



Mavi Gezegen

Popüler Yerbilimleri Dergisi

Yıl: 2000 Sayı: 3

ISSN 1302-1103

Anadolu'nun yitik ayakizleri



TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınıdır

Yıl: 2000 Sayı: 3

Sahibi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
Adına
Aydın Çelebi

JMO Yönetim Kurulu

Aydın Çelebi
İsmet Cengiz
Mutlu Gürler
Ali Kayabaşı
Ercan Bayrak
Dinçer Çağlan
Yüksel Metin

Yayın Yönetmenleri

Ayhan Sol
Candan Gökçeoğlu

Yayın Kurulu

Adil Binal
Ahmet Apaydın
Ayhan Aydın
Ece Gökpinar
Ergün Tuncay
Huriye Demircan
Jülide Yapmış
Koray Törk
Okan Zimitoğlu
Serkan Sevim

Bilim Danışmanları

Prof. Dr. K. Erçin Kasapoğlu
Prof. Dr. Hasan Bayhan
Doç. Dr. Mehmet Ekmeççi
Doç. Dr. Reşat Ulusay
Doç. Dr. Serdar Bayarı
Prof. Dr. Vedia Toker

Dil Danışmanı

İlyas Yağcı

Kapak Resmi

Dr. İbrahim Tekkaya

Yazışma Adresi

Mavi Gezegen Dergisi
P.K. 464 Yenışehir 06444
Ankara

Dergi Merkezi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
Bayındır Sokak 7/11 Yenışehir
06410 Ankara
Tel.: 0 312 432 30 85 - 434 36 01
E-posta: tmmobj-o@servis2.net.tr
Web: www.jmo.org.tr / ~mgezegen

Reklam İrtibat

0 312 432 30 85 - 434 36 01

Mizanpaj & Tasarım

etki
tanıtım

Tel.: 0.312 424 11 05-06

Fax: 419 86 22

Yüksel Caddesi 11/8 Kızılay/Ankara

E-posta: ereklam@bir.net.tr

Baskı

Nurol Matbaacılık ve Ambalaj Sanayi A.Ş.

Tel.: 0.312 267 19 45 (pbx)

Fax: 267 19 50

Üçüncü sayısını yayımladığımız Mavi Gezegen'in ülkemizde artık ciddi popüler yayın organlarından biri haline gelmeye başladığını görmenin, hem bizleri hem de siz değerli yazar ve okurları son derece mutlu ettiğini sanıyoruz. Mavi Gezegen, yerbilimleriyle ilgili toplumdaki tartışılan konuları işlediği gibi, yerbilimlerinin diğer ilginç ayrıntılarını da konu edinmeyi hedef haline getirmiştir. Kuşkusuz bu konudaki en büyük görev, değerli yazarlara düşmektedir. Yerbilimcilerin ve yerbilimleriyle ilişkili başka bilim dallarındaki insanların Mavi Gezegen'e yazı yazarak sağlayacağı değerli katkılarına her zaman büyük gereksinim vardır. Bu nedenle, Mavi Gezegen'in kalitesinin artırılması yönünde katkı sağlayabilecek herkesin desteğini esirgememesini diliyoruz.

Bu sayımızda ağırlıklı olarak arkeojeoloji konusundaki özgün yazı ve çevirileri bulacaksınız. Bütün dünyada gittikçe önem kazanan arkeojeolojinin, Türkiye'de de gelecekte çok önemli bir araştırma alanı haline geleceğini düşünüyoruz. Çünkü Anadolu, Antik Çağ'dan bugüne kadar gerek yeraltı, gerekse doğal zenginlikleri nedeniyle bir çok medeniyetin beşiği olmuştur. Bu yüzden Türkiye, çok zengin bir kültür mirasına sahiptir. Bu mirasın araştırılıp, korunması için herkese kuşkusuz önemli görevler düşmektedir. Bu konuda ülkemizin zenginliğinin irdelenmesi açısından "Anadolu Antik Çağ Madenciliği" ve "Bir Doğal Anıtın Hazin Koru(yama)ma Öyküsü" başlıklı yazıların yanısıra, "Laetoli'deki Ayak İzlerini Koruma" ile "Obsidiyen"i konu alan çevirilere yer verdik.

"Yüzgeçlerden Ayaklara Geçiş" başlıklı paleontoloji ağırlıklı yazının yanısıra, "Barit" gibi mineraloji konularını işleyen bir yazımız da bu sayıda yer almaktadır. Yerbilimlerinin değişik konularında yazılmış "Eski Haliç ve Çamuru", "Taşı Sanata Dönüştürenler", "Noosferde Sismik Olaylar" başlıklı yazılara ek olarak günümüzde çok önemli bir hale gelen su konusuna değişik bir bakış açısı getiren "Bir Damla Su" ve "21. Yüzyıl Su Savaşlarına Sahne Olacak mı?" başlıklı yazıların da ilgi çekeceğine inanıyoruz.

İkinci sayıda bir bölümünü yayımladığımız "Çığ" yazısının ikinci bölümü ile "Heyelanlar, Dünyadaki Sosyo-Ekonomik Boyutları ve Bazı Örnekler" başlıklı yazılarımız, insanları yerbilimleri açısından doğrudan ilgilendiren konulardan birisi olan doğal afetler grubu içerisinde bu sayıda kendilerine yer buldular.

Özellikle son günlerde kamu iletişim araçları yoluyla yaygın biçimde gündeme getirilen konulardan biri olan depremin önceden tahmin edilmesi tartışmasına ışık tutabileceğine inandığımız "Depremlerin Önceden Tahmini Mümkün mü?" yazısının ilgiyle okunacağına inanıyoruz. Bu sayıda depreme ilişkin bir diğer ilginç yazı da Paleosismolojiyi örneklerle açıklayan "İzmit-Kullar Hendek Çalışması" başlıklı yazıdır.

Son olarak, Mavi Gezegen'in oluşturulması sürecinde değerli katkılarını esirgemeyen yazarlar ve bilim danışmanlarına sonsuz teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Yayın Kurulu

İ Ç İ N D E K İ L E R

Yüzlerce yıldır kadınların gerdanlarını süsleyen altının, tarihin akışı içindeki gizemli öyküsü devam ediyor. İnsanoğlunun onu elde etmek için yüzyıllardır verdiği çetin uğraş ve kullandığı yöntemler, yine insanoğlu tarafından hoyratça silinmekte olan tarihin sayfalarında saklı.



Batı Anadolu Antikçağ Altın Madenleri4

Selahattin Yıldırım

Yüzgeçlerden Ayaklara Geçiş11

Çeviren: Aysin Dora

Laetoli'deki Ayak İzlerini Koruma .17

Çeviren: Dr. Faruk Ocakoğlu

Bir Doğal Anıt ve Hazine Koru(yama)ma Öyküsü: Kula İnsan Ayak İzleri26

Dr. Faruk Ocakoğlu - Çetin Ertürk

Eski Haliç ve Çamuru33

Deniz İskender Öneç

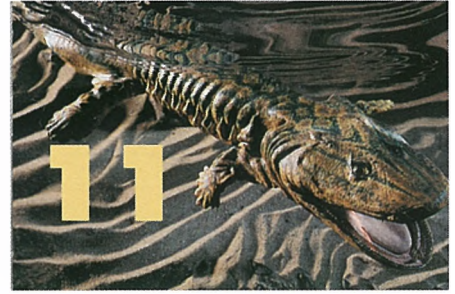
Anadolu Obsidiyen Oluşuklarının Tarihöncesi Yakındoğu Topluluklarınca Kullanımı36

Çeviren: Dursun Bayrak

Taşı Sanata Dönüştürenler42

Çeviren: Okan Zimitoğlu

Suda yaşayan bu hayvan hiçbir zaman karada yürümemişti, ama 365 milyon yıl önce İrlanda'daki



bu çamurlu sığ suda dört ayakla yürüyerek bu taşlaşmış ayak izlerini bırakmıştı. Dünya'daki yaşamı sonsuza kadar değiştirebilecek evrimde bu olay bir dönüm noktasıdır. Bu izler ve bulunan fosiller bilim adamlarına yaşamın ne zaman ve nasıl karaya geçtiğini yeniden düşünmeye zorlamıştır.



Yerlerine yenileri konamayacak değerleri doğal ortamında koruyamamanın hesabını insanlık ailesine ve gelecek kuşaklara verirken zorlanmayacak mıyız?



Günümüzde su kaynaklarının kıtlaşmasının, Ortadoğu gibi bölgelerde, silahlı çatışmalara yol açacağı iddia edilmektedir. Oysa bu bölgeler için su kıtlığı yeni bir olgu değildir ve şimdiye kadar

ekonomik ve politik yöntemlerle çözümlenebilmiştir.



Deprem, diğer doğa olaylarıyla karşılaştırıldığında, gerekli önlemler alınmadığı takdirde çok büyük yıkıcı etkisi nedeniyle afet haline dönüşen, dolayısıyla insanoğlunun karşılaştığı en şiddetli doğa olayıdır. Bu nedenle, depremlerin önceden tahmini, her zaman toplum tarafından talep edilen bir olgu olmuştur.

Barit46

Yrd. Doç. Dr. Oya Cengiz - Prof. Dr. Mustafa Kuşçu

Bir Damla Su50

Ahmet Apaydın

21. Yüzyıl Su Savaşlarına

Sahne Olacak Mı?56

Dr. Ayşegül Kibaroğlu

Heyelanlar: Dünyadaki

Sosyo-Ekonomik Boyutları ve

Bazı Örnekler62

Murat Ercanoğlu - Yrd. Doç. Dr. Candan Gökçeoğlu

Çığ: Tahmini, Kontrolü, Önlenmesi

ve Haritalanması68

Ömer Murat Yavaş

Noosferde Sismik Olaylar73

Prof. Dr. Ahmet İnam

Depremlerin Önceden Tahmini

Mümkün Mü?

“Olağandışı Olaylar”78

Prof. Dr. Ömer Aydan - Doç. Dr. Reşat Ulusay

Paleosismolojik Çalışmalara Bir

Örnek: İzmit-Kullar

Hendek Çalışması91

Dr. Ramazan Demirtaş - Cenk Erkmen



BATI ANADOLU ANTİKÇAĞ ALTIN MADENLERİ

Yüzlerce yıldır kadınların gerdanlarını süsleyen altının, tarihin akışı içindeki gizemli öyküsü devam ediyor. İnsanoğlunun onu elde etmek için yüzyıllardır verdiği çetin uğraş ve kullandığı yöntemler, yine insanoğlu tarafından hoyratça silinmekte olan tarihin sayfalarında saklı.

Yıl 1870. Alman serüvenci Heinrich Schliemann, Çanakkale yakınlarındaki Hisarlık adlı küçük bir tepede Troya Kralı Priamos'un hazinesini aramaktadır. Schliemann, Homeros'un İlyada¹ ve Odessa² destanlarını defalarca okumuş ve destanlardaki kişileri, olayları ve coğrafi tanımlamaları hayalinde kurgulamıştır. Kazının sonuna doğru, açılan bir çukurdan hazineye ait ilk izlerin ortaya çıkması üzerine işçilere izin vererek onları kazı alanından uzaklaştırır ve kazıyı karısıyla beraber sürdürür. Kral Priamos'un hazinesi Schliemann'ın

avuçlarındadır artık. Birkaç takıyı yanında bulunan karısı Sophia'nın boynuna takar ve "güzel Helene'm" sözleriyle sevincini haykırır. Oysa, İÖ.3000-İS.500 yılları arasında savaş, yangın ve depremlerle yakılıp yıkılan ve her seferinde de aynı yere yeniden kurulan Troya (İlion) dokuz kez yerleşime sahne olmuştur. Schliemann'ın bulunduğu hazinenin de Kral Priamos'un yaşadığı 6. Troya kentine (İÖ. 1200) değil, 2. Troya (İÖ. 2300) kentine ait olduğu, daha sonraki arkeolojik araştırmalar sonucunda anlaşılmıştır³.

İlyada destanı, Troya Kralı Pri-

amos'un haşarı oğlu Paris'in, Lakedaimon Kralı Menelaos'un karısı Helene'yi zorla kaçırması, bunun üzerine Akhalar'ın (Yunan) Anadolu'ya saldırıları, Troya'nın kuşatılması, Akhilleus ile Hektor'un çarpışması, Akhilleus'un Hektor'u öldürmesi ve ölüsünü arabasına bağlayarak Troya surlarının etrafında sürümesi, Priamos'un, oğlu Hektor'un cenazesini almak ve yas töreni düzenlemek için Akhilleus'a yalvarması ve oğlunun cenazesini alması ve finalde de Hektor için Troya'da yas tutulmasını anlatır. Odessa destanı ise bir kralın, Troya savaşına

katılan ve yurduna dönmek üzere yola çıkan, tanrıların gazabına uğrayarak denizlerde binbir tehlikeyle boğuşan ve ancak yirmi yıl sonra ülkesine ulaşan İthake Kralı Odysseus'un öyküsüdür. Odessa destanında yer yer geriye dönüşlerle Troya savaşı ve sonrasında gelişen olaylar da anlatılır.

İlyada destanını dilimize çeviren A. Erhat ve A. Kadir'in Troya savaşına ilişkin görüşleri şöyledir: "İlk Hellen'leri Anadolu'ya çeken başlıca öge, maden olsa gerekir. Homeros destanlarında tunç sözcüğü iki dizde bir geçer. Ama tunçtan da daha değerli sayılan bir maden demirdir. Efsanenin şiir öğeleriyle süsleye süsleye, Homeros destanları haline getirdiği seferin ya da seferlerin gerçek amacı, bu madenleri elde etmek değil de nedir? Troya seferi, bir çapulculuk seferidir, nitekim Troya önünde dokuz yıl beklerken Akhaların boş durmadıkları, ta Güney Anadolu'ya kadar sokulup Lykia gibi zengin bölgeleri yağma ettikleri, İlyada'da sık sık anlatılır"¹⁴.

Troya savaşı gerçekte, Akhalar önderliğindeki Yunanistan'ın istilacı kavimleriyle Troya'lılar, Le-



Schliemann'ın Troya'da bulduğu altın küpe ve bilezik. İstanbul Arkeoloji Müzesi'nde sergilenmektedir. Fotoğraf Aksit'ten alınmıştır.

ESKİ ALTIN MADENLERİ

Astıra madeni. Çanakkale ilinin 30 km kadar güneydoğusundadır. Günümüzde Kartaldağ ve Madendağ (Kaletaş) altın sahaları olarak adlandırılırlar. Strabon'un Coğrafya'sında sözettiği gibi Troyalılar döneminde işletilmiştir. Muhtemelen daha sonra Roma ve Bizans dönemlerinde de işletilmeye devam edilmiştir. Kartaldağ madeninde en son 1850'li yıllarda "Astyra Gold Mining Co" adında bir İngiliz şirketi tarafından işletme girişimlerinde bulunmuş ancak üretim yapılamamıştır¹³. Madende 150 m uzunluk, 10 m genişlik ve 20 m derinliğinde bir açık ocak ile bu ocağın içinden açılan kuyu ve galeriler vardır. Bir galerinin tabanındaki pasa içerisinde bulunan odunkömüründen C.14 (karbon 14) yöntemiyle 2455±70 yıl yaş saptanmıştır¹⁴. Yaklaşık İÖ.500 yıllarına karşılık

gelen bu tarih, madenin ne ilk ne de son işletme tarihidir. Galeri ve oyukların açılma biçimleri, burada tarihöncesi dönem, Troya dönemi ve Roma-Bizans döneminde işletme yapıldığını göstermektedir. Anadolu kökenli bir ad olan "Astyra" altın ülkesi anlamına gelmektedir¹⁵. Batı Anadolu'da bu adla anılan üç antik kent'in yakınında genellikle ılıcalar (kaplıca) bulunmaktadır¹⁶.

Şahinli Madeni. Çanakkale ili Lapseki ilçesinin 10 km güneydoğusunda bulunan Şahinli köyü yakınındadır. Geniş bir alanda, çok sayıda altınlı kuvars damarı vardır. Bunlardan altınca en zengin olan bir damarın 50 m kadar yakınında 500 ton kadar bir pasa yığını ve kırma-ezme taşları görülür¹⁷. Sahada altın arama-cılığı yapan özel bir şirketin yol yapım çalışması sırasında, bu pasa yığınının

hemen yakınında eskiçağ işletmesine ait bir galeri de ortaya çıkmıştır. Eski adı Lampsakos olan Lapseki'nin eskiçağda; gelişmiş, şaraplarıyla ünlü ve zengin bir kent olduğu bilinmektedir¹⁸. Hatta Astıra madeninin burası da olabileceği gözden uzak tutulmamalıdır.

Korudanlık Madeni. Bilecik ili Söğüt ilçesinin 5 km kadar güneydoğusundadır. Burada altın üretimine yönelik madencilik çalışmalarının izleri günümüzde çukur, galeri, yarma ve pasalar şeklinde görülür¹⁹. Madenin işletme tarihi konusunda kayıt yoktur. Aizanoi (şimdiki Çavdarhisar) kenti yıkıntıları arasında görülen pazar yeri (borsa) duvarlarındaki yazıtlarda Bilecik yöresinden getirilen altın ve gümüşün fiyatından söz edilmektedir. Arkeometri verileri olmamakla birlikte Korudanlık altın madeninin Frıgya



Şekil 1: Kuzeybatı Anadolu'nun antikçağ ve günümüzdeki coğrafi adları

leg'ler, Mysia'lılar, Karya'lılar, Lidya'lılardan oluşan Anadolu kavimleri arasındaki mücadeledir ve sonunda Anadolu kavimleri yenilir. Atatürk'ün Sakarya savaşından sonra "Ben Yunan'lıları burada yenmekle, Troya'lı Hektor'un öcünü aldım" dediği söylenir⁵.

İÖ.1200 yıllarındaki Troya savaşını anlatan destanın İÖ.850 yıllarında yaratıldığı sanılmaktadır. Ağızdan ağıza dolaşırken ekleme ve çıkartmalarla zenginleşen destan, daha sonra Atina'lı Tiran Peisistratos döneminde yazılı metin haline getirilmiştir.

Hazinesinin zenginliği her iki

destanda da sıkça vurgulanan, Kral Priamos'un bu zenginliği hangi altın madenlerinden karşılanıyordu? Bunu anlamak için gelin bir başka Anadolu'lu, coğrafyanın babası sayılan gezgin, Amasya'lı Strabon'la birlikte batı Anadolu'yu dolaşalım (Şekil 1):

"Astyra, Abydosluların topraklarının üst kısmında, Troia bölgesindedir. Yıkıntı halindeki bu kent şimdi Abydoslu'lara aittir, fakat daha önceleri bağımsızdı ve altın madenleri vardı. Bu madenler halen, tıpkı Paktolos nehrine bitişik olan Tmolos dağındakiler gibi kullanılmaktan ötürü fakirleşmiştir"⁶.

"Sarveis büyük bir kenttir... Burası ozanın (Homeros-ÇN) Meionialı'lar dediği Lidyalı'ların krali ikametgahı idi... Paktolos nehri Tmolos dağından çıkar. Eski zamanlarda bu nehirde çok miktarda altın tozu bulunmuştu ve Kroil-

veya Roma döneminde işletilmiş olduğu sanılmaktadır. Yukarıda, Strabon'un Midas'ın altın servetinin kaynağı olarak sözettiği Bermios Dağı belki de burasıdır.

Beyköv Madeni. Balıkesir ili Kepsut ilçesinin 5 km kadar doğusundadır. Bu madende kuyu, galeri, ocak, pasa, kırma-ezme-öğütme taşları ve oluklu taşlar bulunmuştur. Galeri yakınlarında jki ayrı yerde bulunan ve yaklaşık 15.000 ton olan pasa yığını altınca zengindir²⁰. MTA mağara ekibi tarafından da incelenen galeri 100 m uzunluk ve 1-5 m arası genişliktedir²¹. Madenin yakınlarındaki Beyköy, Akçaköy ve Kepsut ilçe merkezi arasındaki bölgede bulunan mermer sütunlar, mezarlar, heykel ve paralar ne yazık ki uzmanlar tarafından incelenme fırsatı bulamadan ya tahrip edilmekte ya da defincelerce yurtdışına çıkartılmaktadır.

Sart (Sarveis) madeni, Manisa ili Salihli ilçesinin 10 km batısında bulunan Sartmustafa köyü yakınındadır. Strabon'un da sözettiği gibi Lidya Kralı Kroisos'un (Krezüs) meşhur hazinesinin kaynağıdır. Tarihöncesi dönemlerden

Roma dönemine kadar işletilmiştir. Sart madenini diğerlerinden ayıran en önemli özelliği, Batı Anadolu'da bilinen tek plaser altın madeni oluşudur. Bozdağ'daki küçük boyutlu binlerce altın-arsenopirit-kuvars damarından aşınarak Sart Çayı'na taşınan altınlar burada dere kumları içerisinde birikmiştir. Buradaki altının işletilebilmesi için yapılan araştırmalar sonucunda; günümüz koşullarında ekonomik olmadığı anlaşılmaktadır^{22,23}.

Ovacık Madeni. İzmir ili Bergama ilçesinin 10 km batısında bulunan Ovacık köyü yakınındadır. Günümüzde siyanürle altın üretimi tartışmalarının odağında olan bu madenin geçmişte de araştırıldığı, altın kuvars damarının değişik yerlerinde görülen küçük oyuk ve kovuklardan anlaşılmaktadır.

Strabon'un altın madenlerinden söz ederken, yukarıda anılan cümlesinde "Aterneus ile Pergamon arasındaki bölge" olarak tarif ettiği yer coğrafi olarak Ovacık'a uymaktadır. Aterneus Dikili'nin, Pergamon ise Bergama'nın eski adıdır; Ovacık köyü, Dikili ile Berga-

ma arasında, yol üzerindedir. Ancak, burada madencilğe yönelik eski kazı faaliyetinin deneme amaçlı ve çok küçük boyutlardaki görünümü, Strabon'un sözettiği yerin Ovacık'ın 3 km kuzeyinde, Narlıca köyü yakınlarındaki eski işletme çukurlarının olduğu yer²⁴ veya daha kuzeyde Kozak yakınlarında başka bir yer olabileceğini de düşündürmektedir²⁵.

Küçükdere Madeni. Balıkesir ili Havran ilçesinin 5 km kadar güneyinde bulunan Küçükdere köyü yakınındadır. Burada altın kuvars damarları yer yer manganez açısından da zengindir. Damarların değişik yerlerinde büyük oyuk, kovuk ve galeriler vardır. Bazıları manganez üretmek için yakın zamanlarda açılmış kazılar olsa da, bir kısmının altın üretmek için eski çağlarda açıldığı sanılmaktadır.

Altının simgesi olan "Au" latince "Aurum"dan gelmektedir ve bu sözcük Anadolu kökenlidir. Havran'ın eski adı olan "Aureline" da altın ülkesi anlamındadır²⁶.

sos ve onun ecdadının zenginliğinin ününün, buradan kaynaklandığı söylenir. Fakat şimdi altın tozu yoktur. Paktalos ve halen Phrygios olarak adlandırılan Hyllos da Hermos'a dökülür"¹⁷.

