÜNME KUTUSU

(Geçen sayıda yayınlanan soruların cevapları.)

SATRANÇ TURNUVASI

	A	B	C	D	E
A		X	X	X	X
B			X	X	X
C				X	X
D					X
E					

A = 0, B = 3, C = 2, D = 1, E = 4

İŞSİZLİK PROBLEMİ: Böyle bir karar o ülkedeki işsiz sayısını kesinlikle azaltır; yani işsizliği azaltmak için çok etkili bir yöntemdir. Emekli olan kişilerden bir bölümünün bir başka işe gireceği düşünülse bile, unutulmamalıdır ki, emekli olan kişinin kadrosu boşta kaldığından, onun yerine bir başkası işe alınacaktır. Bu yolla 500 000 kişi emekli oldu diyelim. Bunlardan 100 000'inin yeniden işe girdiğini düşünelim, kadınların ise emekli olduktan sonra ikinci bir işe girmediklerini kabul edelim, bu durumda 400 000 işsiz kişiye iş olanağı sağlanmış olacaktır.

7 SINEMA: Sağ üst köşedeki tabloda görüldüğü gibi 8. seansta hiçbir sinemada öğrenci olamaz. Her öğrenci her sinemaya 1 kere gitmiş ve her seansta 6 öğrenci bir sinemada iken 7. öğrenci bir başka sinemada olmuştur. Hem dikey hem yatay sıralarda 1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 şartı sağlanmıştır.

n kişi turnuvaya girip herkes herkesle oynarsa, $n(n-1) / 2$ maç yapılır. Burada $n = 5$ ve maç sayısı $5 \cdot 4 / 2 = 10$. 10 maç yapılmıştır. $(4 + 3 + 2 + 1 = 10)$.

$$C_2^5 = \frac{5!}{2! 3!}$$

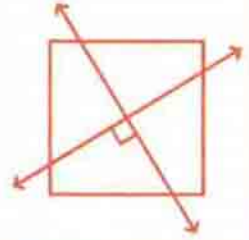
Sinema A Sinema B Sinema C Sinema D Sinema E Sinema F Sinema G

Seans 1	234567	1					
Seans 2		234567	1				
Seans 3			234567	1			
Seans 4				234567	1		
Seans 5					234567	1	
Seans 6						234567	1
Seans 7	1						234567
Seans 8							

DÜŞÜNDÜRÜCÜ BİR CİNAYET: Jonathan tam cinayetli işlemiştir ki, radyoda kendi koyduğu plağın takıldığını işitti. Eğer radyoevinde olsaydı, tabii ki hemen takılmış plağı değiştirecekti. Oysa radyoevine kadar gitmesi için geçecek 5 dakikada, plak takılmış olarak dönecek, yüzbinlerce tanığın önünde stüdyoyu terketmiş olduğu ortaya çıkacaktı. Tabii, cinayeti onun işlediğini hemen anlayacaklardı. Bu nedenle intihar etmişti.

ZOR GÖZÜKEN KOLAY

Bir karenin merkezinde kesişen iki dik doğru düşünün; bunların kareyi 4 eşit parçaya ayırdığı bellidir. O halde aranan alan 25 birim olur ($100 : 4 = 25$).



mesi ya da kızıl ötesi ışığı yansıtmaktadır. Işığın gidip gelmesinin aldığı süre daha önceki ölçümlerle karşılaştırılınca, silindirin durduğu kayanın ışık kaynağına göre hareket edip etmediği anlaşılabilir.

Voight etkin yanardağa "tiltmetre" denen eğim ölçerler de yerleştirmiştir. Bunlar tıpkı bir marangoz tesviyesi gibi, eğimdeki ufak değişiklikleri kaydetmekte ve dolayısıyla bir yüzeyin alttan itilip itilmediğini göstermektedir. Lav kubbesinin üzerinde bırakılmış olan bu tiltmetreler, Mount St. Helens'te geliştirilmiş bir radyo sistemi sayesinde ölçümlerini her 15 dakikada bir, Yogyakarta'daki bilgisayara iletmektedirler.

Bütün bu ölçüm aletleri, Voight'ın göz alışkanlığından yararlanarak stratejik yerlere yerleştirilmişti. Buradaki aletler, yanardağın yamaçları ve lav kubbesi üzerindeki küçük hareketleri bile kaydedebileceklerdi. Bu, tam da zamanında olmuştu; çünkü 1990 yazında, Voight'ın ekibi tiltmetreleri yerleştirdikten bir gün sonra, Merapi bir dizi depremle sarsıldı. Ancak, 26 Ağustos'ta bol miktarda kökürtülü buhar fişkırttıktan sonra tekrar sakinleşti. Voight bu ko-

nuda, "Gaz ve buhar sızıntıları, magma akışı ile sismik olayları etkilemiş olabilir. Tam ne olduğunu anlayamadım." diyor.

Voight ile ekibi, yanardağın buhar, gaz ve lav püskürtmesinin yarattığı çetin şartlara rağmen, az bir kayıpla aletlerini işletmeyi başarmışlardır. Voight'a göre, yanardağ patlamalarındaki kayıplar bilim adamlarının tahmindeki yanılığısından ve gözlem aletlerinin kusurlarından çok, ilgili makamların ekonomik açıdan yıkıcı olabilen tahliye ve halkı başka yere yerleştirme kararını kolayca verememelerinden ileri gelmektedir. Voight, bu konuda Albert Camus'un "Veba" romanından şu satırları zikrediyor: "Bir felâket, insan ölçüsüne göre kesilip biçilmiş bir şey değildir. Onun için hep onun bir hayal ürünü olduğunu, bir kötü rüya gibi kaybolup gideceğini kendi kendimize telkin edip dururuz. Ne var ki, bir felâket öyle kolayca geçmez ve kaybolup giden, aslında gereken tedbirleri almayan insanlar olur."

Discover, Temmuz 1991'den kısaltarak çev.:
Dr.Ergin KORUR