"Ozanın (Homeros-ÇN) bazı bilinmeyen kavimleri saydığını söyledikten sonra, Apollodoros bunları doğru olarak adlandırıyor... Fakat Halizon'lar kendi uydurmasıdır, veya daha ziyade Halizonlar'ın kim olduğunu bilmeyen ilk kimseler bu adı çeşitli şekillerde yazmış, gümüşün ve ortaya çıkmış bir çok diğer madenin 'çıkış yeri' olarak hayal etmiştir. Bunlar, gayretkeş arzularını desteklemek için, Kallisthenes'den aktararak alan Skepsisli Demetrios'un ve bazı diğer yazarların, Halizon'lar hakkında hatadan yoksun olmayan öykülerini de topladılar. Tantalos ve Pelopideslerin varlığı Phrygia ve Spylos dolaylarındaki madenlerden; Kadmos'unki Thrakia'dan ve Pangion Dağı'ndan; Priamos'unki Abydos dolaylarında Astyra altın madenlerinin (bugün hala az miktarda kalıntı vardır. Bu madenlerden çıkartılan toprak çok fazladır ve yapılan kazılar çok eski çağlardan beri madenin işlediğini gösterir.); ve Midas'ınki Bermios Dağı dolaylarından; Gyges, Alyates ve Kroisos'unki Lydia'da, topraklarının madenleri tüketilmiş olan küçük bir köyün bulunduğu Atarneos ile Pergamon arasındaki bölgeden elde edilmiştir"¹⁸.

Abydos Çanakkale ilinin hemen kuzeyinde, Nara Burnu üzerinde kurulmuş önemli bir ilk çağ kentidir. Strabon zamanında bile yıkıntı halinde olan, Astyra'nın yeri ise tartışmalıdır. Bazı araştırmacılar Çanakkale'nin doğusunda bulunan Kartaldağ altın madenlerinin yakınında olması gerektiğini söylerken, bazıları da Nara Bur-

BATI ANADOLU ANTİKÇAĞ ALTIN MADENCİLİĞİNDE

"OLUKLU TAŞLAR"IN İŞLEVİ

Yıl 1992. Sevgili dostum T. Alpan ile Kartaldağ altın madeninde inceleme yapıyoruz. Antik maden ocağının hemen yakınındaki düzlükte, yarisına kadar toprağa gömülü halde duran birkaç taş dikkatimizi çekiyor, bunlar "oluklu taşlar". Bu taşlar aynı yıl Beyköy altın madeninde gördüklerimin benzeri değil mi? Evet, hemen hemen aynı boyutlarda ve aynı biçimde yontulmuş olan bu taşlar ne kadar da birbirine benziyor. Oysa buldukları yerler antikçağ ölçeğinde, coğrafi açıdan ne kadar da birbirinden uzaktalar. Acaba, antikçağda işletilen diğer altın madenlerinde de bu taşları görebilecek miyim? Ve son olarak, Korudanlık altın madeninde, daha önce arayıp da bulamadığımız oluklu taşları, 1999 yılında, sanki sıralarıyla beraber gizlenmek ister gibi, sık ağaçların arasında yatmış halde buluyorum. Oluklu taşlar neden altın madenlerinde görülüyor? Altın üretimiyle bu taşlar arasında nasıl bir ilişki var? Bulmacanın kareleri hergün yeni bir bulguya çözülmeye başlıyor.

Kartaldağ (Astyra) madeninde oluklu taşlardan birkaç tanesi, açık ocağın 50 m kadar güneydoğusundaki düzlükte, kırılmış ve toprağa gömülmüş durumdadır (Şekil 2). Aynı taşlardan ocağın 150 m kadar batısında ve 1 km kadar kuzeyinde de vardır. Beyköy madeninde açık ocak ve galerinin 300 m kadar batısında, tarla ortasında veya tarla sınırlarındaki taş yığınları içinde bulunur (Şekil 3). Genellikle tek oluklu olan taşların yanısıra birkaç tane "çiftoluklu taş" da bulunmuştur. Çift oluklu taşların, oluk sisteminin başlangıç veya bitiş bölümünde kullanıldıkları sanılmaktadır (Şekil 4). Bu alanda diğer maden işleme taşları (kıрма-ezme, öğütme) ve iki ayrı yerde pasa yığını da görülür. Korudanlık

madeninde, ocaklar-galeriler bölgesinin 300 m kadar kuzeybatısında, şimdi orman ağaçları ile kaplanmış olan bir düzlükte, birkaç tane oluklu taş bulunur.

Kırma-ezme ve öğütme taşları, Beyköy ve Şahinli madenlerinde pasa yığınlarının hemen yakınında bulunur. Değişik yontulma şekilleri bunların elle, ayakla veya başka aletlerle tutularak kullanıldıklarını gösterir.

Oluklu taşlar genel olarak dikdörtgen prizma biçimine yakın kesilmiştir. Bunların uzunluğu 60-100 cm, genişliği 40-70 cm ve yüksekliği 30-35 cm arasında değişmektedir. Taşın üst yüzeyinde düzgün bir şekilde yontulan olukun çapı 15-20 cm ve derinliği 5-10 cm arasında değişmektedir. Üst yüzeyleri ve olukları özenle yontulan oluklu taşların yan ve alt taraflarında aynı özen görülmez.

Kartaldağ madeninde bulunan oluklu taşlar silisleşmiş dasit, Beyköy madenindekilere bazalt ve Korudanlık madenindekilere mermerden yapılmıştır. Kıрма-ezme, öğütme ve diğer işleme taşlarının da Beyköy'de bulunanları bazalt, Şahinli'de bulunanları andezitten yapılmıştır.

Eski çağ altın madenlerinde bulunan oluklu taşların eldeki verilere göre işlevi şöyledir: Madenden çıkartılan cevherli iri parçalar kıрма-ezme ve öğütme işlemleriyle kum boyutuna kadar küçültülür. Kayaç içindeki altın taneleri bu işlemler sırasında serbest hale gelir. Altın tanelerini diğer kaya tanelerinden ayırmak üzere bu malzeme oluk sistemine yavaş yavaş akıtılırken sisteme su eklenir. Özgül ağırlığı 19 g/cm³ olan altın kanalın içinde hemen dibeye çökerek birikir, buna karşın özgül ağırlığı 2-3 g/cm³ arasında değişen kuvars, feldispat, kalsit, serisit gibi mineraller suyla

Beyköy altın madeninin yakınında tarla içinde bulunan bir oluklu taş





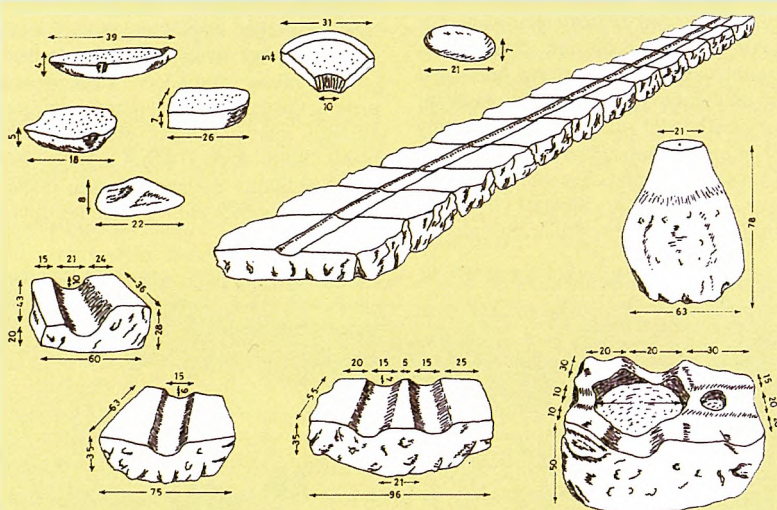
Beyköy altın madeninde seyrek olarak bulunan çift oluklu taş

beraber hızla akarak ortamdan uzaklaşır. Oluk (akıtma kanalı) içerisinde veya biriktirme havuzunda % 1 oranında altın içeren konsantré elde edilir. Sulu yıkama işleminde farklı özgül ağırlıktaki tanelerin farklı davranış sergilemeleri yakın zamana kadar Anadolu köylerinde buğdayın taş ve samandan ayrılması için kullanılmaktaydı. Bu işleme Anadolu'da "çalgan" adı verilir.

Gerçekte basit bir işlem olan, altın taneleriyle karışık kumlu malzemenin suyla akıtılıp yıkanması işlemi için, neden uzaktaki taşocaklarından yontularak oluklu taşların getirildiği sorulabilir. Aynı sistem toprak veya kaya zemin üzerine çamur veya tuğla malzeme ile çok daha basit bir biçimde

hasaslıkta olmalıdır. Eğimde meydana gelen bozulma ve yamulmalar hareket ettirilebilen oluklu taşlarla rahatça giderilebilir. Kırılan parçanın yerine yenisi eklenebilir. Çeşme veya su kaynağındaki mevsimsel değişime göre oluk sistemi alt kotalara taşınabilir.

Oluklu taşların altın madenlerindeki işleviyle ilgili tüm soruların doğru cevaplanabilmesi, jeoloji ve arkeoloji biliminin ortak çabalarıyla olacaktır. Oluklu taş sistemi yeniden kurularak yapılacak olan deneysel çalışmalarla, eski çağların madencilğine ışık tutulabilecektir. Geçmişte işletilmiş, ancak günümüz koşullarında ekonomik olarak işletilmesi mümkün olmayan, antik altın madeni ocak ve galerileri, açık hava müzesi



kurulabilirdi. Bu sorunun birkaç cevabı olabilir ancak akla ilk gelenler: Akıtma işlemi sırasında, oluk sisteminin önünde kum yığılı oluşacağından oluğun yerini sık sık değiştirmek gerekebilir. Oluk sisteminin eğimi suyun rahat akışını sağlayacak ve altın kaçacağını önleyecek

halinde düzenlenerek ışıklandırılıp turizme açılabilir. Bu şekilde uygurlukların yanısıra madencilğin de beşinci olan Anadolu'nun tarihi ve doğal güzelliklerine Arkeojeoloji biliminin katkılarıyla yeni turizm alanları eklemek mümkündür.

nu'nun kuzeydoğusunda olduğu görüşündedir. Kimilerine göre "altın ülkesi", kimilerine göre de "ılıca/kaplıca" anlamındaki Astyra (astra, asta, astura) adının kökeni konusunda da görüşbirliği yoktur⁹.

Lydia krallığının başkenti olan Sardeis'in yıkıntıları, Manisa ili Salihli ilçesine bağlı Sartmustafa köyünün yakınlarındadır. Kentin yanından akan ve alüvyonlarından altın elde edilen Paktalos (Sart Çayı) kuzeydeki Hermos'a (Gediz Nehri) karışır. Paktalos'un kaynakları güneydeki Tmolos Dağından (Bozdağ) beslenir. Strabon'un sözettiği Gyges (İÖ.685-652), Alyattes (İÖ.610-561) ve oğlu Kroisos (İÖ.561-547) Lydia Krallığı'nın zenginlikleriyle ünlü kralarıdır. Altın ve gümüş servetinin büyüklüğü "Karun kadar zengin" de-yimiyle günümüze kadar ulaşan Kroisos'un yani Karun'un¹⁰ servetinin başlıca kaynağı, işte bu Sart Çayı'nın altınlı kumları ve Bozdağ'daki altınlı kuvars damarlarıdır. Sart Çayı'nın (Paktalos) doğu yamacında, Sardeis'in yıkıntıları arasında Amerikalı arkeologlarca bulunan ve "altın arıtma tesisi" olarak tanımlanan yapının İÖ.600-580 yıllarında çalıştığı anlaşılmaktadır¹¹. Bu dönem, daha sonra tüm insanlığı eğemenliği altına alacak ve tüm kapıları açacak olan sihirli anahtarın; zenginlik, yoksulluk, savaş, refah, açlık gibi kavramların onunla ölçüldüğü "para"nın ortaya çıktığı zamandır. Herodotos, dünyada altın ve gümüş paranın ilk kez Lydia'da basıldığını yazar¹².

Strabon'un Tantalos ve Pelopideslerin servetinin kaynağı olarak gösterdiği Spylos Dağında (Manisa Dağı) günümüzde bilinen bir altın madeni yoktur. Frigya Kralı Midas'ın servetinin kaynağı olarak söylediği Bermios Dağı'nın ise günümüzde neresi olduğu bilin-

miyor. Gelelim son paragrafa: Strabon, önceki paragraflarda yazdığından farklı olarak, Lydia kralının servetinin kaynağının, Aterneos (Dikili) ile Pergamon (Bergama) arasında olduğundan söz ediyor. Acaba, son yıllarda siyanürle altın üretimi konusunda yoğun tartışmaların odağında olan Ovacık altın madeninden mi söz ediyor? Gerçekten de Ovacık madeni Dikili ile Bergama'nın tam ortasında, yol üzerinde bir yerde bulunuyor. Bu farklı tanım ve yorumlar Arkeojeolojik araştırmalarla kanıtlanmayı (veya çürütülmeyi) bekliyor.

Eskiçağda Altın Madenciliği

Eskiçağda altın madenciliğinde, birçoğu günümüzde de değişik tekniklerle uygulanan şu yöntemler izlenir: arama ve araştırma, ateşle ısıtma, su dökme, parçalama, kırma-ezme, öğütme, yıkama, konsantre ve ergitme.

Eskiçağda arama ve araştırmanın tamamına yakını kuvars damarları ve silisleşmiş zonlarda yapılmıştır. Özellikle Batı Anadolu'da bu tür yerlerin hemen hepsinde görülen küçük boyutlu (1-2 m) oyuk ve kovuklar altın aramacılarının eseridir.

Aramacıların diğer kayaçlardan oldukça sert olan kuvars damarlarını odun/odun kömürü ateşiyle ısıttıkları ve kızgın kayanın üzerine su dökerek çatlatıp patlattıkları sanılmaktadır. Balyoz, murç, çivi ve keski gibi madeni aletlerin az kullanıldığı dönemlerde bu tekniğin sık kullanıldığı antik dönem galeri ve ocakların tabanında bulunan kömür ve duvarlarında bulunan isten anlaşılmaktadır. Madenciler, hem içme hem de madende patlatma amacıyla kullandıkları suyu, bazen uzaklardan

boru döşeyerek sahanın yakınlarına kadar getirmişlerdir. Kızgın ateşe su dökme sonucunda çatlayan ve patlayan kuvars damarı parçalanıp iri parçalar (10-50 cm) sökülerek dışarı çıkartılır. Galeri veya ocak dışında bir alana alınan kuvars damarı parçaları kırma-ezme taş aletleriyle, fındık büyüklüğüne gelene kadar küçültülür. Bu parçalar madenin cinsine ve cevher mineralinin tane boyuna bağlı olarak, taş havan veya Anadolu'da yakın zamanlara kadar tahıl öğütmede kullanılan dibek taşları ile öğütme işleminden geçirilir. Bu şekilde, cevher içerikli kaya, bazen un boyutuna kadar küçültülerek, içindeki altın tanelerinin serbest hale gelmesi sağlanır. Fındık ve un boyutlu tanelerin karışık halde bulunduğu malzeme bir kanal içerisinde sulu ortamda akıtılır yani yıkanır. Özgül ağırlığı 19 g/cm³ olan altın, kanalın içinde hemen dibe çökerek birikir, buna karşın özgül ağırlığı 2-3 g/cm³ arasında değişen kuvars, feldispat, kalsit, serisit gibi mineraller suyla beraber hızla akarak ortamdan uzaklaşır.

Anadolu'dan oldukça uzakta Mısır'da da altın üretiminde aynı yöntemin kullanılıyor olması oldukça ilginçtir: "Mısırlılar Nübye'de oldukça büyük bir altın ocağı işletiyorlardı. Burada köleler çeşitli yöntemlerle ve ağır güçlüklerle altın içeren kuvars damarlarına gidiyorlardı. Kuvars kayaçlar ateş yardımıyla parçalanıyor, dağdan sürüklenerek taşınıyor ve taş havanlarda ufalanıyordu. Altın daha sonra yıkanarak ayıklanıyordu"²⁷.

Su kanalı içerisinde veya biriktirme havuzunda % 1 oranında altın içeren konsantre elde edilir ve bu konsantre toplanarak güvenli merkezlere götürülür. Bu kalelerde kurulu ergitme potalarında ergitilerek, kolayca yabancı maddeler

den ayrılan altın saf hale getirilmiş olur.

Burada sırası gelmişken ilkçağın destansal öykülerinden biri olan "Argonont'lar ve altın post"u aktaralım: İolkos kralı Aison tahtını üvey kardeşi Pelias'a kaptırmıştı. Aison'un oğlu İason delikanlılık çağına gelince Pelias'ın karşısına çıkıp tahtını geri ister. Pelias da ondan kurtulmak için önce Kolkhis'e gidip Phriksos'un orada bıraktığı altın postu getirmesini buyurur. Altın post, bir zamanlar Athamas'ın çocukları Phriksos'la Helle'yi sırtına alıp Yunanistan'dan Karadeniz'deki Kolkhis ülkesine kaçırılan kanatlı koçun postekisidir. Kızkardeşi Helle Boğazları geçerken denize düştükten sonra, Phriksos tek başına Kolkhis'e varır ve kendisini iyi karşılayan Aietes'e Zeus'a kurban ettiği koçun altından olan postunu verir. Destanda, adı "hızlı" anlamına gelen ve Argos adlı usta tarafından yapılan bir gemiyle, şimdiki Yunanistan'dan kalkıp, Karadeniz'deki Kolkhis ülkesine, altın postu almak üzere yapılan sefer anlatılır²⁸.

Mitolojide "Altın post" söylencesi olarak anlatılan olay, gerçekte, yakın zamana kadar akarsu kumlarından altın elde etmekte kullanılan eski bir yöntemin öyküsüdür: Akarsu içerisine batırılan postun kılları arasına altın taneleri birikir. Post daha sonra sudan çıkartılarak bir ağaca asılır ve kurumaya bırakılır. İyice kuruyan post silkelenerek kılların arasındaki altın taneleri dökülür. Bu işlemde koyun postu yerine kılları daha sert olan ve daha iyi konsantre sağlayan keçi postunun kullanıldığı düşünülmektedir.

Doğal olaylar veya insan eliyle oluşan yıkımlar nedeniyle yukarıda sıralanan verilerin tümünü bir madende görmek mümkün değil-

dir. Eskiçağ Anadolu altın işletmelerinin bir çoğunda bu verilerden ancak bir veya birkaç tanesi birarada görülebilmektedir: Astyra'da galeri tabanındaki kömür kalıntıları, Kartaldağ, Beyköy ve Korudanlık'da oluklu taşlar, Sardis'de ergitme (kupelasyon) fırını gibi.

Maden işleme taşlarının birçoğu, yakınında bulunan günümüz köy evlerinde yapıtaşı veya başka amaçlarla kullanılmak üzere parçalanmış veya bütün halde taşınmıştır. Bu durum sadece madencilikle ilgili taşlarla sınırlı olmayıp, yüzlerce yıldan beri yıkılıp harap olan tüm antik kentlerin, mimari yapıların ve kalelerin kaderidir. Aleksendra Troya'nın yıkıntıları gemilerle taşınarak İstanbul surları yapılmıştır²⁹. Yukarıda sözü edilen Astyra antik kentinin yeri dahi bilinmemektedir. Beyköy güneyindeki Asar Tepe'ye (asar/hisar/kale) adını veren antik kalenin yıkıntılarının 1930'lu yıllarda

yapılan Kepsut-Dursunbey yoluna döşeme taşı olarak kullanıldığı söylenmektedir³⁰.

Yüzlerce yıldan beri kadınların gerdanlarını süsleyen altının tarihin akışı içindeki gizemli öyküsü devam ediyor. İnsanoğlunun onu elde etmek için yüzyıllardır verdiği çetin uğraş ve kullandığı yöntemler, yine insanoğlu tarafından hoyratça silinmekte olan tarihin sayfalarında saklı. Bu silik sayfaları okumak da "iğne ile kuyu kazan" Arkeoloji uzmanlarına düşüyor.

Kaynaklar

1. Homeros, İlyada, çev. A. Erhat ve A. Kadir, 8. basım, Can Yay., 1996
2. Homeros, Odyssea, çev. A. Erhat ve A. Kadir, 8. basım, Can Yay., 1996
3. Ö. Acar, Destanları Sarsan Hazine, CBT Dergisi, sayı. 526, Cumhuriyet, 21 Nisan 1996, s. 10-11
4. Homeros, İlyada, önsöz, s.24
5. İ. Akşit, Anadolu Uygarlıkları, Akşit Yay., 1982
6. Strabon, Antik Anadolu Coğrafyası (Geographika: C. XII-XIII-XIV), çev. A. Pekman, 3. basım, Arkeoloji ve Sanat Yay., 1993, s.87

7. Strabon, aynı yapıt, s. 132
8. Strabon, aynı yapıt, s. 213-214
9. B. Umar, Türkiye'deki Tarihsel Adlar, İnkilap Kitabevi, 1993,
10. Büyük Larousse Ansiklopedisi, Milliyet Yay., 1986,
11. S. Lloyd, Türkiye'nin Tarihi: Bir Gezinin gözüyle Anadolu Uygarlıkları, çev. E. Varinlioğlu, 4. basım, Tübitak Yay., 1998
12. Herodotos, Herodot Tarihi, Remzi Kitabevi, çev. Müntekim Ökmen, 3. basım, 1991, s. 47
13. E.W. Molly, Türkiye'nin Batısındaki Altın Mineralizasyonu (Aydın, Manisa ve Çanakkale vilayetleri), MTA Rap. No. 2789 (yayımlanmamış), 1958
14. G.A. Wagner, E. Pernicka, T.C. Seeliger, Ö. Öztunalı, İ. Baranyı, F. Begemann ve S. Schmitt-Strecker, Kuzeypati Anadolu'nun Erken Metalurjisi Hakkında Jeolojik Araştırmalar, MTA Derg., sayı. 101-102, MTA Yay. 1983
15. Strabon, aynı yapıt
16. B. Umar, aynı yapıt
17. S. Yıldırım ve İ. Cengiz, Şahinli (Lapseki-Çanakkale) Altın Sahasının Jeoloji ve Jeokimya Raporu, MTA Rap. No., (hazırlanıyor)
18. B. Umar, aynı yapıt
19. S. Yıldırım, V. Oygür ve T. Alpan, Söğüt (Bilecik) güneyi altın-antimuan-volfram cevherleşmeleri ön etüd raporu, MTA Rap. No. 9740 (yayımlanmamış), 1995
20. S. Yıldırım, Beyköy (Kepsut-Balıkesir) Altın Sahasının Jeoloji Raporu, MTA Rap. No. 10007, (yayımlanmamış), 1996
21. L. Nazik, Güney Marmara Mağaraları, MTA Rap. No. 10046, (yayımlanmamış), 1997
22. T. Alpan, Salihli ve civarı altın aramaları (Bölüm-1), MTA Rap. No. 6963, (yayımlanmamış), 1978
23. T. Alpan, Salihli ve civarı altın aramaları (Bölüm-2); Salihli-Sart köyü yöresi jeolojisi ve Sart plaserlerinin altın yönünden değerlendirilmesi, MTA Rap. No. 6918, (yayımlanmamış), 1980
24. N. Pehlivan, sözlü görüşme
25. T. Alpan, sözlü görüşme
26. B. Umar, aynı yapıt
27. Z. Tez, Madencilik ve Metalurji Tarihi, Kitapsaray Yay., 1989
28. A. Erhat, Mitoloji Sözlüğü, 7. basım, Remzi Kitabevi, 1997
29. B. Umar, aynı yapıt
30. S. Yıldırım, aynı rapor



Selahattin YILDIRIM

Jeoloji Mühendisi, MTA, Maden Etüd Dairesi



Suda yaşayan bu hayvan hiçbir zaman karada yürümemişti, ama 365 milyon yıl önce İrlanda'daki bu çamurlu sığ suda dört ayakla yürüyerek bu taşlaşmış ayakizlerini bırakmıştı. Dünya'daki yaşamı sonsuza kadar değiştirebilecek evrimde bu olay bir dönüm noktasıdır. Bu izler ve bulunan son fosiller bilim adamlarına yaşamın ne zaman ve nasıl karaya geçtiğini yeniden düşünmeye zorlamıştır.

Isveçli bir jeoloji öğrencisi Iwan Stössel 1992 yılında İrlanda'nın Dingo Körfezi'nin güneyine doğru izole olmuş bir kıyıda yürürken daha önce hiç kimsenin görmediği 150 kadar fosilleşmiş ayakizleri ile karşılaştı. 365 milyon yıl önce Devoniyen devrinden kalan bu ayakizleri, ancak suda yaşayan ve hiç bir zaman karada yürümemiş olan bir hayvanın kumsaldaki çamurlu su içinde dört ayak üzerinde yürürken bırakmış olduğu izlerdir. Bu dört ayaklı yürüyüş dünya üzerindeki yaşamın evrimini tümüyle değiştirecek bir dönüm noktasıdır. Bu izler ve son bulunan diğer fosillerle, bilim adamları yaşamın nasıl ve ne zaman karaya geçtiğini yeniden düşünmeye başladılar.

Paleontologlar, her biri basset cinsi bir av köpeğinin boyutlarındaki bu izlerin sahibi hayvana Yunanca "dört ayaklı" anlamına gelen tetrapoda ismini verirler. Yüzgeçler yerine dört ayağı olan bu hayvanlar Devoniyen için yeni bir bulgudur. Aslında Devoniyen, balık fosillerinin bolluğu nedeniyle

balık çağı olarak bilinirdi. Şimdiye dek sadece, hemen hemen tamamlanmış bir arkaik tetrapoda olan Ichthyostega bulunmuştur. Bu nedenle bu güne kadar bilim adamları tetrapoda evrimi için fazla bir şey söyleyemiyorlardı.

Bu fosil kıtlığı bilim adamlarını uzun zamandır hayal kırıklığına uğratmıştı çünkü tetrapodaların dünya üzerindeki yaşamın geçmişiindeki en büyük sıçramalardan biri, belki de insanlığın evrimini yapanlardan biri olduğu sanılıyordu. Dört ayağın gelişmesiyle bunlar ilk yaşamın geliştiği sudan dışarıya, karaya doğru sürünmeyi başaran ilk büyük cüsseli hayvan oldular. Ancak bu ayakizlerinin yanında yeni fosillerin de keşfedilmesi, bu ilk adımların nasıl ve ne zaman atıldığı sorularını yanıtlamakta ve de yeni bir tartışma başlatmaktadır

Valentia Adası ayakizleri, bilinen tetrapoda izlerinin en uzun olanıdır. Her ne kadar bugün Valentia izleri canlı yaşamının denizden çıktığının sembolü gibi okyanusun kıyısında yer almaktaysa da, bu durum sadece jeolojik bir rast-

lantıdır. O hayvanlar orada yaşadıkları zaman İrlanda Ekvatorun güneyinde ve büyük bir kara parçası içinde yer alıyordu. Aslında, Valentia ayakizleri büyük olasılıkla sığ tropikal bir nehirde bırakılmış olabilir.

10 metre uzunluğundaki düzgün kaya çıkıntısının üzerinde ayrı ayrı, derin ve içine tuzlu su dolmuş durumda güneşte parlayan bu ayakizleri, milyonlarca yıl önce bunları yapan o tetrapoda sanki yavaşça kaya boyunca gezinmiş gibi sıralanmış duruyorlar.

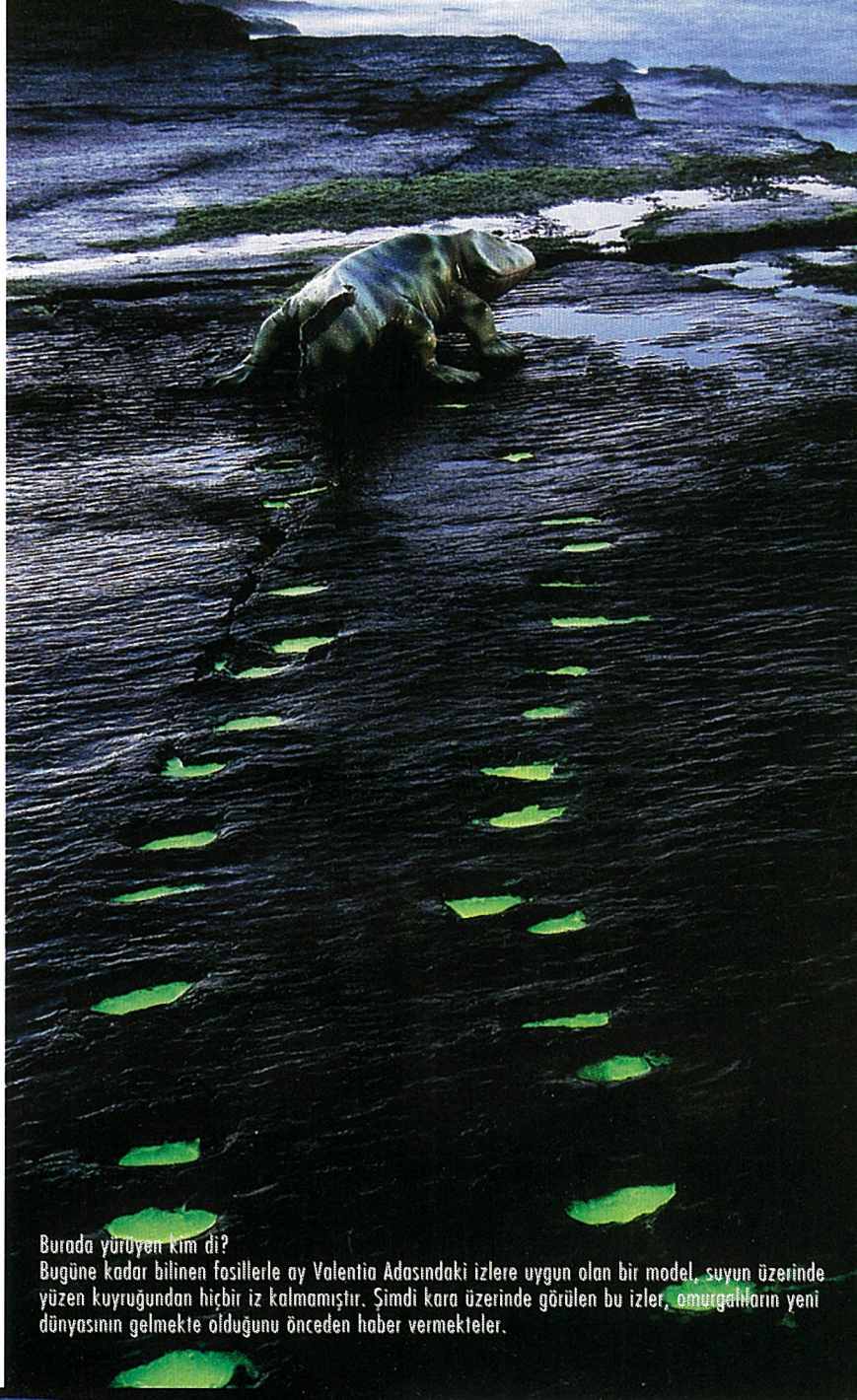
Bu yaratıktan ne yazık ki hiç kemik bulunmadı; elde edilenlerin hepsi bu izlerden çıkartılabilen bilgilerdir. Ayakizlerini ölçen Stössel, hayvanın 90 cm den daha uzun olduğunu ve iri arka ayakları ile adımlarını kuvvetle attığını tahmin etmektedir. Bu ayakizleriyle birlikte arkadan sürüklenen kuyruğa ait bir işaret olmadığından, bilim adamları bu yaratığın kara üzerinde yürümemiş olduğu sonucuna vardılar. Ya da kuyruğunu suyun yüzünde tutarak sığ suyun içinde mi yürümüştü?

410 milyon yıl önceki dönemin

başlangıcında dünyadaki karalar iki büyük kıtaya ayrılmıştı; Eua-merika ve Gondwana. Havadaki oksijen düzeyleri bugünküne yakındı, çünkü fotosentez sırasında bu gazı çıkaran bitkiler 15 milyon yıl önceden topluluklar oluşturmuşlardı. Alg yığımları, bakteri ve mantarlar kıtaların üzerindeki nemli alanların üzerine yayılmışlardı, aynı zamanda kıyı çizgileri boyunca ve taşkın alanlarda kısa, yapraksız, otsu bitkiler yetişiyordu. Karadaki tek iri hayvanlar, bu bitkiyle kaplı bölgede yaşayan örümcek benzeri yaratıklardı.

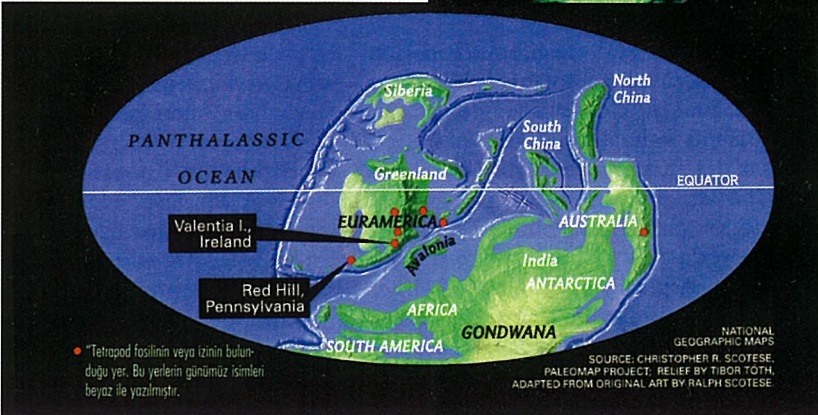
İzleyen 50 milyon yılda Devoniyen dünyasını yeşil renk artarak kaplamıştır, bitki ve hayvanların birbirinden etkilenmesi, kayaların ayrılarak toprağa dönüşmesini sağlamıştır. Dönemin sonuna doğru gezegenin iki büyük kıtası yer yer fundalık ve köknar boyutundaki ağaçların oluşturduğu ormanlarla kaplanmış ve levha tektoniği ile iki kıta tek bir süper kıta haline gelmiştir.

Devoniyen sularını dolduran azman balıkların parçalayıcı çeneleri ve dış yüzey kemiklerinden oluşmuş koruyucu zırhları vardır. Köpek balıkları yaşamlarını geniş ve derin nehirlerde sürdürmüşlerdir. Valentia tetrapodasının atası ise, nehrin kenarına yakın kısmında dev boyutlu yırtıcıların yaşayamayacağı kadar sığ bir ortamda yaşamış balıklardan biridir.



Burada yürüyen kim di?

Bugüne kadar bilinen fosillerle ay Valentia Adasındaki izlere uygun olan bir model, suyun üzerinde yüzen kuyruğundan hiçbir iz kalmamıştır. Şimdi kara üzerinde görülen bu izler, omurgalıların yeni dünyasının gelmekte olduğunu önceden haber vermekteler.



*Tetrapod fosilinin veya izinin bulunduğu yer. Bu yerlerin günümüz isimleri beyaz ile yazılmıştır.

1929 da Grönland'da bulunmuş olan arkaik tetrapodalardan Ichthyostega, İsveç Doğa Tarihi Müzesinde saklanmaktadır. 20. yüzyılın son yıllarına kadar bulunan tek arkaik tetrapoda örneğidir. Çizilen tahmini resminde geniş ve güçlü omuzları, uzun ve yuvarlak bir kuyruğu ile kısa, dayanıklı ayakları olan hayvan, geniş kırsal bir alandaki su birikintisinin kenarında durmaktadır;

Bu resim, eski balıklar üzerinde

Tetrapoda fosillerinin yada fosil izlerinin yerleri. Beyazla yazılanlar bugüne ait isimlerdir.



Cambridge'deki paleontolog Jenny Clack, Boris adını verdiği kısmen balık kısmen sürüngen olan Acanthostega'nın bir "kayıp halka" olduğunu söylemektedir. 1987'de Grönland'dan getirdiği bir kaya parçası içinde bulunduğu Acanthostega kafatasını, 3 yıl boyunca Sarah Finney ile temizledi. Sonunda hayvanın kol bölümünde bir sürprizle karşılaştı; standart olan beş parmak yerine hayvanın sekiz parmağı vardı.



dünyanın önde gelen uzmanlarından biri olan Erik Jarvik'in çalışmalarına dayandırılmıştır. Gençken özgün Ichthyostega türlerini toplamaya başlamış ve 1930'lu yılların başında tetrapodanın deskripsiyonunu üstlenmiştir ve geçen yıl ölene dek bu çalışmalarını sürdürmüştür.

Aynı yıllardaki bazı uzmanlar Jarvik'ten farklı düşünüyorlardı; ayakları gelişmiş olan bu hayvanların zaman zaman kuruyan göllerde yaşamış eski balık popu-

lasyonun içinden çıktığına inanıyorlardı. Onlara göre bu balıklar kendilerini diğer su birikintilerine çekerken yüzgeçlerini kullanmış olmalı. Bu teoriye göre yüzgeçler evrim sonunda ayaklara dönüşmüştür.

Jarvik'ten daha genç olan İsveçli meslekdaşı Bjerring'e göre Ichthyostega, su bitkilerinin zengin olduğu bataklıklarda gelişmiştir. Yoğun bitkiler arasında yüzmek zor olduğundan yüzgeçler ayak haline gelmiştir, çünkü bataklık çamuru içinde ayak daha kolay manevra yapar. Kendisi aslında Ichthyostega'nın kara üzerine adım attığından kuşkuludur. Oysa bugün birçok uzman bunu kabul etmektedir.

Tetrapodaların daha suya bağlı yaşarlarken ayaklarının geliştiğine dair en kuvvetli kanıt, Cambridge Üniversitesi'nin Zooloji Müzesinde çalışan paleontolog Jenny Clack'ın 1987 de Grönland dağlarında bulunduğu bir fosilden elde edilmiştir.

360 milyon yaşındaki Acanthostega diye bilinen bu tetrapoda fosili, Clack'ın laboratuvarına getirdiği bir ton ağırlığındaki kayanın içinde, geçmişe ait izler dikkatle araştırılırken, bulunmuştu. Acanthostega, şimdiye kadar bulunmuş yüzlerce türün arasında, gövdesi tümüyle korunmuş olan Devoniyen tetrapodasıdır. Ona Boris adını vermişti.

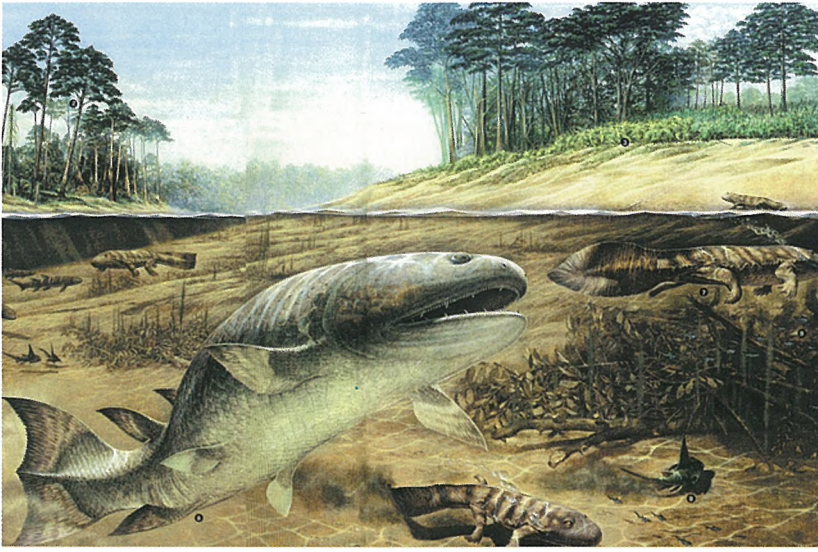
Boris müzede, uyuyan bir köpek şeklinde kıvrılmış olarak, kısmen kayanın içine gömülmüş durumdaydı. Hantal bacakları, neredeyse vücudu kadar uzun bir kuyruğu ve sırtındaki omurgadan bir tarağın dişleri gibi çıkan kısa yüzgeçleri vardı. Ayrıca timsaha benzer uzun burun ile keskin dişlerle dolu bir çene görülüyordu. Clack'a göre Boris kara üzerinde yürümemiştir. Bu düşüncesini destekleyen anatomik nedenler şunlardır: Ayak bilekleri ve dizleri, kara üzerinde onu taşıyamayacak kadar zayıftı. Kaburgaları küçüktü ve

bu küçük kaburgalar gövdesini yerin üstünde tutması için gereken güçlü kasları kaldıramazdı. Balık kuyruğunu karada toprak üzerinde sürüklemek yürümesini yavaşlattı, ya da devamlı olarak kuyruğun derisi sıyrılabildi ve mikrop kapabilirdi. Hem ciğeri hem de solunğaçları vardı.

Boris'in suda yaşadığına dair başka kanıtlar da vardır. Grönland'da bulunan başka bir Acanthostega kafatasında, çene çizgisi boyunca ve gözlerin alt tarafında bir seri delik bulunmaktadır. Bu delikler balığın kafasından kuyruğuna kadar uzanan sinir sisteminin bir parçasına benzerler. Günümüzde aynı tip balık su içinde kendisini avlayacaklarla kendi avlarının hareketinden doğan titreşimleri bu deliklerle algılar.

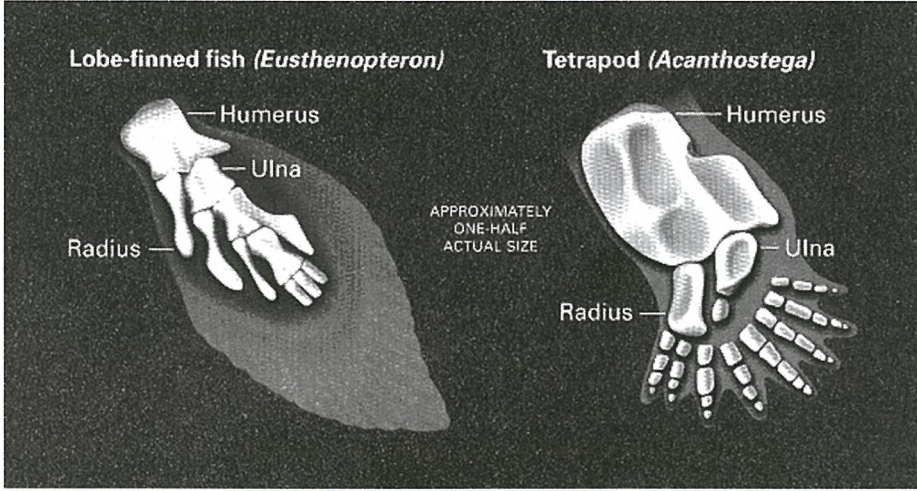
Clack da aynı Bjerring gibi Acanthostega'nın bataklık sularında manevra yapabilmek için ayaklarını ve ayak parmaklarını geliştirdiğini düşünmektedir. Bir nehir-





Ayakların Evrim Geçirdiği Yer: Karaya geçiren 366 cmlik bir neden Hynerpeton (7) benzeri Devoniyen tetrapodları, Hyneria (6) gibi korkusuz balıklarla aynı suları paylaşmışlardı. Her ikisi de Pensilvanya'da Hyner yakınlarında aynı fosil yatağında bulunmuştu; resim orayı temsil etmektedir. Hynerpeton benzeri arkaik omurgalılar sularla yaşamışlardı. Solungaçlarla nefes almışlar ve kuyruğu kullanarak yüzmüşlerdi. Bacakları onların döküntüyü dibe doğru itmelerine ya da akıntılarda yerlerinde tutunmalarına yardımcı olmuştu. Sudaki yaşama bu denli uyum sağlamış tetrapodalar, sonunda neden karaya dönmüş olabilirler? Yırtıcılardan sakınmak ya da kısa bir yürüme ile yiyeceklerini elde edebilmek. Belki de karanın ortasındaki bu su birikintileri, yumurtalarını bırakabilecekleri emin bir yer olmuş olabilir.

1. Lycopsid, ağaç benzeri yosun öbeği,
2. Archaeopteris, arkaik orman ağacı,
3. Rhacophyton, eğrelti otu,
4. Arkaik tohumlu bitki
5. Megalichiyid, yuvarlak yüzgeçli balık
6. Hyneria lindae, yuvarlak yüzgeçli balık (244-366 cm)
7. Hynerpeton bassetti, tetrapoda (91-122 cm)
8. Groenlandaspisid, plaka derili balık,
9. Arkaik ışınal yüzgeçli balık



Yürümek İçin Gerekli Aletler: Bütün kara omurgalarının uzunlarındaki üç kuvvetli kemik, geriye doğru yuvarlak yüzgeçli balıkların yüzgeçlerine kadar izlenebilir. Ayaklar önce sudaki yaşam için gelişme göstermiştir; çünkü arkaik tetrapodaların kol kemikleri suyun kaldırma kuvveti olmadan hayvanın ağırlığını kaldıramayacak kadar zayıftır. Aynı kısımlar daha sonra kara üzerinde yürümeye uyum sağlamıştır.

de ancak bitki ortamına uyum sağlayabilen oradaki yaşamı sürdürülebilir, bulanık suda yolunu bulabilir, avlanmak için çamuru kazabilir, daha iri yırtıcıların yüzmelerinin zor olduğu bitkiyle dolmuş sularla sürüklenerek onlardan korunabilir.

Londra'daki Doğa Tarihi Müzesi'nde çalışan genç bir paleontolog, Per Ahlberg, kuzeydoğu İskoçya'da Scat Craig denen yerde, diğer akrabalarına göre daha erken Devoniyen'de yaşamış yeni bir tetrapodanın parçalarını buldu. Scat Craig'in yakınındaki bir kentin adından dolayı Elginerpeton olarak adlandırılan bu hayvan, ayaklarının ne zaman ve nasıl geliştiğine dair her basit öyküyü karmakarışık etmektedir. Sadece çenesi, pelvisi,

omuzu ve ayakları bulunmuştur. Bu parçalara göre Elginerpeton 150 cm uzunluğundaydı ve zaten güçlü olan gelişmiş arka ayakları vardı.

Bu arkaik tetrapodalar acaba karada mı yaşıyorlardı? 370 milyon yıl evvel yaşamış olan Elginerpeton, bazı tetrapodaların Devoniyen'in başlangıcında sudan çıkmış olduğunu kanıtlayabilir mi?

Arka ayağında özel bir büküm bulunduğundan, bacak aynen bir kertenkele ya da timsah gibi yanlarda dışa doğru basmakta, ancak ayağın tabanı yere değil de geriye bakmaktadır. Bu tarz yürümek hiç rahat değildir, çünkü hayvan ayağını yere düz basamıyor. Ancak sığ su içinde yürümek için ideal olabilir.

Diğer uzuvlar ise niçin sanki kara üzerinde sürünmek için gelişmiş benzerdir? Ahlberg'e göre, Elginerpeton'un ataları su içinde ya da kara üzerinde yürüme becerisini kazanmışlardı. Ancak Elginerpeton'un bilinmeyen bir nedenle gene sudaki yaşama geri dönmüş olduğundan şüphelenilmektedir.

Elginerpeton'un ataları karada kalan diğer tetrapodaların gelişmesine neden olmuş olabilirler. 1984 te bir Rus paleontologu, Tulerpeton adı verilen bir tetrapodanın sadece uzuvlarını buldu, sanki sürüklenme için yapılmış gibiydiler. Ancak gene de onun karada yaşadığını söylemek biraz güç, zira eski balık fosilleriyle beraber bulunduğu yer Devoniyen sırasında göl kıyısıydı.

Birleşik Amerika'da bulunan tek Devoniyen tetrapodası olan Hynerperton 365 milyon yaşındadır ve şimdiye kadar bulunanların arasında en yaşlı üçüncü tetrapodadır. Eğer Hynerperton gerçekten karada yaşamışsa, karadaki hareketin daha erken olduğu sonucu çıkarılır. Bazı tetrapodalar suya geri dönerken, diğerleri yeni karasal ortamlarda başarılı olmuş olabilirler. Milyonlarca yıl geçtikten sonra, Karbonifer ve Permiyen'de, dinazorların ve memelilerin ataları bunlardan türemiştir.

Daeschler, Hynerperton'un omuz parçasını bulduğu Red Hill denen yerde tetrapodaların öncülük ettiği dünyaya ait daha fazla ipuçları aramaktadır. Grönland ve Avrupa'nın Devoniyen fosillerinin ortaya çıktığı kırmızımsı kumtaşının aynısı olan bu mostra bir yol yapımı için açılmıştır. Bu kumtaşları, uzun süren Devoniyen devrinde geniş alanlara yayılmıştır. Ayrıca geç Devoniyen'i simgeleyen balıklar, artropodlar ile bitkilerin çok çeşitli türleri, burayı bu periyotta dünyanın en önemli yerlerinden biri yapmıştır.

Aynı yerde bulunan 0,6 cm uzunluğunda örümcek benzeri bir hayvanın fosili tam bir tetrapoda olmasa da, yeni bir tür olarak araknidlerin geçirdiği evrimdeki önemli bir boşluğu doldurmaktadır.

Aslında bulunabilen bir ayak kemiği ya da parmak sayısı bile kısmen tatmin edici olabilir. Paleontologlar, her zaman beş parmağın standart olduğuna dair tahminleri altüst eden sekiz parmaklı ayaklara sahip tetrapodalar bile buldular.

Uzuvlar, tetrapodaların torunları olan bizlerin kullandığından olasılıkla daha farklı neden için evrim geçirmiştir. Zaten evrim böyle çalışır. Evrim geçiren her şey bir problemi çözer ve dünya kadar yeni olasılıkları başlatır. İnsanların



Yürümek İçin Gerekli Aletler: Bütün kara omurgalarının uzuvlarındaki üç kuvvetli kemik, geriye doğru yuvarlak yüzgeçli balıkların yüzgeçlerine kadar izlenebilir. Ayaklar önce sudaki yaşam için gelişme göstermiştir; çünkü arkaik tetrapodaların kol kemikleri suyun kaldırma kuvveti olmadan hayvanın ağırlığını kaldıramayacak kadar zayıftır. Aynı kısımlar daha sonra kara üzerinde yürümeye uyum sağlamıştır.

tetrapodalardan miras aldığı uzuvların neler yaptıklarını düşünelim. Sadece bizim türümüzü karaya yerleştirmede, ayrıca koşmamıza, iş yapmamıza, resim çizmemize, müzik yapmamıza fırsat verdi. Gerçekten bazı bilim adamlarına göre eğer tetrapodalar ayaklarını geliştirmeselerdi, insanlar hiç bir zaman bu kadar büyük beyne sahip olamazlardı.

Erik Jarvik'e göre bu gelişmenin hangi amaca hizmet etmiş olduğu, ancak beş parmaklı eli hangi olağanüstü nedenle kazandığımız açıklanabildiği zaman anlaşılacaktır. Yani, insanın ortaya çıkışı ve insanlık kültürünün yükselmesi böyle bir evrime dayanmaktadır.

Gerçekten bu rastlantısal keşif olmasaydı, İrlanda'nın güneybatısındaki Valentia Adasında ya-

şayan 80 yaşındaki Joseph O'Shea, ıssız bir kumsalda bulunan 150 kadar fosilleşmiş ayak izlerini görmeye gelenlere kendi boğum boğum olmuş parmağını kaldırıp denizin kenarındaki o izleri gösteremezdi.

Çeviren:

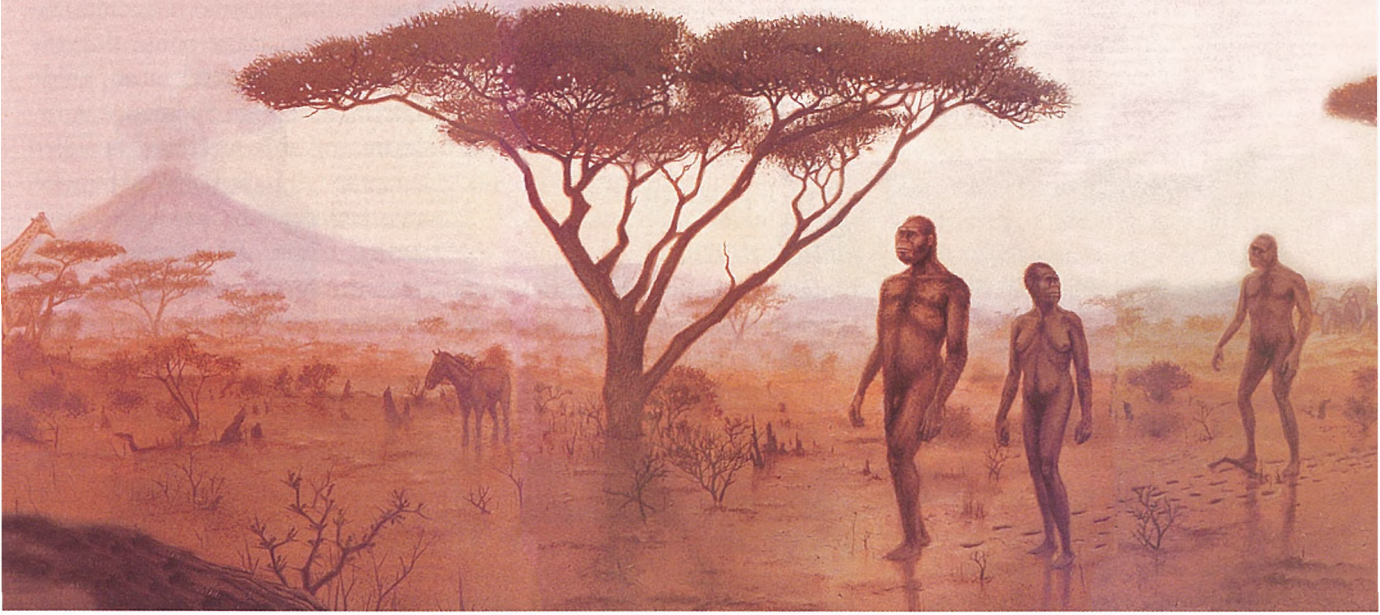
Ayşin Dora

Jeoloji Yüksek Mühendisi

NATIONAL GEOGRAPHIC'in 1999 Mayıs tarihli Mecmuasında yayınlanan "From Fins to Feet" isimli metin KERRI WESTENBERG tarafından yazılmıştır. Fotoğraflarını JONATHAN BLAIR çekmiştir.

Fotoğrafların bilgisayara uyarlanması ve yardımcıları eşirgemeyen Jeo. Müh. Serdar MAYDA ile, yapıcı eleştirilerinden yararlandığım Doç. Dr. Tanju KAYA'ya teşekkür ederim.

Üç erken insansı, bir sanatçının Laetoli'deki ayak izlerini bırakanlara ilişkin tablosunda, 3.6 milyon yıl önce volkanik küllerle kaplı bir araziye geçiyor. Bir iri erkek başı çekerken, daha küçük bir kadın yanında yürüyor ve orta boy bir başka erkek iri erkeğin ayak izleri üzerinde ilerliyor.



Laetoli'deki Ayak İzlerini Koruma

Doğu Afrika'daki insansı (hominid) ayak izlerinin keşfi insan kökenlerinin araştırılmasını yeniden şekillendirdi. Şimdi, korumacılar narin izleri yok olmaktan kurtarıyorlar.

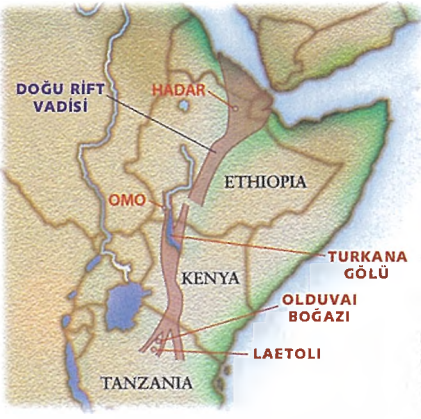
Antropoloji yıllıklarının en dikkat çekici olaylarından biri 20 yıl önce, Kuzey Tanzania'daki Laetoli adlı bir bölgede gerçekleşti. Ünlü arkeolog Mary D. Leakey'in liderliğindeki bir araştırma takımı, milyonlarca yıl önce bütün Doğu Afrika'ya yayılmış olan erken insansı fosillerini araştırıyordu. 1976 yazında, arazideki uzun bir günden sonra Leakey kampının üç ziyaretçisi kuru fil tezeği parçalarının karşılıklı fırlatıldığı bir şamataya katıldılar. Paleontolog Andre Hill vurulmamak için kendini yere attığında, açıktaki bir tuf-volkanik külün birikmesiyle oluşan bir

çökel kayaç- tabakası üzerinde, hayvan izlerine benzeyen bir şeyleri farketti. Alanı daha yakından incelemeleri üzerine bilim adamları fillerin, zürafaların, gergedanların ve nesli tükenmiş birkaç memeli türünün ayak izleri de dahil binlerce fosilleşmiş iz buldular. Fakat en olağanüstü bulgu iki yıl sonra, Leakey'in takımına katılan jeokimyacı Paul I. Abell, Ngarusi nehrinin aşındırdığı bir oyuğun kenarında insan ayak izlerine benzeyen şeyleri bulduğunda geldi.

Ayakizli tüftteki kazılar 1978 ve 1979'da, 27 metre kadar uzanan paralel iki insansı ayakizi dizisini

ortaya çıkardı. Volkanik çökeller radyometrik olarak 3.4 ile 3.8 milyon yıl eskiye tarihlendiler. Bu keşif, uzun zamandır süregelen bir bilimsel tartışmayı sona erdirdi. Laetoli ayak izleri erken insansuların, taştan alet yapımının keşfinden veya insan beyninin boyutundaki gelişmelerden uzun zaman önce tamamen iki ayaklı olduklarını - yani dik durduklarını ve iki ayakları üzerinde yürüdüklerini kanıtladı.

Dahası, ayakizi dizisi, insansı ayaklarının yumuşak dokuları ile adım uzunlukları hakkında, fosil kemiklerden belirlenemeyecek bilgileri sağladı. Bu nedenlerden



Laetoli sahası, pek çok insansı fosilinin bulunduğu Büyük Rift Vadisi'nin doğu uzantısında yer alır. Diğer iyi bilinen insansı yerleri Etiyopya'da Hadar ve Omo, Kenya'da Turkana gölü ve Tanzania'da Olduvai Boğazi'dir.

ötürü Laetoli ayakizleri bilimciler ve kamuoyundan fevkalade büyük bir ilgi gördü. 1996'da ölen Leakey bu keşfini, kendisinin Doğu Afrika'daki altmış yıllık çalışmasının taçlandırıcı başarısı olarak gördü.

Ayak izlerinin bilimsel değere sahip olduğu açıktır. Onlar insanlığın geçmişine ilişkin temel soruları yanıtladılar. Ancak onlar derin bir kültürel simge özelliği de taşırlar. Güçlü bir çağrışım yoluyla, o erken insansuların izlerinin insan soyunun uzun evrimsel tarihini temsil ettiğini söyleyebiliriz. Ayak izleri, türümüzün gelişiminde belli bir ana tanıklık eder ve bize binlerce bin yılın ötesinden doğrudan seslenirler.

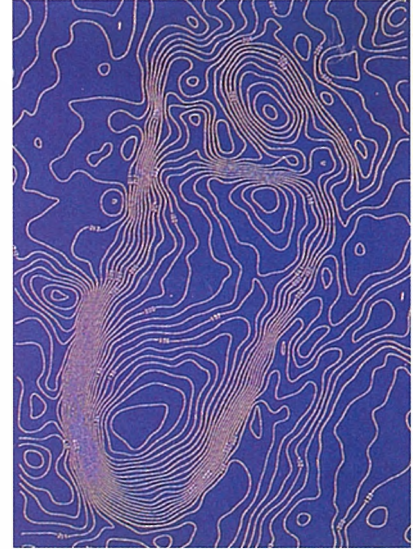
Geçen altı yıl süresince Getty Koruma Enstitüsü, -Kültürel Mirası Koruma ile ilgili Los Angeles merkezli bir kuruluş- Laetoli ayak

izlerinin gelecek yıllarda bozulmadan kalabilmesini sağlamak için Tanzanya makamlarıyla birlikte çalıştı. Bir korumacılar ve bilimciler takımı ayak izlerini, iz yolunu tehdit eden aşındırma, bitki büyümesi ve diğer bozucu etmenlerden korumak için bir projeyi henüz tamamladılar.

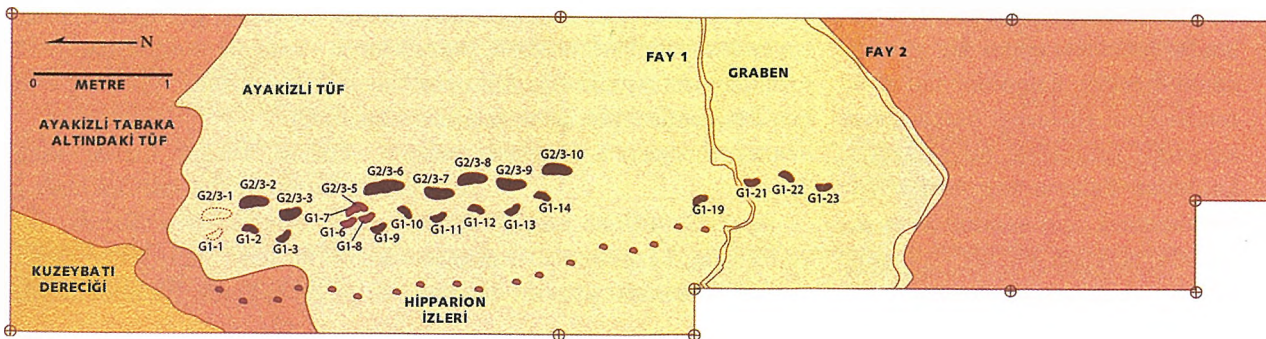
Bir Pliyosen Püskürmesi

İskelet kalıntıları, fosil kayıttan çamur veya volkanik kül döküntülerindeki izlerden daha yüksek korunabilirlik şansına sahiptir. Yine de yaşları Paleozoyik döneme, hatta 500 milyon yıl kadar eskiye giden pek çok hayvan izi bütün dünyada bilinmektedir. Hayvanlar yaşamları boyunca pek çok iz bırakırken, öldüklerinde yalnız bir kemik takımı arta kaldığından istatistiksel olarak bazı izlerin fosil izler şeklinde korunabilmesi öylesine şaşırtıcı değildir. Laetoli yüzleğinde korunan izlerin türü ve sayısı yine de olağan değildir. Laetoli'de izlerin keşfedildiği 16 yerden en büyüğünde yaklaşık 800 m²lik bir alanda 17 hayvan familyasını temsil eden tahminen 18.000 iz bulunmaktadır. Laetoli, tektonik açıdan aktif bir alan olan Büyük Rift Vadisi'nin (Great Rift Valley) doğu uzantısında yer alır. Pliyosen'de, yaklaşık 3.6 milyon yıl önce, Laetoli'nin 20 km kadar doğusunda bulunan Sadiman volkanı,

çevredeki savanlarda tabakalar halinde çökelen kül bulutları püskürtmeye başladı. Volkanın aktif döneminin bir anında bir dizi volkanik püskürme Afrika kurak mevsiminin bitişine rastgeldi. Hafif bir yağmurdan sonra bölgede yaşayan hayvanlar ıslak külde izlerini bıraktılar. Sadiman'dan fırlayan volkanik malzeme, ıslakken çimento gibi davranan karbonatit minerallerince zengindi. Kül tabakaları, bütün alanı kaplayan binlerce hayvan izini koruyarak sertleşti. Kısa bir süre sonra Sadiman, ayak izlerini gömüp fosilleştiren ilave kül tabakaları çökelterek yeniden püskürdü. Sonunda, milyonlarca yıl boyunca erozyon, ayak izli tüfü yeniden ortaya çıkardı.



G1-36 numaralı insansı ayakizi, yüksek çözünürlüklü bir kamerayla örtüşen iki fotoğraf çekilerek oluşturulmuştur. İzin tabanındaki derin bölge insansının, bütün ağırlığını topuğuna yükleyerek tıpkı modern insan gibi yürüdüğünü gösteriyor. Ayak izinin boyu yaklaşık 20 cm'dir.



İki paralel dizi açıkça insansı ayak izleri olarak tanımlanabilen toplam 54 ayakizi içermekteydi. Toprak örtüsünün kalınlığı, aynı zamanda ayakizlerinin ilk keşfedildiği yer olan izyolunun kuzey bitiminde birkaç santimetreden güney uçta 27 santimetreye kadar değişiyordu. Kuzeyde ayak izleri Ngarusi nehrinin açtığı geniş derin derecikte son buluyordu. Güneyde faylanma ve erozyon, izleri ayırt etmeye hiçbir şans tanııyordu. İzyolunun kendisi de, ortasına yakın kesimde, tektonik aktivite yüzünden faylanarak bir graben

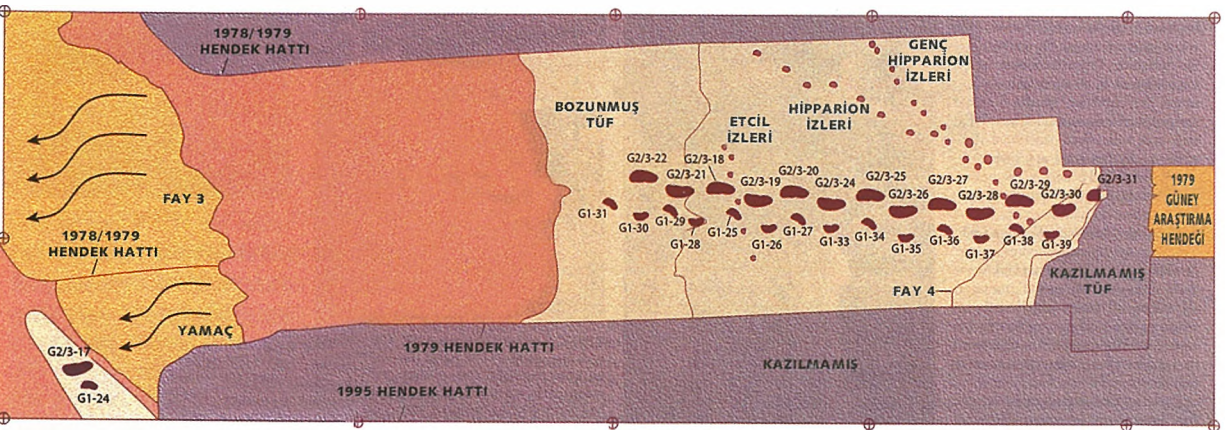
şeklinde 20-40 santimetre çökmüştü. İzyolunun bir kısmı da yoğun olarak bozunmuştu. Bu bölümde tuf kuru çamura dönüşmüş ve ayak izleri kötü derecede korunmuştu. Fakat izyolunun daha az bozunmuş kısmında korunma topuk, kavis ve başparmak gibi yumuşak doku anatomik özelliklerinin açıkça tanınmasına olanak verecek ölçüde iyiydi.

Paleoantropoloji alanında sıkça olduğu gibi, kısa zaman sonra kanıtların yorumlanması ile ilgili bir uyuşmazlık patlak verdi. Uyuşmazlık noktalarından biri ayak

izlerini yapan insansuların türüydü. Leakey'in takımı, Laetoli bölgesinde izyoluyla aynı yaşta fosilleşmiş insansı kemiklerini bulmuşlardı. Çoğu bilimci bu insansuların Doğu Afrika'da 3.0 ile 3.9 milyon yıl önce yaşamış Australopithecus afarensis türüne ait olduğuna inanır. Aslında Laetoli insansı kalıntılarında biri, dokuz dişi yerli yerinde olan bir çene kemiği, A. afarensis için bir tip örnek veya tanımlayıcı fosil haline geldi (1974'te Etyopya'da keşfedilen "Lucy" olarak bilinen ünlü insansı iskeleti bu türün diğer bir temsilcisidir). Fakat Leakey Laetoli hominidlerinin A. afarensis'in türleri olduğunu kabul etmedi; onların herhangi bir türe atfedilmesine karşı çıktı (Leakey keşiflerinin yorumunda ihtiyatlıydı). Yine de O, Laetoli ayakizlerini yapanların insan soyunun doğrudan çizgisi üzerinde bulunduğuna kuşkusuz inanıyordu.

Bir başka uyumsuzluk iki paralel iz sırasını yapan insansuların sayısı ile ilgiliydi. Bir sırada ayakizleri küçük ve belirgin, diğerinde ise daha büyük ve daha az açıktı. Bazı bilimciler izlerin yan yana veya birbirine yakın yürüyen iki insansı tarafından -olasılıkla bir dişi ve bir erkek- yapıldığını iddia

G1-25 numaralı izin 1979'da ilk keşfedildiğinde (solda) ve 1995'te yeniden kazıldığı zamanki iki fotoğrafı. İz geçen zamanda hafif hasar görmüştür.



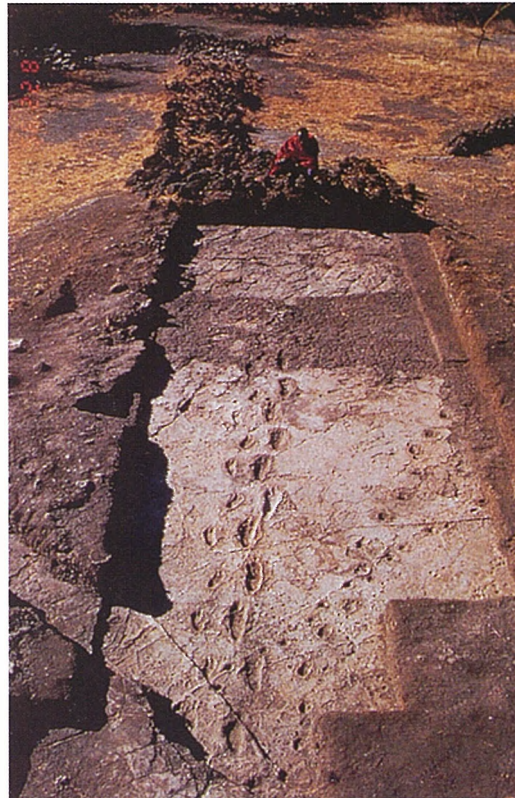
İnsansı izyolu iki paralel sıra halinde kuzeye doğru giden 54 ayakizinden oluşuyor. G1 sırasında izler küçük ve belirgindir. G2/3 sırasında ise izler, birbirine yakın yürüyen iki insansı tarafından yapıldıklarını gösteren bir biçimde daha geniş ve daha az belirgindirler.

ettiler. Diğer bilimciler izlerin üç insansı tarafından yapıldığına inandılar. Şimdi çoğu paleoantropoloğun paylaştığı bu görüşe göre daha büyük ayakizleri sırası, ikinci insansının bilerek ilkinin izlerine bastığı iki birey tarafından yapılmıştı.

Ayakizleri başka esrarengiz sorulara da yol açtı. İnsansılar nereye gidiyordu? İnsansıların geriye doğru, geldikleri yere bakarmışçasına -patikanın kuzey kesimindeki dört ayakizinin konumu bunu açıkça gösteriyor- adımlarını daraltmalarına yol açan neydi? Bir aile topluluğu mu idiler? Bir şey taşıyorlar mıydı? Ve nasıllaşıyorlardı? Bu sersemletici sorular hiçbir zaman yanıtlanamayacaktır; yine de bilimciler Laetoli'den çekip çıkarılan kanıtları insansı izlerin bırakıldıkları anı yeniden yaratma girişiminde kullanabilirler.

Ayakizleri üzerine uyuşmazlığın çoğu pek az bilimcinin izleri birinci elden çalışma fırsatına sahip olmasından kaynaklandı. Her arazi mevsiminin sonunda Leakey'in takımı korunması için izyolunu yeniden gömdü. Fakat daha önce takım üyeleri izlerin en iyi korunan bölümlerinin kalıplarını çıkardı ve alanı tam olarak belgeledi. Araştırmacılar fotogrametri adı verilen bir süreçle iki ayrı açıdan fotoğraflayarak bazı izlerin üç boyutlu eş yükseklik haritalarını yarattılar. Leakey daha sonra çalışmalarını birkaç yazarla birlikte sadece insansı izleriyle değil aynı zamanda pek çok hayvan izleriyle ve Laetoli yöresinin jeolojisiyle de ilgili bir anıtsal monografide yayımladı.

Leakey grubunun topladığı fosilleşmiş polen ve bitki izlerini de kapsayan kanıtlar Pliyosen zamanları boyunca Afrika Savana'sının benzersiz bir kaydına ve



Yeniden kazı 1995'te izyolunun güney bölümünden başladı (sağ üst foto). Korumacılar ayakizli tüfe işleyen akasya köklerini söktüler (sağ orta), sonra dolguyu ayakizlerinin üzerinden kaldırdılar (Sol üst). Yeniden kazılan izyolu (sol altta) polaroid kamera kullanılarak (sağ altta) fotoğraflandı.

insansı izyolunu daha iyi anlayabileceğimiz bir çerçeveye olanak sağladı.

Kök Sorunu

Laetoli ayakizlerindeki arazi çalışması 1979 sezonu ile birlikte sona erdi ve Leakey'in takımı alanı yeniden örtmek için civardaki akarsu kumlarını kullandı. Tüf yumuşak ve kolay zedelenebilir olduğundan, kumun üstü aşınmaya ve bazen bölgeye akın eden -özellikle fil ve civarda yaşayan masai halkının sığırları gibi- bazı hayvanlara karşı korumak için volkanik bloklarla kaplandı. Şimdi biliyoruz ki iri ve hızlı büyüyen bir ağaç türü olan *Acacia seyal*'in tohumları örtü dolgusuna elde olmadan karışabiliyor. Gevşek dolgu ve blokların sağladığı fiziksel koruma ve nem tutma bitkinin filizlenip çabuk gelişmesine yardım eden bir ortam yaratıyor. İzleyen on yıl boyunca akasyalar ve diğer ağaçlar iki metrenin üzerinde boylara ulaştılar. Laetoli'yi zaman zaman ziyaret eden bilimciler bu ağaçlara ait köklerin ayakizlerine nüfuz edip sonunda onları tahrip edebileceğini dillendirmeye başladılar.

1992'de, Tanzanya Hükümeti'nin Eski Eserler Şubesi, arkeolojik yerlerin korunmasında geniş birikime sahip Getty Koruma Enstitüsüne, bu izyolunun nasıl korunabileceğine ilişkin olarak bir yaklaşım gösterdi. Bir sonraki yıl, Enstitü'den ve Eski Eserler Şubesi'nden oluşturulan bir ortak takım, insansı ayakizlerinin duru-

munu saptamak üzere, örtü yığınının bir örnek hendek kazdılar. Kazı ağaç köklerinin bazı izlere kesinlikle ulaşmış olduğunu gösterdi; fakat, kök hasarının hiç olmadığı alanlarda izlerin korunması mükemmeldi. Leakey'in sezgisel alanı örtme kararı doğru bir karardı. Bu ipucuyla, artık alanın nasıl gömüleceğine ilişkin daha fazla dikkat harcanması gerektiği-



Leakey'in izyolu kalıpları ayakizleri kazısının son evresinde yalgösterici olarak kullanıldı (üstte). İzler bir kez yüzeye çıkarılıp fotoğraflandığında korumacılar her izin durumunu, kök büyümesi ve aşınma yüzünden hasar görenleri belirterek tek tek kaydettiler (altta).

ni söyleyebiliyoruz. Aynı zamanda, daha kök salmadan ağacın filizlenmesine engel olmayı da içeren dönemsel gözetleme ve bakım uzun ve pahalı bir koruma çabasının gerekliliğini de ortadan kaldırabilir.

Getty Koruma Enstitüsü ve Tanzanya hükümeti projede ortaklaşmayı kabul ettiler, fakat arazi çalışması başlamadan önce deği-

şik seçenekler düşünülmeliydi. Kemik fosilleri bildik bir biçimde, çalışılmak ve sürekli koruma için laboratuara taşınıyordu. Kuşkusuz onları arazide bırakmak düşüncesizlik olurdu, kuşkusuz hasar görebilirler veya kaybolabilirlerdi. Ancak, insansı ayakizi yolu tamamen kaldırılıp Tanzanya'da bir müzeye mi taşınmalıydı? Ayakizlerini zedeledikten bunu yapmak teknik olarak mümkün müydü? Bazı bilimciler, ayakizlerini korumanın tek yolunun bu olduğu şeklindeki düşüncelerinde ınatçıydılar.

Yine de, ayakizlerinin taşınması oldukça riskli olabilirdi, çünkü böylesine büyük bir patikanın kesilmesi, kaldırılması ve taşınması teknikleri henüz kendini kanıtlamamıştı. Ayakizli tüf homojen bir tabaka olmaktan uzaktır. Her biri farklı bozunma, sertlik ve koheziona sahip çok sayıda ince volkanik kül tabakalarından oluşur. Tüf, uzun vadede sonuçları bilinmeyen bir müdahale olarak reçine ile sertleştirmeksizin, kaldırıp taşıma sırasında kırılma muhtemelen gerçekleşecekti. Dahası, ayakizi patikasını veya tek tek ayakizlerini taşıma, onları aynı zamanda oluştukları pek çok hayvan izinden ayıracaktı. Sonuçta insansı izlerinin anlamının bir kısmı -diğer Pliyosen türlerinin izleriyle birlikte onların Doğu Afrika'nın Savana Peyzajı'ndaki yeri- kaybolabilecekti.

Bir diğer öneri seçeneği ayakizi patikasını, üzerine koruyucu bir bina dikerek muhafaza etmektir. O zaman bu yer halka açılacak ve ayakizleri ziyaretçi araştırma-

cılar tarafından çalışılabilecekti. Ancak, Laetoli bölgesi ıraktır. Buraya yol yoktur, yakınlarda su veya elektrik hattı bulunmamaktadır. Tanzanya'daki deneyimler uygun finansman, eğitilmiş personel ve yeterli bir altyapı olmaksızın alanı korumanın, ayakizlerini korumaktan ziyade berbat olmasına yol açarak bir facia yaratacağını göstermiştir. Kaynakların zengin olduğu ülkelerde bile, planlama yetersiz olduğunda, ya da iklim-denetimli muhafazaların umulduğu kadar işe yaramadığı zamanlarda arkeolojik yerler zarar görmüşlerdir. Dahası, hiçbir korunak izyolunu bozunmadan tam olarak koruyamaz: zemindeki nem, mevsimsel olarak kılcallık etkisi ile yüzeye doğru yükselir. Sudaki çözünmüş tuzlar yüzeyde nihayetinde izyolunu parçalayacak gerilmelere neden olarak kristalleşir. Kurak mevsim boyunca izler üzerindeki toz birikimi sürekli temizlemeyi gerektirir, buysa en sonunda hasara yol açabilecektir.

Üçüncü seçenek izyolunu yeniden kazmak, ona zarar veren bitkileri uzaklaştırmak ve sonra ayakizlerine zarar verebilecek bitki köklerini engelleyecek önlemleri alarak alanı daha dikkatlice yeniden gömmektir. Yeniden gömme kanıtlanmış bir koruma yöntemidir. İzolu yeraltında milyonlarca yıl boyunca korundu; eğer yeniden gömülürse aşındırma, fiziksel hasar ve hızlı nem dalgalanmalarından korunabilecekti. Örtü malzemesi kolayca kaldırılabilir de. Tüf, diğer seçenekler gelecekte daha yapılabilir hale geldiğinde kolayca üzerindeki örtüden kurtulabilir. Bu nedenlerden ötürü Getty Koruma Enstitüsü yeniden gömmeyi önerdi. 1993'te Tanzanya Eski Eserler Şubesi bu öneriyi izlemeye karar verdi ve planın uygulanmasına yardımcı olmak üzere bir komite oluşturuldu. Leakey ve diğer iyi bilinen paleoantropologlar, Tanzanya resmi makamları ve Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Organizasyonu'ndan bir

bölge temsilcisi tartışmaya katıldılar.

Ayakizlerini Koruma

Koruma projesi 1994'te başladı. O yılın arazi mevsimi boyunca örtü tümseği ve civarında büyüyen ağaç ve çalılar kesildi. Yeniden büyümelerini önlemek için, koruma takımı ağaç gövdelerine biyo-bozunabilir bitkiyok-ediciler uygulandı. Toplam olarak 69'u doğrudan örtü tümseği üzerinde bulunan toplam 150 ağaç ve çalı yok edildi. İzolunun yeniden kazılmasına 1995 ve 1996 arazi mevsimlerinde, güney kesimden başlamak üzere girişildi. Bu kesim yeniden bitki gelişiminin en kesif olarak ortaya çıktığı ve tesadüf eseri, 1979'da keşfedilen en iyi korunmuş ayak izlerinin bulunduğu alandı. Arkeologlar ve korumacılar insansı ayakizlerinin tam konumlarını bulmak için Leakey'in izyolu fotoğraflarını kullandılar. Ayrıca, kopyası çıkarılan, uygun kısalıkta-



İnsansı ailesi üyeleri Sadiman Volkanı'ndan çıkan küllerde izlerini bırakıyorlar.

ki kesitlere oyulan ve yeniden kazmanın son aşamasında bir rehber olarak kullanılan ayakizi dolguları da oldukça yararlı oldu. Kazı alanı üzerine kurulan bir geçici korumak, alanı doğrudan gün ışığından korudu ve izyolunda çalışanları gölge oluşturdu.

İzyolunun güney kesiminde, ağaçlar, tütün sertliği yüzünden şans eseri derin ana kökler yerine sığ ve ikincil kökler geliştirmişlerdi. Sonuç olarak korkulandan daha az bir hasar vardı ve ayakizlerinin çoğu genellikle iyi durumdaydı. Yine de tütün bozunduğu yerlerde kökler ayakizlerine işlemişlerdi. Buralarda koruma takımı, civar alanlardaki parçalanmış tüfleri su temelli bir akrilik çözelti ile sağlamlaştırdıktan sonra ağaç kök ve gövdelerini cerrahi bir müdahaleyle uzaklaştırdı. Takım üyeleri kökleri kesmek için minyatür döner testereler, izyolunun yüzeyine nüfuz etmiş bölümleri söküp çıkarmak için başka özel düzenekler kullandılar. Uzaklaştırılan köklerin bıraktıkları boşluklar bir akrilik ağda ile dolduruldu ve ufalanmaya karşı duraylılık için silika ile tütsülendi.

Bir yerin durumunun kayıtlanması en önemli ve zorlu koruma çalışmalarından biridir. Takım, gelecekteki araştırmacıların değişimleri tahmin edebilmelerine olanak sağlayacak asgari verileri elde edebilmek için yüzeydeki izyolunun tam bir incelemesini gerçekleştirdi. Bir polaroid kamera kullanarak takım üyeleri ayakizlerinin 8x10 inç'lik renkli fotoğraflarını çekti. Daha sonra fotoğrafların üzerine asetat yaygılar serdiler ve üzerlerine nerelerde kırık, tuf kaybı ve sokulmalı kök büyümeleri olduğunu ve diğer göze çarpan bilgileri not ettiler.

Yeniden kazı sırasında, korumacılar her bir insansı ayakizinin

içinde ve çevresinde siyah benekleri fark ettiler. Bu kararına Leakey takımının kalıplarını çıkarmadan önce ayakizlerini güçlendirmek için kullandığı bir akrilik tıkHzlaştırıcı olan Bedakril'in kullanılmasından kaynaklanıyordu (Kalıpları çıkarmak için izyoluna silikon dolgu uygulandı, sonra bunlar sökülüp alındı ve fiberglas dolguların yapılmasında kullanıldı). Beneklenmenin öngörülemeyen bir yan etkisi oldu; her ne kadar Bedakril ayakizlerine hasar vermediyse de okunabilirliklerini ve sonuçta bilimsel değerlerini azalttı. Bedakril, ayakizlerini aseton ve doku kağıdıyla nazikçe sararak uzaklaştırılabilir, fakat alttaki tütün kırılğan olduğu yerlerde ayakizlerinin hasar görme riski nedeniyle yalnızca iki ayakizi temizlendi.

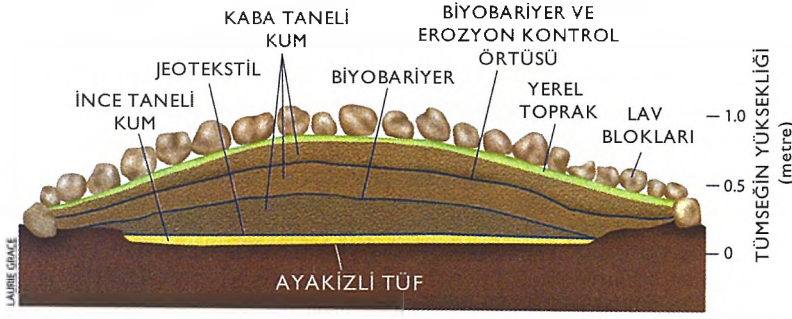
Az sayıda araştırmacının yüzeylenmiş ayakizlerini görmüş olduğu olgusunu dikkate alarak -bilimsel literatürün çoğu kalıplara ve fotoğraflara dayanıyordu- Tanzanya Eski Eserler Şubesi, henüz koruma ve kayıtlama çalışmaları sürerken bir grup bilimciye izyolunu yeniden incelemek üzere çağrıda bulundu. Cleveland Doğa Tarihi Müzesi fiziksel antropoloji uzmanı Bruce Latimer, Rutgers Üniversitesinden bir jeolog Craig S. Feibel ve Zürih Üniversitesi Antropoloji Müzesi uzmanı Peter Schmid Paleoantropoloji dalında uzman olarak Laetoli'ye gelmek üzere aday gösterildiler. Bunların çalışmaları insansuların yürüme şekilleri, boyları ve ayakizlerinin biçimsel bir tanımlamasını ve ayakizli ince tuf tabakalarının incelenmesini içeriyordu.

Ayakizlerinin üstü bir kez açılıp kök hasarı giderildiğinde bir fotogrametri takımı, izlerin yeni bir eşyükseklik haritasını yapmak üzere izyolunu kayıtladı. Yeni ha-

ritalar, Leakey takımının 1979'da yaptığı haritadan çok daha iyi, milimetrenin yarısı içinde bir doğruluğa sahipti. Laetoli izyolu, bugün belki de en yoğun olarak kayıtlanmış paleontolojik yerlerden biridir. Yeni fotoğrafı, haritalama ve ayrıntılı durum araştırmaları, Leakey'in arazi mevsimleri boyunca derlediği temel kaydına muazzam arşiv verileri ekledi. Bütün bu malzeme Cape Town Üniversitesi jeomatik bölümünün işbirliğiyle geliştirilen bir elektronik veri tabanında toplandı.

Koruma ve kaydetme tamamlandığında izyolu, yakındaki Ngarusi ve Kakesio nehirlerinden ve hemen civardan getirilen ardlı toprak ve kum tabakaları ile gömüldü. Dolgu, kaba malzeme ve akasya tohumlarını uzaklaştırmak üzere elendi. Koruma takımı ayakizleri üzerine ince taneli kum serpti, sonra yüzeyin beş santimetre kadar üstüne bir bellilik seviyesi olarak bir tür su geçirmez polipropilen malzeme olan jeotekstil örtüleri yerleştirdiler. Daha sonra takım üyeleri kaba taneli bir kum tabakası döküp bunu biyobariyer adı verilen, örtü dolgusuna kök sokulmasını önlemek üzere tasarlanan özel bir tür jeotekstil ile örtüler.

Biyobariyer, düşük zehirli, biyobozundurucu bir bitki yok edici olan kök engelleyici trifluralin'i yavaş yavaş yayan yumrularla bezenmiştir. Trifluralin suda çözünabilir olmadığından yıkanamıyor ve göç edemiyor. Böylece kök büyümesini engelliyor, fakat kökü yumrularla temas eden bitkileri öldürmüyor. Biyobariyerin etkin ömrü toprağın sıcaklığına ve örtünün derinliğine bağlıdır. Üretici firmanın verilerine göre, malzeme Laetoli alanında 20 yıl ömre sahip olacaktır. Biyobariyerin üstüne, korumacılar bir başka kaba



İnsansı izyolu üzerindeki gömme yığını beş kum ve toprak katmanından oluşuyor (çizim). Koruma takımı ayakizli tüf üzerine doğrudan ince taneli kum yaydı (üstteki fotoğraf). Gömme katmanları polipropilen jeotekstil ve aşınma kontrol hasırı ile ayrıldı (orta fotoğraf). Yığının en üstü, izyolunu keçi ve diğer hayvanlardan korumak için lav bloklarıyla örüldü.

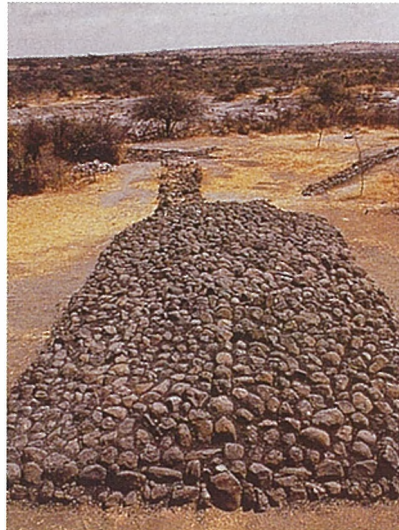


taneli kum tabakası ve sonra ikinci bir biyobariyer örtü ve bir yapay aşınma denetleyici hasır serdiler.

Koruma takımı örtü yığınının en üstünü, örtüye fiziksel bir zırh sağlayabilmek için civar topraktan bir tabaka ve bir lav blokları katmanını ile kapladı. Tepe noktası bir metre yüksekliğe sahip olan yığının çimenlerle kaplanmasına, bunlar sığ köklü olduklarından ve izyolu yüzeyine tehlike oluşturmadan örtü toprağının duraylılığını sağlayacaklarından izin verilecekti. Fakat, Eski Eserler Şubesi görevlileri alanı düzenli aralıklarla gözetleyecekler ve kök salan ağaç fidanlarını uzaklaştıracaklardı. Jeotekstil yaygıları ikinci bir koruma hattı oluşturuyordu. Eğimi her iki yanda 14 derece olan yığının şekli yüzey suyu akışını kolaylaştıracaktır.



Bütün bu süreç 1996 arazi mevsimi boyunca insansı izyolunun kuzey kesimi için tekrarlandı. Burası, çevre alanlardan gelen sular Ngarusi nehrine izyolunun kuzey bitimi boyunca karıştığından, aşınmadan en çok etkilenen kesimdi. Abell'in 1978'de bulunduğu ilk insansı izini ortaya çıkaran bu akaçlama sistemiydi; ne yazık ki aynı akaçlama izyolunun gömül-



mesi ile yeniden açılması arasında geçen 18 yılda o iz ile hemen yanındakinin yok olmasına neden olmuştu. Daha fazla aşınmayı önlemek üzere, izyolunun çevresinde civar alanlardan gelecek akışları saptırmak için lav bloklarından basit engeller inşa edildi. İzyolunun kuzey bitimini tehdit eden iki kuru dere yamaçlarına lav blokları ve aşınma-denetleyici hasırlar yerleştirilerek duraylı hale getirildi.

İzyolu yakınında, takım üyeleri, izyolunda kullanılan aynı yöntemle gömülen 2,5 metrekarelik bir izleme hendeği kazdılar. Bu hendeğin bazı bölümleri yeraltı koşullarını ve biyobariyerin sürekli etkinliğini tahmin etmek üzere belli dönemlerde yeniden kazılacak. Biyobariyerin ağaç köklerini ne kadar iyi durdurabildiğini görmek için, akasya ağaçlarının izleme hendeğinin çevresinde varlıklarını sürdürmesine izin verildi. Her ne kadar polipropilen malzemeler yeraltında uzun zaman dayanabiliyorsa da onların Laetoli gibi çok sayıda karıncanın yaşadığı tropikal bölgelerde kullanımı tam olarak değerlendirilmiş değildir. İzleme hendeği Eski Eserler Şubesi görevlilerine izyolunun kendisine zarar vermeksizin jeotekstillerin gücünü kontrol etme olanağı sağlayacak.

Kutsal Bir Tören

Deneyimler uzak alanların başarılı bir şekilde korunmasında yerel halkın katılımına ihtiyaç olduğunu gösterdi. Eğer onlar kendilerini dışlanmış hissedilerse ilgisizlikten bilinçli zarar vermeye kadar pek çok olumsuz sonuçlar ortaya çıkıyor. Laetoli bölgesindeki halkın çoğu Masai'dir. Onlar büyük ölçüde sığır sürülerine da-

yalı geleneksel yaşam tarzlarını sürdürmekte. İzyolunun üstünde veya çevresinde otlayan sığırlar örtü yığınının aşınmasına ve yüzey sularını saptıran çit-engel sisteminin imhasına neden olabilecekler. Sığırları güderken, zaman geçirmek kaygısıyla çobanlar da örtü yığınıyla ilgilenmeyi düşünebilecekler. Bölgede herkes son yıllarda bu yerdeki yoğun çalışmayı biliyor ve yerli halktan bazıları biyobariyer ve örtüde kullanılan diğer malzemeler hakkında meraklıydılar.

Laetoli, hükümet tarafından hem doğal çevrenin hem de Masai toplumunun yaşam şeklini korumak için belirlenen geniş bir alan olan Ngorongoro Koruma Bölgesi içinde bulunuyor. Afrika'da olasılıkla eşi benzeri bulunmayan bu olağanüstü girişim yetkin bir yönetimle yüksek bir başarı şansına sahiptir. Bizler, daha sonra Laetoli projesinin Danışma Komitesi üyesi olan Koruma Alanı Bölgesel Koordinatörü ve en yakın iki köyün, Endulan ve Esere Köylerinin, muhtarlarıyla sık sık görüşmeler yaptık. Onların önerileri üzerine, bölgenin Loboini'si yani geleneksel dini lideri ve hekimi, tarafından ayakizi alanında bir toplantı düzenlendi.

Her yaştan erkek ve kadından oluşan 100 kişinin katıldığı gün boyu süren bu toplantıda, Loboini, izyolunun önemini vurguladı ve korunmasının gerekliliğini açıkladı. Bir koyun kurban edildi ve izyolunun Masai halkı tarafından saygı gösterilen alanlara katıldığını simgeleyen kutsal bir tören yapıldı. 1996'da, izyolunun kuzey kesimi yeniden kazıldıktan sonra tören yinelenildi. Leakey'in kendisi

de törene katıldı ve onun 1970'lerde Laetoli'deki çalışmalarını anımsayan bazı yaşlılar tarafından selamlandı.

En nihayetinde, bu yerin varlığını koruyabilmesi Tanzania makamları ile uluslararası topluluğun sürekli dikkatine bağlıdır. Eski Eserler Şubesi iki Masai'li adamı tam-zamanlı bekçi olarak görevlendirdi ve ayrıntılı bir gözlem ve izleme planı oluşturdu. Plan, alanın çevresinde özel perspektiflerden düzenli fotoğraf çekimlerine, izyolundaki fidanların, özellikle akasya fidanlarının dönemsel olarak imhalarına ve akaçlama sistemleri ile koruyucu çitlerin tamirine ihtiyaç gösteriyor.

Laetoli sahası ziyaretçilere açık olmadığından, Leakey ile kocası Louis S. B. Leakey'in pek çok meşhur keşiflerini yaptıkları boğazı yukarıdan gören Olduvai Müzesinde bir kalıcı gözlem noktası kurduk. Müze, Ngorongoro Kalderası'ndan Serengeti Ovası'na doğru uzanan toprak yoldan biraz uzaktadır. Buraya hem yerel halk hem de uluslararası ziyaretçiler kolayca ulaşabilirler. Burada Laetoli'ye ayrılan alan, metin ve fotoğraflarla ayakizli alanın niçin yeniden örtüldüğünün, nasıl korunduğunun açıklamaları yanında izyolunun güney kesiminin kalıplarını da kapsar. Geçmişte Olduvai Müzesi, öncelikle Serengeti Ovası yolundaki yabancı turistlere hizmet ediyordu. Ancak şimdi Laetoli sergisindeki metinler İngilizce olduğu kadar Swahili dilinde de yazılıdır ve artık yerel halkın - özellikle Tanzanyalı okul çocuklarının- Laetoli ayakizleri hakkında daha fazla bilgi sahibi olmak için buraya geleceği ve ayakizi

alanına özen göstermeleri için onlara ilham verilmesi umuluyor.

Ayakizleri çok şeyleri çağrıştırıyor. Astronot Neil Armstrong Ay yüzeyinde yürürken onun bıraktığı ayakizlerinin görüntüsü insanlığın evrene atılan ilk adımı olarak düşünüldü. Laetoli ayakizleri ile aydakiler arasında 3.6 milyon yıllık evrimsel bir yolculuk bulunuyor. Laetoli'deki çok sayıda hayvan izlerine bakarak biri, insansılara bu peyzaj içinde pek sık rastlanmadığı -çünkü burada insansı ayakizleri başka faunalarınki ile karşılaştırıldığında oldukça azdır- düşüncesine kapılabilir. Bu yaratıklar acımasız ortamdaki kaçınılmaz yok oluştan nasılsa kurtulmuş önemsiz bir türe ait olmalıydılar.

Sadiman'dan henüz yağın küller boyunca ilerleyen üç küçük şahsın dalgın ayakizleri tevazuya davet edici ve kafa karıştırıcıdır. Afrika ovalarında insanlığın başlangıcının bu narın ayakizleri her türlü özen sarf edilmeye ve gelecekte varlıklarını sürdürmek üzere korunmaya layıktır.

Çeviren:

Faruk Ocakoğlu

Dr., MTA Jeoloji Etütleri Dairesi

Neville Agnew ve Martha Demas

Getty Koruma Enstitüsü

Laetoli (Tanzanya) Projesi yöneticileri



Bir Doğal Anıt

Ve Hazin

Koru(yama)ma

Öyküsü:

Kula İnsan

Ayaklızleri

Yerlerine yenileri konamayacak değeri doğa ortamında koruyamamanın hesabını insanlık ailesine ve gelecek kuşaklara verirken zorlanmayacak mıyız?

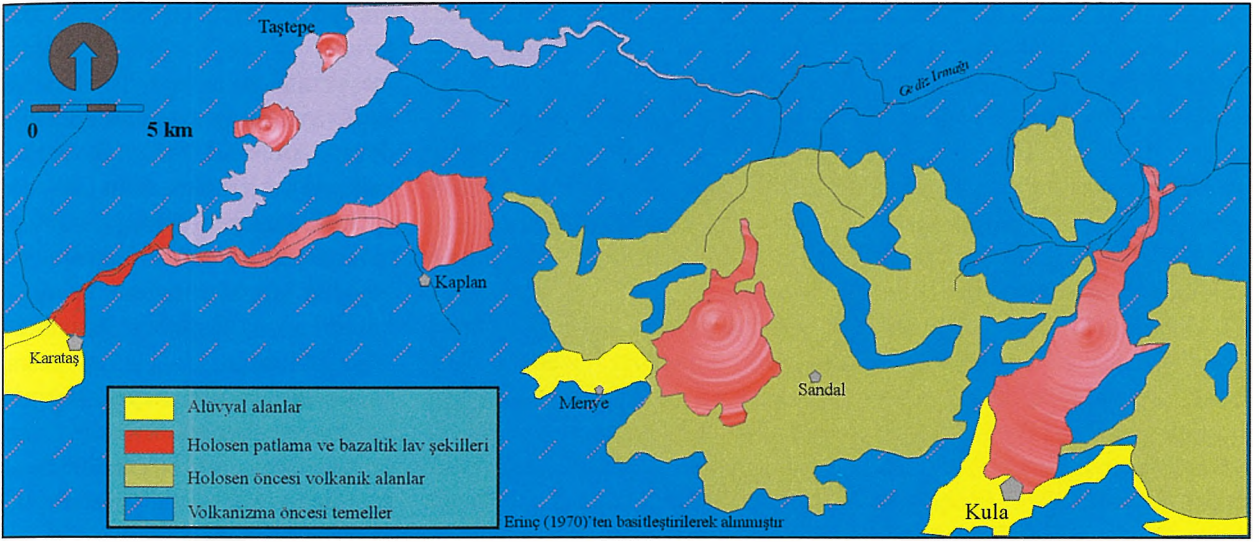
Hayali Alana Bir Yolculuk

Salihli'den kuzeydoğuda Demirci'ye doğru uzanan asfalt yolda Demirköprü Barajının mavi sularını sağınıza almış acelesiz ilerlemekteyiz. Ufukta baraj suları içine sokulmuş bir küçük yarımada gibi Leçelik ve onun en ucunda Küçük Divlit tepe krateri bir doğa tablosunun parçasıymışçasına görkemle durmaktadır. Bütün alan sanki bir yangın geçirmiş gibi ne kadar siyah! Otomobiliniz bir dönemci alırken bu kez aniden Divlit tepenin esmer güzel-

liğiyle burun buruna geliyorsunuz. Az ötede 8-10 haneli Kelkebir Damı sapağına ulaşmadan, dere yatağına oradaki keskin dönmekten sonra, sağdaki düz alana park edilmiş pek çok otobüs ve otomobil dikkatinizi çekiyor. Yolun mutlu sonu! Türkiye'nin zamanında milli park haline dönüştürülmüş ilk ve tek insan ayak izi alanının yanbaşındasınız.

Otomobilinizden inip az ileride ardını Divlit tepe'ye vermiş kocaman metal panolar önünde heyecanla dikilen, çoğunluğu öğrenci olduğu anlaşılan kalabalığa yaklaşıyorsunuz. Ziyaretçilerin dikkat-

lerini yönelttikleri panolardan birinde dereleri, tepeleri, köyleri, yüzeye çıkmış kaya türlerini gösteren bir harita ile birkaç doğrultuda yerin altındaki kaya türü ilişkilerini gösteren çizimler (bunlardan ilkinde Jeoloji Haritası, ikincisine de Jeoloji kesiti adı verilmiş) bulunuyor. Haritada, "şimdi buradasınız" işaretinin 400 m kadar kuzeydoğusunda 384 rakımlı Divlit tepe; ve 1500 m kadar doğuda 313 rakımlı Küçük Divlit tepe gözüküyor. Divlit tepenin güney yamacından geçen kırık çizgiler, içinde bulunduğumuz milli parkın sınırlarını gösteriyor. İkinci bir



Kula volkanitleri, Pleyistosen zamanında (günümüzden 1.1 milyon yıl önce) faaliyetine başlayarak geniş alanlara yayılmış bir volkanizmanın en genç evresini oluşturur.

panoda milli parkın özgün niteliklerine yer veriliyor. Burada, en uygun manzara noktaları, milli parkın antropoloji ve volkanoloji müzeleri, alanda bulunan volkanik şekillerle insan ayakizlerinin bulunduğu yerler ve ayakizleri üzerine bazı değerlendirmeler hep gösterilmiş bulunuyor.

Bir grup paleoantropolog ve öğrencisi, az ötede patikanın solunda şeritlerle çevrili, 100 m kadar uzunluktaki koridorun en ucunda iki çift ayakizi dizisinin siyah cürufaların altına doğru kaybolduğu noktada cerrah dikkatiyle ayakizleri üzerinde çalışıyorlar. Bazıları üstteki cürufuları uzaklaştırırken diğerleri henüz açığa çıkarılmış ayakizlerinin fotoğraflarını çekip el çizimlerini yapıyorlar; başka bazıları özel maddelerle onların kalıplarını çıkarmaya çalışıyorlar.

Asıl heyecan verici izler 200 m kadar batıda, yaşlı genç insanların toplanıp da gözlerini diktikleri yamaçta bulunuyor. Bunların bir bölümü ziyaretçiler için açılıp temizlenmiş; dağa doğru uzanan 50-60 m'lik kesim ise çok özel çalışmalar sonucu koruma altına alınarak yerden 1 m kadar yükseklikte taşlarla örülüp üstü çimlendirilmiş, belki 10 belki 20 yıl sonra

teknik ilerleyip de ayakizleri konusunda yeni bilgilere sahip olmak olanaklı hale geldiğinde onlara yeniden dönebilelim diye. Milli parkın kadrolu rehberinin sözlerine kulak veriyoruz:

"Araştırmacıların yorumlarına göre bölgedeki volkan faaliyeti kül püskürmesi ile başlıyor¹. Çevredeki engebeli topoğrafya üzerinde biriken küller 5-10 cm kalınlığa ulaşan beyazımsı renkteki tuf tabakasını oluşturuyor. Bu tabakanın oluşumundan hemen sonra, belki hafif bir yağmurla ıslanmış olan zemin üzerinde üç insan atası ayakizleri bırakıyor². Ayakizlerinden bir çifti Divlit tepeye doğru ilerleyen bir çocuğa ait olmalı. Diğer ikisi 42-43 numara ayak büyüklüğüne sahip olduklarına bakılırsa yetişkinler, ve önceleri Gediz nehrinin yatağı iken 1960'ta Demirköprü barajının yapımıyla birlikte sular altında kalmaya başlayan güney alanlara doğru gidiyorlar. Bunlara ek olarak hayvan ayakizleri, oturan bir çocuğun ya da yere konan bir eşyanın izleri olarak yorumlanan şekiller de bu resmi zenginleştiriyor³. Bazı araştırmacılar, ayakizi öteklerinin topuğa göre daha derin olmasını, ayakizlerinin volkan patlaması ile

BİR VOLKANOLOJİ AÇIKHAVA MÜZESİ

Demirköprü baraj gölünün batı yakasına bir kara yama gibi ilişmiş Çakallar volkanizmasının ürünleri, Kula volkanitleri adı verilen, 1.1 milyon yıl önce Pleyistosen zamanında faaliyetine başlayarak Kula civarında geniş alanlara yayılmış bir volkanizmanın son ve en genç evresini oluşturur¹⁰. Volkan konileri, kraterler, eski alüvyon çökelleri üzerinde kilometrelerce akmış lavlar, volkan külü ve cüruf türünden piroklastik kayalar, ve özellikle büyük ölçekli kütle hareketleri henüz dün gerçekleşmişçesine güncel görünümlü ve tazedir¹¹. Bu son evre, Divlit tepesi civarındaki bir merkezden çıktığı sanılan ve üzerinde insan ayakizleri bulunan volkan küllerinin engebeli bir topoğrafya üzerinde birikerek 15-20 cm kalınlığa ulaştığı bir erken püskürme olayıyla başlar¹². Paleomanetik (yer manyetik alanının zaman içinde terslenme aralıklarının analizine dayanan) çalışmalar bu küllere 12 bin yıllık bir yaş öngörmektedir. Bunun hemen üzerine Divlittepe (diğer adıyla Çakallar) kraterinden çıkan, zamanla çapı giderek artan lav parçalarından ibaret cüruf seviyesi gelir¹³. Koni yakınlarına doğru ayakizlerini örterek korunmasını sağlayan cüruf tabakasının kalınlığı 10 m'ye ulaşmaktadır. Çakallar konisinde şiddetli giderek artan patlamalar en sonunda çok büyük bir patlamayla ve bunu izleyen koni doğu kesiminin yenilerek (parçalanıp kayarak) koniden çıkan lavlarla birlikte o zamanki Gediz vadisine doğru akmasıyla son bulmuştur¹⁴. Lavların Küçükdivlit tepeye vardıklarında kuzeye doğru yönelmesine bakılırsa bu tepenin daha önceden orada olduğu sonucuna varılabilir.

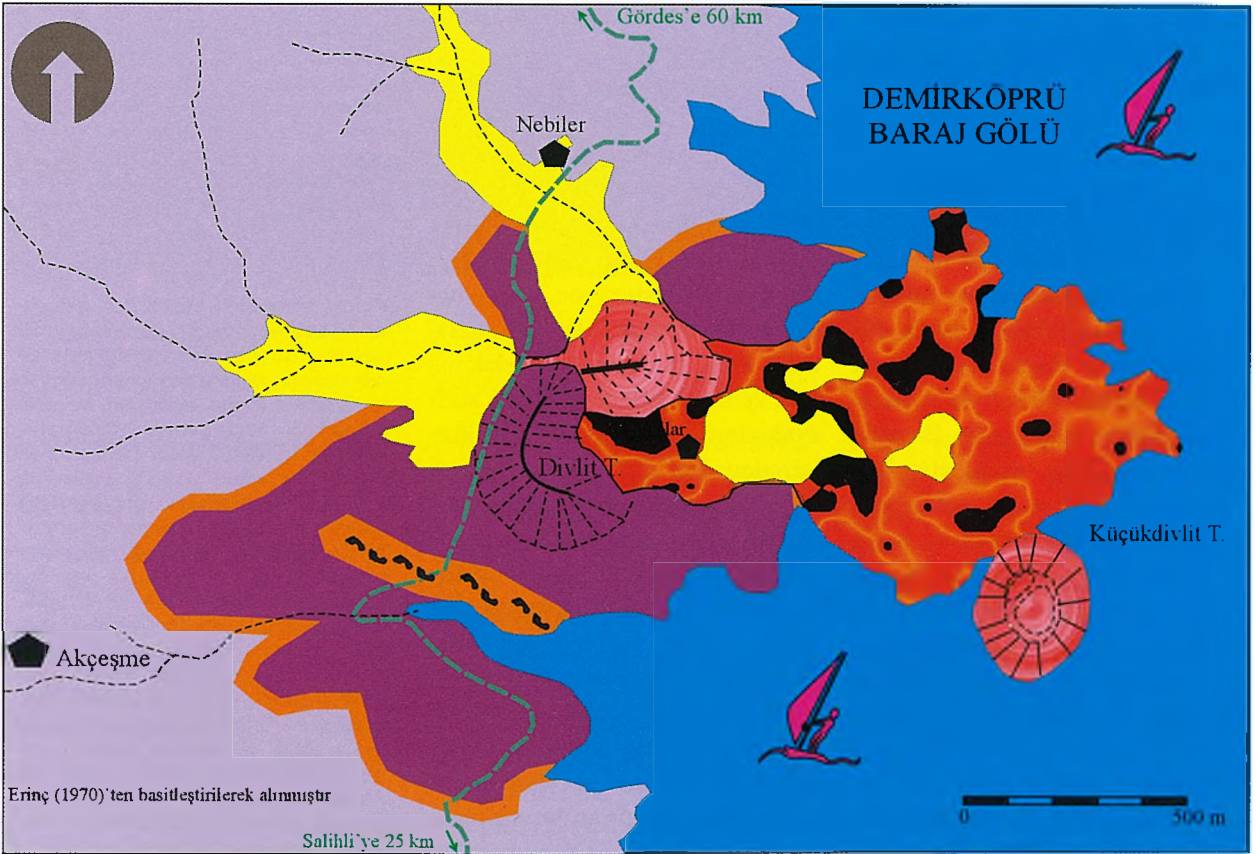
ilişkilendirilebilecek bir panikle kaçış sırasında bırakılmış olmasına bağlıyorlar⁴. Başka bazıları bu yoruma katılmıyorlar⁵. Onlara göre izler, volkan külü yağmuru kesildikten ve hafif bir yağıştan sonra sakin sakin yürüyen insanlar tarafından bırakılmıştır. İzlerin aşınmasına neden olabilecek fazla bir zaman geçmeden volkan patlaması yeniden alevleniyor. Bu kez henüz arkamızdaki Divlit tepenin yerinde yeller eserken oradaki bir volkan bacası çevreye bol gözenekli lav parçaları fırlatmaya başlıyor. Ne kadar sürdüğünü henüz bilmediğimiz bu patlamalar silsilesi sonucunda en az 200 m yüksekliğe sahip Divlit tepe krateri ortaya çıkıyor."







Görevliler, yeterli koruma önlemleri alınmış olduğundan ayak izlerinin yanbaşına kadar sokulmamıza ses çıkarmıyorlar. O zaman bu eski izlerin bazı morfolojik özellikleriyle bizim ayak izlerimizden ayrıldığına farkına varıyorsunuz. Bunların ayak başparmağı bizimkinden daha iri gözüküyor, ayak parmakları arasında belirgin açıklık bulunuyor, özellikle başparmakla yanındaki arasında. Ayrıca ayak dış kenarında belirgin bir kavis de izleniyor⁶. MTA eski paleontologlarından Fikret Ozansoy'a göre bütün bu özellikler güncel insandan daha eski, ilkel bir evrim basamağına işaret ediyor.

Daha çok dilek ve temennilerle bezenmiş bu imgesel yolculuk 10

bin yıl kadar önce yaşamış atalarımızı bize bağlayan uzun, meşakkatli yolun ayrıntılarına varıncaya değin tasavvur edilmesi ile devam edebilir, onları korkutup belki de yerlerinden eden Çakallar volkanizmasını daha yakından tanımamızı olanaklı kılabilir ve böylece gerçek bir tarih ve doğa bilincine doğru yelken açmamızı sağlayabilirdi.

Ancak Kula ayak izlerinin bulunuş ve korunması çalışmaları üzerine hızlı bir bilgilenme size gerçeğin soğuk yüzünü gösterecektir. Bugün bir doğa ve insanlık tarihi meraklısı, İzmir'e 130, İzmir-Ankara karayoluna 25 km'lik bir asfalt yolla bağlanan bu harikulade volkanik alanla onun içinde bulu-



- | | | | | | |
|---|------------------|---|-----------------|---|-----------------------------|
|  | Alüvyon |  | Bazaltik curuf |  | Çakallar öncesi volkanitler |
|  | Son lav akıntısı |  | Ayakizli tüfler |  | Gnays |

Ayak izleri Divlit tepenin güneybatısında bazaltik curufların altında yer alıyor. Divlit tepeden çıkarak bu kraterin doğu yamacıyla birlikte doğuya doğru akmış lavlar volkanbilinciler kadar ortalama insana da ilgi çekici gelecek gibi gözüküyor.

nan 10 bin yıl yaşındaki insan ayakizi dizilerini görmek istese, kendisini bekleyen manzara; izlerin bulunmasından sonra önce kol gücüyle, 1970'lerin ortasından itibaren mekanize olarak yapılan cüruf işletmeciliği yüzünden perişan edilmiş bir volkan konisi eteği⁷ ve işletme sırasında ne kadarının telef olduğu bilinmeyen, ancak bazıları civardaki köy odalarıyla köy evlerinin dekoratif malzemeleri olan⁸ ve hatta Stockholm Doğa Tarihi Müzesi'ne kadar ulaşabilmiş⁹ ayakizlerinden arta kalmış bir kaç kötü örnekten oluşan bir SİT alanı olacaktır.

Ayakizleri Ne Kadar Yaşlı?

Ayakizlerinin keşfinden hemen sonra yaşı üzerine ilk iddia MTA paleontologlarından Fikret Ozansoy'dan geldi. Hamilton ve Pamir gibi bazı eski araştırmacıların bitki örtüsü gelişimini dikkate alarak Pleyistosen dönemine (1.7 milyon yıl-10.000 yıl) atfettikleri, ayakizlerini de içeren Çakallar volkanizması Ozansoy tarafından hemen doğudaki Gediz vadisinin taraçalarına göre bağıl olarak yaşlandırılmıştır¹⁵. Ozansoy'a göre Gediz vadisindeki, en yaşlısı vadi tabanına göre en yüksekte (110 m yukarıda) bulunan taraçaların (eski akarsu çökellerinin) her birinin oluşumu geçmişteki birer buzullaşma dönemine tekabül etmektedir. Buna göre günümüzden 400 bin yıl kadar önce sona eren Günz buzullaşması en yaşlı taraçanın (ki bunun içinde Çakallar volkanizmasına ait çakıllar bulunmuyor) oluşumunu sağlarken 250 bin yıl önce sona eren Mindel buzullaşması Çakallar volkanizmasından geldiği düşünülen volkanik çakıllar ve aynı zamanda bir tuf düzeyini de içeren daha düşük kattaki

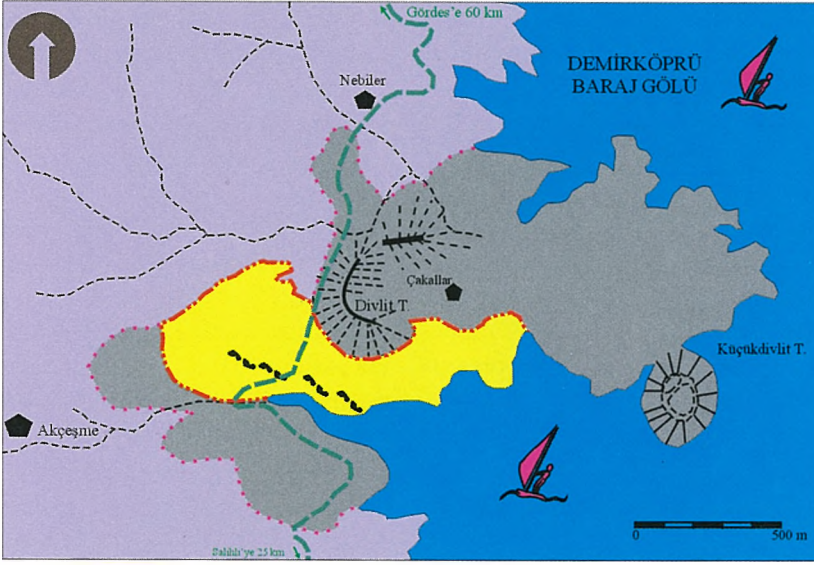


NASIL YAŞIYORLAR, NASIL DÜŞÜNÜYORLARDI?

Kula insan ayakizleri, yaşlandırma yöntemleri farklı sonuçlar vermekle birlikte daha güvenilir gözükken radyometrik yaş verilerine göre Üst Paleolitik dönemdeki (günümüzden 40 bin ile 10 bin yıl öncesi) yakın atalarımız tarafından bırakılmışlardır. Bu dönem insanı, üretimini tasarladığı son ürün konusunda açık seçik bir düşünceye ve onu gerçekleştirebilecek bir yeteneğe sahip gözüküyor. Ayrıca Orinyasiyenler (30-35 bin yıl önceki geç Paleolitik kültür) süslenme amacıyla pek çok boncuk üretmiştir. Bu zamanda müzik aletleri yapılmaya başlanmış, boyama, oyma imgeler ve nesnelere (bugün hala

anlaşılmayan törensel amaçlarla ilintili olsalar gerek) toplumsal yaşamın önemli bir unsuru haline geldi. Avcılıkta ustalaşmış üst paleolitik insan belki de daha ileri bir ekonomik ve toplumsal sistemi yansıtan ve orta paleolitikten daha geniş olan topluluklar halinde yaşıyordu. Gerek pratik kullanım amaçlı (taş gibi), gerekse bu tür kullanıma dönük olmayan (deniz kabukları ve kehribar gibi) nesnelere ilişkin kanıtlar, bu toplumların günümüz toplumlarına benzeyen birlikler, ortaklıklar kurmuş olduklarını göstermektedir.

Modern İnsanın Kökeni, Tübitak Yayınları, s.154-155.



■ I. Derece Doğal SİT Alanı ■ II. Derece Doğal SİT Alanı

tarayıcı oluşturmuştur. Ozansoy'un bu yaklaşımına göre Çakallar volkanizmasının yaşı iyi bir yaklaşımla 250 bin yıl olarak düşünülebilir.

Eriñç¹⁶, Çakallar volkanizmasına ait lavların Gediz'in vadi tabanı boyunca aktığını, dolayısıyla volkanizmanın Gediz vadisinin 10.000 yıl kadar önce oluşumuna yolaçan son glasiyo-östatik regresyon (kutuplardaki buzullamalardan kaynaklanan deniz seviyesi düşmesi) sonrasında gerçek-

leşmiş olabileceğini ileri sürmektedir.

Yine MTA paleontologlarından İbrahim Tekkaya, Sanver (1968)'in Çakallar civarındaki ayakizli tüfleri örten cürüflarda yaptığı paleomanyetik çalışmaların sonuçlarına dayanarak tüfleri 12 bin yıl yaşında ilan etmiştir¹⁷. Ozansoy'un ayakizli tüf için önerdiği 200 bin yıl yaşını da dikkate alan Tekkaya, tüflerle cürüflar arasına uzun bir zaman boşluğu, yani bir aşınma dönemi koymaktadır.

Kula civarındaki volkanizmayı değişik boyutlarıyla inceleyen eski MTA jeologlarından Tuncay Ercan, Çakallar volkanitlerinden K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş tayini yaptırmış, ve 25.000 ± 6.000 yıllık bir yaş elde etmiştir¹⁸.

Son olarak, ODTÜ Fizik Bölümünden Yeter Göksu'nun 1978 tarihli çalışmasına göre, izlerin üzerinde bulunduğu tüflerin yaşı termoluminesans yöntemine göre 65.000 ± 7.800 yıl iken izleri örten cüruf tabakasının yaşı 26.000 ± 5.200 yıl olarak bulunmuştur¹⁹. Yörede ayrıntılı bir jeomorfolojik çalışma yapan Dokuz Eylül Üniversitesi'nden İlhan Kayan, arazide sürekliliği gözlenen tüf ve cürüfların arasındaki pek de anlam verilemeyen bu yaş farkına işaret etmektedir. Ona göre, ayakizleri için 10-12 bin yıllık bir yaş, jeomorfolojik ve radyometrik çalışmaların sonuçlarına daha denk düşmektedir²⁰.

Koruma Çabalarının Kısa Tarihçesi

1968 yılında Anadolu'da ilk insan ayakizlerinin bulunmasından

DOĞAL SİT NEDİR?

Doğal Sit, Jeolojik devirlerle tarih öncesi ve tarihi devirlere ait olup, ender bulunmaları veya özellikleri ve güzellikleri bakımından korunması gerekli yerüstünde, yeraltında veya su altında bulunan korunması gerekli alanlardır.

Bu alanlarda yapılacak tespit çalışmalarında, alanın özelliğine göre ilgili kurum ve kuruluşların görüşlerinin alınması esastır.

1. Derece Doğal Sit: Bilimsel muhafaza açısından evrensel değeri olan, ilginç özellik ve güzelliklere sahip olması ve ender bulunması nedeniyle kamu yararı açısından mutlaka korunması gerekli olan, korumaya yönelik bilimsel çalışmalar dışında aynen korunacak alanlardır. Bu alanlarda bitki örtüsü, topoğrafya, silüet etkisini bozabilecek, tahribata yönelik hiç bir eylemde

bulunulamaz; ancak,

a) Kesin yapı yasağı olmakla birlikte, resmi ve özel kuruluşlarca zorunlu olan alanlarda, teknik altyapı hizmetleri (kanalizasyon, açık otopark, telesiyej, teleferik, içme suyu, enerji nakil hattı, telefon hattı ve benzeri) uygulamalarının Koruma Kurulu'nca uygun görüleceği şekliyle yapılabilir.

b) 1/25.000 ölçekli Çevre Düzeni Planı veya 1/5.000 ölçekli Nazım İmar Planı doğrultusunda hazırlanacak projesine göre ilgili koruma kurulundan izin almak koşulu ile halka açık rekreasyon amaçlı günübirlik tesisler (lokanta, büfe, kafeterya, soyunma kabinleri, WC, gezi yolu, açık otopark ve benzeri) ile alanın ve çevrenin özelliklerinden kaynaklanan faaliyetlerin korunması ve geliştirilmesi amacıyla yönelik yapılar (iskele, balıkçı

barınağı, bekçi kulübesi ve benzeri) yapılabilir

c) Alanın doğal bitki dokusunu değiştirmeden Orman Genel Müdürlüğü'nün ilgili biriminden alınacak uygun görüş doğrultusunda koruma kurulunca ağaçlandırmaya izin verilebilir.

d) Kar ve rüzgar devrikleri, doğal afetlerden etkilenmiş, hastalanmış veya kıymet ağacı olmayan ağaçlar ile ormanların bakımı ve doğal dengenin korunmasını sağlamak amacıyla Orman Genel Müdürlüğü'nün ilgili biriminden alınacak teknik rapor doğrultusunda ağaç kesimine koruma kurulunca izin verilebilir.

e) Orman alanlarında yangın için gerekli koruma önlemlerinin ilgili kuruluşlarca alınır.

sonra, MTA Enstitüsü, izlerin bulunduğu yörenin Milli Park olarak koruma altına alınması ve alanın Enstitü bünyesindeki Tabiat Tarihi Müzesi adına kamulaştırılarak bir açık hava müzesi haline getirilmesi amacıyla ilgili ve yetkili kurum ve kuruluşlarla çeşitli girişimlerde bulundu. Türk Tarih Kurumu, Eski Eserler ve Müzeler Genel Müdürlüğü, Türkiye Tabiatını Koruma Cemiyeti, Turizm ve Tanıtma Bakanlığı, Orman Bakanlığı Milli Parklar Daire Başkanlığı ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ile yapılan yazışmalardan konuya iyi niyetli yaklaşımlarının dışında olumlu bir sonuç alınmadı. Aradan uzun bir zaman geçtikten sonra, ki geçen bu süre içinde, fosil insan ayak izlerinin koruyucu örtüsü niteliğindeki bazaltik cürufaların briket imali amacıyla işletilmesi bütün hızıyla devam etmiş, her yıl binlerce kamyon cüruf taşınmış, izlerin bulunduğu topoğrafya değişmiş, köylüler kendi buldukları izleri yöreye gelen yerli ve yabancı kişilere ücret karşılığında satmıştır. Tarihin ve doğanın erozyonu tüm acımasızlığı ile yıkımına devam etmiştir.

1980'li yılların başında konu tekrar gündeme geldikten sonra, MTA Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası (İzmir K20 c1) ve bundan yararlanılarak hazırlanan 1/5.000 ölçekli yöre sınırlarını gösteren haritalar, zamanın Kültür Bakanlığı Taşınmaz Eski Eserler ve Anıtlar Genel Müdürlüğüne gönderilmiştir. Gönderilen bu haritalarda belirtilen sınırlar içinde kalan alan, Taşınmaz Eski Eserler ve Anıtlar Yüksek Kurulu Başkanlığınca 1981 yılında DOĞAL SİT ALANI olarak tescil edilmiştir. Kararda; alanın tel örgü ile çevrilerek resmi bir beğçi ile korunması, cüruf alımlarının yasaklanması ve verilen ocak ruhsatlarının iptal edilmesi, bir kaç ayakizinin yerlerinden alınarak en yakın bir müzede saklanması (halbuki 1969'da Fikret Ozansoy başkanlığında yöreye giden ilk araştırma ekibi 60 kadar ayakizini çoktan MTA Enstitüsü Tabiat Tarihi Müzesine taşımış, bunlardan birkaçı da sergilenmeye başlanmıştı), alanda temizlik ve çevre düzenlemesi yapılarak açık hava tabiat müzesi kurulması istenmiştir. Aynı yüksek kurul, daha

sonra 1981 yılında yeni ayak izlerinin bulunması olası alanları da 2. Derece DOĞAL SİT ALANI olarak tescil etmiştir. DOĞAL SİT ALANI olarak tescil edilen yörenin MTA tarafından tel örgü ile çevrilip bir beğçi ile korunması da, o yıllarda bu iş için ayrılmış proje ve ödenek bulunmaması nedeniyle, ne yazık ki mümkün olmamıştır. Daha sonra Kültür Bakanlığı İzmir 1 nolu Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu, 1989 yılındaki kararı ile fosil ayak izlerinin bulunduğu alanı 1. Derece Doğal SİT Alanı, yeni izlerin bulunması olası yerleri ise 2. Derece Doğal SİT Alanı olarak yeniden, bir kere daha tescil etmiştir.

Bugün fosil insan ayakizlerinin bulunduğu alan, Manisa ili Salihli ilçesi, Sindel köyü; Gördes ilçesi, Çarıklar köyü, Nebiler mevki ile sınırlanan yöre Doğal SİT Alanı durumundadır. Doğal SİT Alanı olarak ilan edilen bu alan, uzun yıllar Adala bucağında bulunan jandarma karakoluna ve Sindel köyü muhtarlığınca yetersiz bir şekilde korunmaya çalışılmıştır. Öyle ki; karakol, Sindel köyüne 20 km

f) Taş, toprak, kum alınamaz; kireç, taş, tuğla, mermer, kum, maden vb. ocakları açılmaz; ancak sit kararı ilanından önce ruhsat almış olan işletmelerde sahanın rehabilite edilerek yasal süreci içinde işler tasfiye edilir.

g) Doğal dengenin devamlılığının sağlanması amacıyla ilgili kamu kurum ve kuruluşlarının görüşleri doğrultusunda alanın özelliğinden kaynaklanan faaliyetler koruma kurulu izni doğrultusunda sürdürülebilir.

h) Bu alanların korunmasını sağlamak amacıyla her türlü bilgi verici uyarı levhaları konulur; bu alanlardaki koruma önlemlerinin ilgili kuruluş ve yerel yönetimlerce alınması sağlanır.

i) Mevcut tescilli ve tescilsiz yapıların bakım ve onarımları yürürlükteki ilke kararları doğrultusunda yapılabilir.

2. Derece Doğal Sit: Doğal yapının korunması ve geliştirilmesi yanında kamu yararı gözönüne alınarak kullanıma açılacak alanlardır.

a) Bu alanlarda turizm yatırım ve turizm işletme belgeli turistik tesisler ile hizmete yönelik yapılar dışında herhangi bir yapılaşmaya gidilemez.

b) Kullanıma açılacak bölgelerde geçici dönem yapılanma koşullarının ilgili kurumların görüşleri alınarak Koruma Kurullarınca belirlenir; bu belirlemede varsa çevre düzeni planı veya nazım plan kararları ile arazinin topoğrafya, peyzaj, silüet vb. karakteristikleri gözönünde tutulur; ancak hazırlanacak Koruma Amaçlı İmar Planı kriterlerini etkileyebilecek nitelik ve yoğunluktaki uygulamalara Koruma Amaçlı İmar Planı yaptırılmadan izin verilemez.

c) Taş, toprak, kum alınamaz; kireç taş, tuğla, mermer, kum, maden vb. ocakların açılmaz; toprak, çuruf, çöp sanayi atığı ve benzeri malzemeleri dökülemez; ancak sit kararı ilanından önce ruhsat almış olan işletmeler sahanın rehabilite edilerek yasal süreci içinde işlerini tasfiye ederler.

d) Doğal dengenin devamlılığının sağlanması amacıyla ilgili kamu kurum ve kuruluşlarının görüşleri doğrultusunda alanın özelliğinden kaynaklanan faaliyetler Koruma Kurulu izni doğrultusunda sürdürülebilir.

3. Derece Sit alanı: Doğal yapının korunması ve geliştirilmesi yolunda, yörenin potansiyeli ve kullanım özelliği de gözönünde tutularak konut kullanımına da açılacak alanlardır.

* T.C. Kültür Bakanlığı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu'nun 5 Kasım 1999 tarih ve 659 no'lu kararı.



Ayakizlerinin doğal koruyucu örtüsü olan bazaltik curuflar 1970'li yıllar boyunca briket imalı amacıyla işletilirken hem volkanik topografya hem de ayakizleri tahrip edildi.

uzaktadır ve 15 haneli köyün bir bekçisi dahi yoktur. Yerli ve yabancı turistlerin uğrak yeri İzmir'e yakın olan ve işlek bir asfalt yol kenarında bulunan, Anadolu'da henüz bir eşi daha bilinmeyen bu doğal anıtın tahrip edilmesi ve şimdilerde giderek büsbütün ortadan kaldırılması, koruma ve çevre düzenlemesi için görevlendirilmiş olan kurum ve kuruluşların üzerlerine düşen görevi yerine getirmemesinden kaynaklanmaktadır.

İnce bir kül tabakası üzerinde doğanın eşsiz bir lütfü olarak önce korunan ve sonra bir bölümü yüze ye çıkan, bazaltik cürufların altında uzanıp giden fosil ayakizlerinin meydana getirdiği eğitici, düşündürücü, düşündükçe büyüleyici bu tablodan geriye yerinde birkaç ayakizi ile birkaç müzede doğal ortamından koparılmış sınırlı ayakizi kalmıştır.

Değerlendirilen Belgeler

¹ MTA Dergisi, 72, 204-208 (1969)

² Ege Coğrafya Dergisi, 6, s.11 (1992), Demirköprü baraj gölü batı kıyısında Çakallar volkanizması ve fosil insan ayakizleri

³ Yeryuvarı ve İnsan, 1/2, s. 8, İnsanlara ait fosil ayak izleri.

⁴ Yeryuvarı ve İnsan, 1/2, s. 4, Fosil insan ayakizlerinin öyküsü: İsmail Koçer ile bir söyleşi.

⁵ Ege Coğrafya Dergisi, 6, s.16-17 (1992), Demirköprü baraj gölü batı kıyısında Çakallar volkanizması ve fosil insan ayakizleri

⁶ MTA Dergisi, 72, 204-208 (1969)

⁷ Yeryuvarı ve İnsan, 1/2, s. 6, Fosil insan ayakizlerinin öyküsü: İsmail Koçer ile bir söyleşi.

⁸ Günaydın Gazetesi, 15 Ekim 1969.

⁹ Nature, vol.254, Nisan 17, s. 553. (1975)

¹⁰ TJK Bülteni, 25/2, 117-126 (1982)

¹¹ Bilim ve Teknik, 18/207, s1-2 (1985)

¹² Ege Coğrafya Dergisi, 6, s.11 (1992), Demirköprü baraj gölü batı kıyısında Çakallar volkanizması ve fosil insan ayakizleri

¹³ Ege Coğrafya Dergisi, 6, s.11 (1992), Demirköprü baraj gölü batı kıyısında

Çakallar volkanizması ve fosil insan ayakizleri

¹⁴ Ege Coğrafya Dergisi, 6, s.11 (1992), Demirköprü baraj gölü batı kıyısında Çakallar volkanizması ve fosil insan ayakizleri

¹⁵ MTA Dergisi, 72, 204-208 (1969)

¹⁶ İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi, 9/17, 7-32.

¹⁷ Yeryuvarı ve İnsan, 1/2, s. 10, İnsanlara ait fosil ayak izleri.

¹⁸ Tuncay Ercan'ın MTA Jeoloji Etütleri Dairesi'ne raporu, 29.03.1985

¹⁹ Archeo Physica, 10, 455-467 (1978)

²⁰ Ege Coğrafya Dergisi, 6, s.22 (1992), Demirköprü baraj gölü batı kıyısında Çakallar volkanizması ve fosil insan ayakizleri.

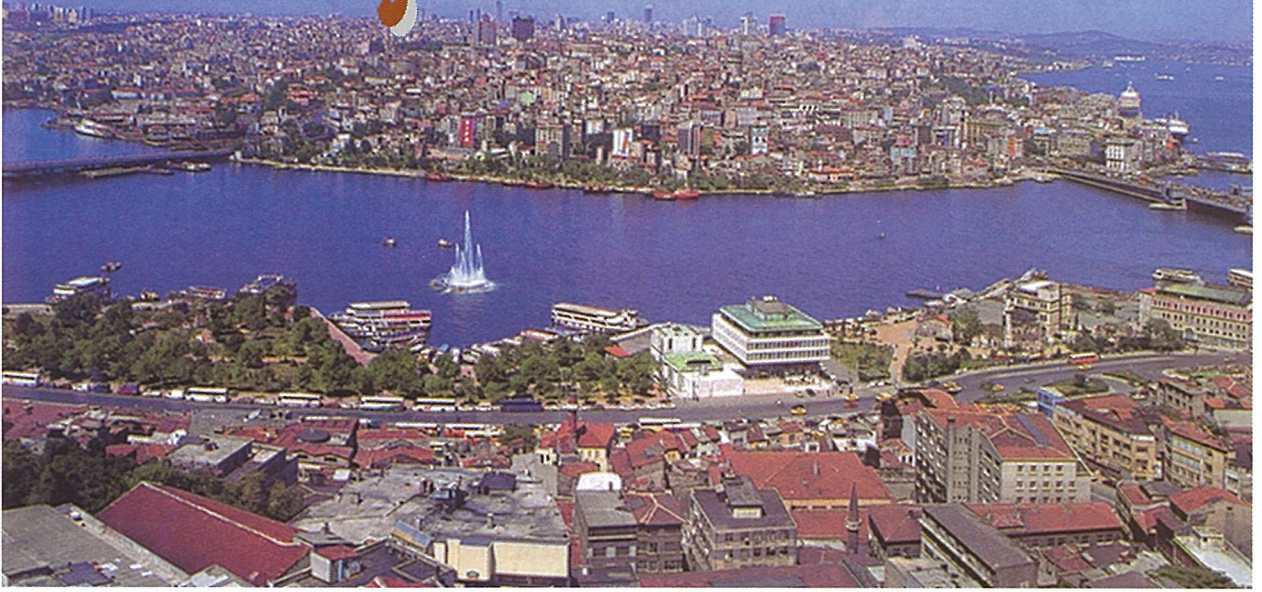
Faruk Ocakoğlu

Dr., MTA Jeoloji Etütleri Dairesi

Çetin Ertürk

Jeoloji Yüksek Mühendisi, MTA Tabiat Tarihi Müzesi

ESKİ HALIÇ YE ÇAMURU



Damaklara tat veren, camilere çini olan siyah renkli haliç çamuru, bugün her türlü kirleticiler nedeniyle özelliğini kaybetmiştir. Eskilerde bahçeleri, bostanları ve dereleri ile meşhur olan Haliç'i, şimdilerde kokan suyu ve taşlaşmış yapılarıyla seyretmekteyiz.

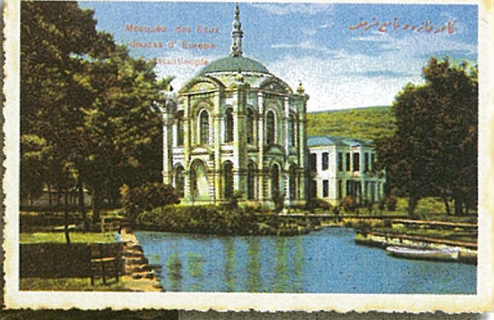
Eyüp, Kağıthane, Alibeyköy, Hasköy ve Sütlüce Haliç'in etrafında yer alan yerleşim birimleridir. Eskiden Haliç'in Haliç olduğu dönemlerde bu yerleşim yerlerine kayıklarla seyahat edilirdi. Haliç'e akan Kağıthane Deresi o kadar temizdi ki, etrafında mesire yerleri vardı. Bizans döneminde Barbiros olarak adlandırılan Kağıthane Deresi'nin ismini Kağıt Değirmeni'nden aldığı zannedilmektedir. En gösterişli zamanını Lale Devri'nde yaşayan Kağıthane, II. Beyazıt döneminde askeri kışla,

Kanuni Sultan Süleyman döneminde ise eğlence ve avlanma mekanı idi.

Haliç'in etrafında yer alan Çömlekçiler mahallesi, düz ve kıyıya yakın bir yerde kurulmuştu. Bin-evli, bağlı-bahçeli ve bakımlı bir mahalleydi. Burada birçok saray ve bostanlar vardı ve evler kat kat idi, caddenin her iki yanında da çömlek işleri ile uğraşan dükkanlar bulunuyordu. Bu dükkanlarda Kağıthane, Haliç ve Sarıyer'den çıkarılan çamurlardan maşrapa, çömlek ve sürahi yapılırdı. Bunların ben-

zerleri ancak Çin ve İznik çinileriydi. Çömlek yapımında kullanılan çamurun testisinden su içenin damağı kokulanır ve vücudu ebedi hayat bulur dedirtecek özellikleri vardı.

Evliya Çelebi bu yer hakkında "250 kadar kiremithane vardı, zira buralarda denizden Temmuz ayında Arnavut kavaslar bir türlü Hıy-ı siyah (siyah çamur) çıkarırlar ki başka yerde bulunmaz. Çamuru çıkarıp gemilere doldururlar. Kırk gün havalandırdıktan sonra am-maller (hammallar) içine girip pest-i pa



(ayakla ezerek) tamir ederler. Bununla yapılan kiremit ve tuğla piştiği vakit levni siyahını (siyah rengini) ahmere (kırmızıya) tahvil eder (dönüştürür). Bilocümle İstanbul hanedanları damlarını bu (kiremitten) kiremitle örttükleri için İstanbul geriden bakana kırmızı görünür" ifadelerini kullanmıştır.

Evliya Çelebi "Eyüp kasabasında caddenin iki tarafında 250 dükkana varan çömlekçi, sandıkçı, bardakçı ve maşrapa yapan imalathaneler vardır" der. Bu imalathanelerdeki ustalar, Kağıthane ve Sarıyer'den getirdikleri çamurlardan çok güzel maşrapa, sürahi ve çömlekler yapmışlardır. Özellikle Haliç ve Eyüp'te çömlek, Hasköy'de tuğla



ve kiremit yapılmaktaydı (Bizans'ın meşhur tuğlası da Hasköy'de imal edilmekteydi). Hasköy ve Sötlüce arasındaki Piripaşa Cami'nin bulunduğu saha ve civarında da kiremit ve tuğla yapıldığı için Bizans Devri'nde buraya KİREMİTYA denmekteydi ve Bizans'ın meşhur tuğla ve kiremitleri de faaliyet halindeydi.

Eski Haliç'in denizden çıkarılan bu balçık, belli bir süre

havalandırılır, ayakla ezilerek bazı temizlikler yapılır ve kullanıma hazır hale getirilirdi. Siyah renkli bu çamurun pişirildiğinde kırmızıya ve beyaza dönüştüğü belirtilir. Eski Haliç çamuru, günümüzdeki Unkapanı-Galatasaray Köprüsü bölgelerinde bulunmakta, çamur, denizden 30-35 m derinliklerde yer almaktadır. Siyah renkli, yumuşak olan bu çamur, 2-7 m kalınlıktadır. Günümüz Haliç çamurunda organik madde miktarı artmış ve çamur kirlenmiştir. Özellikle bazı kesimler doldurulmuş ve çamurun üstü kapatılmıştır.

Mimar Sinan'ın, inşası olay ha-



Kaşileri ve tuğlaları Eski Haliç çamuru ile yapılmış Süleymaniye Camii



Meşhur yapıt Süleymaniye ve kırmızı damları

line gelmiş Süleymaniye Camii'nin minarelerinde kullandığı kaşilerin (sırlı duvar cinsi) ve tuğlaların Haliç yapımı olduğunu biliyor muydunuz? Gelin bu muhteşem yapıtın nasıl inşa edildiğini ve bunca depremi geçirip de nasıl ayakta kaldığını anlatalım.

Sinan, Kayseri'nin Ağırnas Köyü'nden kalkıp İstanbul'a gelir ve mimarlık ile Yeniçeri Ocağı'nda tanışır. Seferlerde yaptığı köprülerin yanında hanlar, camiler,

hamamlar, medreseler ve şifahaneler derken, ünü bütün imparatorluğa yayılır. Bu durum Kanuni'nin de dikkatini çeker, Sinan'ı saraya çağırarak cami yapımı için proje hazırlamasını emreder.

Caminin temel kazısı üç yıl sürer. Bu arada Sinan, camiinin yapımında kullanılacak taşları imparatorluğun dört bir yanından inşaat alanına taşır. Beyaz mermerler Marmara Adası'ndan, taşlar Davutpaşa, Haznedar, İzmit ve

Karacabey'den, tuğlalar da Haliç'ten getirilir. Temellerin oturması için tam üç yıl beklenir. Yapıt 1597 yılının Ekim ayında bitirilir. Özellikle tuğlaları meşhurdur ve Haliç çamurundan yapılmıştır. Evliya Çelebi, cami minarelerinde kullanılan kaşilerin İstanbul işi ve hammaddesinin Eski Haliç çamuru olduğunu belirtir.

Haliç'in dillere destan olan bu çamuru, karakteristik fosil gibi 'iz' olmuştur. Damaklara tat veren, camilere çini olan siyah renkli Haliç çamuru, bugün her türlü kirlenmeler nedeniyle özelliğini kaybetmiştir. Eskilerde bahçeleri, bostanları ve dereleri ile meşhur olan Haliç'i, şimdilerde kokan suyu ve taşlaşmış yapılarıyla seyretmekteyiz.

Haliç'e akan Kağıthane Deresi'nden bir görüntü



Constantinople.

Vue Generale des Eaux Douces a Serris.

Deniz İskender Önenç

Jeoloji Yüksek Mühendisi, MTA, Maden Etüt Dairesi

Anadolu Obsidyen Oluşuklarının Tarihöncesi Yakındoğu Topluluklarınca Kullanımı¹

Ege Denizi'nden Hazar Deniz-i'ne ve Kafkaslar'dan İran Körfezi'ne dek Eskitaş Çağı sonu-Bronz Çağı geçişinde (günümüzden 14000-6000 yıl önceleri arasında) el-aletleri yapımında obsidyen yaygın biçimde kullanılmıştır.

Obsidyen, kesilebilme özelliği, işlenmeye elverişli oluşu ve büyüleyici görünümlü parlak siyah yüzeyi ile değerli bulunmuş; Mezopotamya ve Asur yazıtlarında ise büyü törenlerinde heykelciklere takı olarak kullanılmıştır.

Obsidyen, bulunuş yerine ve dolaşımında olduğu döneme göre günlük kullanım aracı ya da takıtaşı olabilmıştır. Ancak bu volkanik cam Altın Üçgen yöresinde (Lübnan Dağı-Amanos Dağları-Zagros Dağları arası bölge) bulunmaz; varolan kaynaklar kuzeyde, Anadolu ve Kafkaslar'dadır. Kafkaslar'daki obsidyen yatakları Transkafkas topluluklarınca yaygın biçimde kullanılmış; ancak Ortadoğu ile alışverişe çok az konu olmuştur. Bu açıdan Anadolu, tarihöncesi Ortadoğu yerleşkelerinde bulunmuş olan obsidyenlerin tek kaynağıdır. Bu doğal kaynak, uzak yöreler arası ticarete kullanılan bir değişim aracı olup, tarihöncesi toplulukları irdeleyenler için, dağılım yollarını belirleyebilmek açısından önemli bir bilgi kaynağıdır.

Obsidyenlerin Jeolojik ve Arkeolojik Tanımlanması

Jeokimyasal tanımlama, gerek

jeolojik ve gerekse de arkeolojik örnekler için yaygın biçimde kullanılır. Bunda amaç, oluşum sürecini tanımlamak değil, arkeolojik bulguların kökenini tanımlamaya olanak sağlayacak ölçütleri bulmaktır. Ana element farklılıklarına göre yapılan tanımlama, yararlı olmasına karşın yeterli değildir. İz element çözümlenmelerine ve özellikle de nadir toprak elementlerine dayandırılan bir ölçüm yöntemi geliştirilmelidir.

Obsidyenlerde yaşlandırma, jeolojik bulunuş ve arkeolojik parçalara göre yapılmaktadır. Bu yöntem, farklı yaşlardaki kaynaklardan alınan obsidyenlerin benzer kimyasal bileşime sahip olmaları durumunda kesin bilgiler vermektedir.

Anadolu'da bu işlem 4-8 milyon yıl yaşındaki Bingöl Alkalini ile 100 bin yıldan genç Nemrut Dağı ve çok yakın bileşimli Göllü Dağı-Batı (1.1 milyon yıl yaşında) ile Acıgöl-Doğu Kaldera (190-150 bin yıl yaşlı) için uygulanabilmıştır. Çoğu yaşlandırmalar fizyon izi yöntemi ile saptanmış olup, daha güncel olarak ⁴⁰Ar/³⁹Ar çözümlenmesi uygulanmaktadır. Tarihöncesi Yakındoğusu'ndan ise sadece birkaç arkeolojik örneğin Sr çözümlenmesi yapılabilmektedir.

Anadolu obsidyen yatakları ile (tüm) Yakındoğu arkeolojik obsidyen bulguları veri tabanlarının bir bileşimi bağlamında, Anadolu'da dört alan ayırtlanabilir:

-Obsidyen'in dağılık bulunduğu ve tarihöncesi çağlarda çok az kullanıldığı Batı Anadolu,

-Bol obsidyen oluşuğunun tarih-

öncesinde yoğun kullanıldığı ve Yakındoğu ile ticaret konusu oluşturduğu Kapadokya,

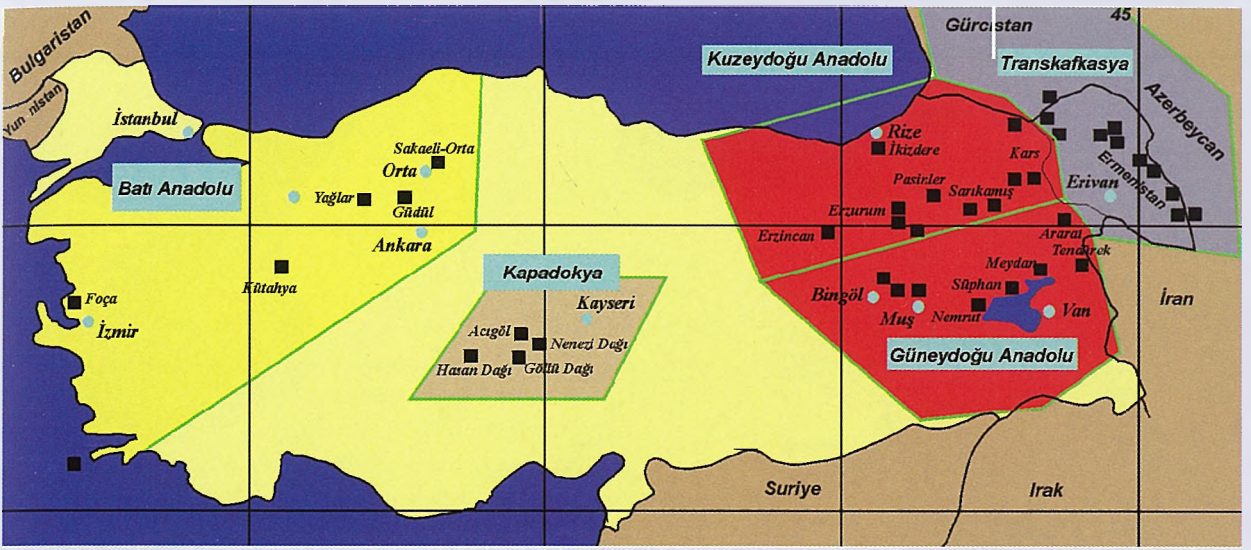
-Küçük obsidyen oluşuklarının bol bulunduğu, yörede bolca kullanılmış olmasına karşın, Yakındoğu'ya dağılmamış olduğu Doğu Anadolu (Erzincan-Ermenistan arası) ve

-Bol obsidyen oluşuklarının yoğun kullanıma ve Yakındoğu ile ticarete konu oluşturduğu Güneydoğu Anadolu (Bingöl-İran sınırı arası).

Batı Anadolu Obsidyenleri

Galatya Masifi'nde Yağlar, Galatya-X ve Sakaeli-Orta obsidyen alanları saptanmıştır. Bu oluşuklar 25-21 milyon yıl arasında yaşlandırılmış olup, Anadolu'daki en yaşlı obsidyen oluşukları oldukları düşünülmektedir (Şekil 1). Bu oluşukların özelliklerini taşıyan arkeolojik bulgular Marmara Denizi kıyılarında (Fikirtepe, Pendik ve Ilıpınar; Şekil 2 ve 3) bulunmuş olup, yerel bir Yenitaş Çağı kültürünün ürünüdür ve günümüzden 7000 yıl öncesine uzanır. Bu bulgular, Galatya Masifi kökenli obsidyenlerin tarihöncesi topluluklarca kullanılmış olduğunun belgelendiği tek kanıtlardır. Gündül yakınlarındaki Galatya-X arkeolojik obsidyen bulgusunun kökeni belirlenememiş olup, değişik bir kimyasal bileşim sergilemektedir. Kalabak Vadisi (Eskişehir-Kütahya) ve Foça yöreleri oluşukları ise ayrıntılı bilinmemesine karşın, el-aletleri yapımı

¹ Chataigner, C. vd., 1998; Turkish occurrences of obsidian and use by prehistoric peoples in the Near-East from 14000 to 6000 BP, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85, pp 517-537'den özetlenerek çevrilmiştir.



Şekil 1: Anadolu ve Transkafkasya'da ana obsidyen oluşuklarının konumu. Güdül, Galatia-x kaynaklı el-aletleri alanıdır.

için elverişli olmadıkları saptanabilmiştir.

Kapadokya

Acıgöl Kuaterner Karmaşığı Obsidyenleri: Bu karmaşık üç evrelidir ve herbir evresinde obsidyen püskürtülmüştür. Boğazköy, Tuluca-Kartal Kayası ve Taşkesik'teki obsidyen akıntıları en yaşlı aktiflik evresinin (190-150 bin yıl öncesi) ürünüdür ve "Acıgöl Doğu Kaldera-öncesi birimler" olarak tanımlanır. Kaldera içinde günümüzden yaklaşık 70 bin yıl önce riyolit ve obsidyen özellikli Hotamis Dağı (Kocadağ) Domu oluşmuştur ve "Acıgöl Doğu Kaldera-sonrası volkanikleri" olarak adlandırılmıştır. Karmaşığın batı bölümünde günümüzden yaklaşık 20 bin yıl önce gelişen genç domları ve maarları oluşturan volkanik faaliyet ise "Acıgöl Batı Volkanikleri"ni üretmiştir.

Bu Karmaşık içinde en yaşlı volkanik faaliyete bağlanabilecek olan ve arkeologlarca Ie-f Acıgöl Grubu adı ile tanımlanan obsidyenlerin özellikleri, Galatya ve Kapadokya'dan Doğu Anadolu ve Kafkaslar'a değin çoğu oluşuğun özellikleri ile uyduğundan, bu adlama obsidyenin kaynağı açısından bir anlam taşımaz. Bu yöre obsidyenleri, en yaşlı aktiflik döneminde

oluşmuş ve belirli alanlarda (Tuluca Tepe) yayılmış iyi nitelikli olanlar dışında, işlemeye elverişli değildir ve tüm Yakınoğu'da son sekiz bin yıl için çalışılmış olan el-aletleri buluntularından sadece ikisi bu kaynağa bağlanabilir: Aşıklı (Aksaray) ve El-Kowm (Palmyra, Suriye) yerleşkelerindeki buluntular (Şekil 2).

Nenezi Dağı:Göllü Dağı kuzeybatısındaki Nenezi Dağı obsidyenleri, fizyon izi ve $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ölçümlerine göre günümüzden 1.2-1 milyon yıl önceki bir püskürmenin ürünüdür ve genel çizgileri ile Göllü Dağı'nın yaşıttır.

Bu obsidyen oluşuğunun özellikleri, Anadolu, Kıbrıs, Suriye ve İsrail'de bulunmuş olan tarihöncesi el-aletlerinin bu yöre kaynaklı olabileceğini doğrular. Bu kaynağın tarihöncesi dönemlerde işletilmiş olduğu, bu volkanın batı yamacındaki kırma (işletme) alanlarının varlığı ile kanıtlanmıştır.

Göllü Dağı: Bu volkanda tüm obsidyen oluşukları için Erken-Orta Pleyistosen yaşı (1.5 milyon-900 bin yıl) saptanmıştır. Bu nedenle, domlar, dom akıntıları, piroklastikler ve epiklastiklerden oluşan ve aşınmış bir katmanlı-volkana (stratovolkan) ait olan kayaç karmaşığı, batı sınırında bazaltik lav akıntılarında oluşan taban düzeyine yakın yaşta, ancak ondan daha gençtir. Karmaşık ve taban düzeyi, sırası ile,

1.9±0.1 milyon ve 3.6±0.4 milyon yıl yaşlarını vermiştir. Bu veriler tüm Göllü Dağı'nın 4 milyon yıldan genç olduğunu gösterir.

Göllü Dağı-Doğu Bölgesi: Kayırlı doğusundaki akıntılar 70 m'yi aşan kalınlıktadır ve perlit-obsidyen ardalanmasından oluşur. Kömürcü Köyü dolayında ise üç ardıl oluşum evresi izlenmiştir.

Göllü Dağı-doğu oluşuğu günümüze dek bulunabilmiş en bol, homojen ve iyi nitelikli obsidyendir. Erken dönemden başlayıp, Yakınoğu'da yayılmıştır (Şekil 2). Mureybet'te (Orta Fırat), Levant kıyılarından gelen tarih-öncesi toplulukların, günümüzden 10500 yıl önceki ilk yerleşkelerinin 400 km uzağında bulunmuştur. Bu dönemde Kapadokya obsidyen yatakları yakınında hiçbir yerleşik kültür yoktur ya da en azından belgelenememiştir. Ancak, bu evrede obsidyenin alışveriş aracı olmaya değer görüldüğü ve hayvan kabukları ya da turkuaz gibi, uzak yöreler boyunca dolaşımda olduğu tahmin edilmektedir. Bu ilk evre sonrasında, 10300-9600 yıl önceleri arasında, Göllü Dağı obsidyeninin, kuzeyde Fırat Vadisi'nden (Cheikh Hassan, Jerf-el Ahmar) güneybatıda Şam yöresine (Aswad) ve Ürdün Vadisi boyunca Ölü Deniz'e (Jericho) değin uzanan alanda dolaşımda olduğu belirlenmiştir (Şekil 2 ve 3).



Şekil 2: Kapadokya obsidyenlerinin günümüzden 14 bin-6 bin yıl önceleri arasında Yakındoğu'da dağılımı.

9600-8000 yıl önceleri arası dönemde Kapadokya'da yerleşkeler (Aşıklı Köyü-Aksaray) kurulmuş ve yerel obsidyen kaynağı el-aletleri yapımında yaygın biçimde kullanılmıştır. Çömlekçiliğin ortaya çıkışı (8000-7000 yıl önceleri arası) ile bu kaynaktan obsidyen Konya Ovası'nda (Çatalhöyük) ve Kilikya (Mersin) kıyılarında yayılmıştır. Bir ölçüde Kıbrıs'ta da bilinen bu obsidyen, 7000 yıl öncesi dolaylarında Marmara kıyılarına (Fikirtepe, Pendik, Ilıpınar) ve Ege kıyılarına (Sivritepe) yayılmıştır (Şekil 2 ve 3). Yine bu dönemde Yukarı Mezopotamya (Mashnaqa) ve Güney Zagros (Tepe Sabz) yörelerinde de izlenir.

Göllü Dağı-Batı Bölgesi

Kayırlı yakınında pomzalar içinde bulunan obsidyen, Kuzey Bozköy Domu dış fasiyeslerinde de küçük mercekler biçiminde bulunur.

Günümüzde varılan sonuçlar,

Göllü Dağı-Batı kaynaklı tek bir el-aletin varlığını gösterir. Bu, olasılıkla obsidyenin kötü nitelikli oluşunun bir sonucudur. Bu el-aleti buluntusu ise, Göllü Dağı-Doğu ve Nenezi Dağı obsidyenlerini yaygın biçimde işletmiş olan, keramik-öncesi Aşıklı (Kapadokya) yerleşkesi topluluğundan gelmiştir.

Hasan Dağı

Kapadokya'nın ikinci büyük volkanı olan ve Konya Ovası'nda yükselen Hasan Dağı'nda obsidyen sadece son volkanik çevrimde ve ignimbrit içinde gözlenir. K/Ar ve fizyon-izi yöntemleri ile sırasıyla 170 bin ve 390 bin yıl yaşında olduğu saptanmıştır. Kafkaslar yöresinden bazı oluşuklar (Kojun Dağı-Gürcistan ve Tsakhkunjats-Ermenistan kaynakları) ile yakın bileşimli olan bu obsidyen, bileşimi açısından el-aleti yapımına elverişli değildir ve bu nedenle de, bulunan örneklerin hiçbiri bu kaynağa bağlanamaz.

Kuzeydoğu Anadolu Obsidyenleri

Bu bölgede, Erzincan, Erzurum, Pasinler, Sarıkamış, Kars ve İkizdere yörelerinde sayısız obsidyen oluşuğu bulunmasına karşın, bu kaynaklar Kapadokya kaynaklarından daha az bilinmektedir (Şekil 1).

Erzincan Havzası

Obsidyen, Boztepe ve Değirmentepe domlarında ve ilintili ignimbritler içinde bulunur ve $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yöntemi ile obsidyenleri oluşturan püskürmenin 400 bin yıldan yaşlı olduğu bulunmuştur.

Pasinler-Erzurum

Volcano-sedimanter havza Miosen'de aktifleşmiştir. K/Ar yöntemi tüm volkaniklerin 8.3 ± 0.1 ve 6.0 ± 0.3 milyon yıl yaş aralıklarında püskürmüş olduğunu göstermektedir.

Erzurum dolayındaki üç obsidyen oluşuğundan; kentin güneydoğusunda, Tabya Dağı-Kıbla

Tepe'de Tambura Köyü yakınlarındakinin 6.90±0.32 milyon yıl öncesi, kentnin kuzeybatısında Ilıca Köyü çevresindeki 6.83±0.36 milyon yıl ve Erzurum batısında, Ömeritepe Köyü yakınlarındakinin ise, ⁴⁰Ar/³⁹Ar yöntemi ile, 8.4±0.2 milyon yıl arası yaşta olduğu saptanmıştır.

Pasinler dolayında, Tizgi Köyü kuzeyindeki obsidyen, riyolitik domlarda, kırıntılılar içinde ve akarsu çökellerinde yüzeylenir ve ⁴⁰Ar/³⁹Ar yöntemi ile belirlenen yaş aralıkları 6.0-5.5 ve 5.5±0.1 milyon yıldır.

Sarıkamış

Sarıkamış'ın 30 km kadar yakınında en az altı obsidyen yüzleği bulunduğu ve bunların iki farklı magmatik faaliyet sonucunda oluşmuş (sırası ile 4.7-4.4 ve 3.8-3.5 milyon yıl yaş aralıklarında) olduğu, fizyon izi yöntemi ile belirlenmiştir.

Kars-Kağızman

Büyük Yağlıca Dağı, Aladağ, Akbaba Dağı ve Topuz Tepe'den (Çıldır Gölü yakınları) alınmış olan obsidyen örnekleri, en alt birim olan volkano-sedimanterler (6.9±

0.9 milyon yıl öncesi yaş aralığında) ve en üst birim olan cüruf-konileri ve sualtı tüfleri (4.1-1.9 milyon yıl öncesi yaşta) içinde bulunur.

İkizdere-Rize

İkizdere yakınlarında, Karatepe Dağı'ndaki obsidyen akıntısı K/Ar ve fizyon-izi yöntemlerinde 2.1-2.0 milyon yıl yaşını vermiştir. Bileşiminin çok değişken olması nedeni ile, tarihöncesi topluluklarca kullanılma derecesini kestirmek olanaksızdır. Ancak, ana yollardan uzaklığı ve erişim güçlüğü açısından çok da kullanılmamış ve yayılmamış olduğu düşüncesi geçerlidir.

El-Aletlerinin Bileşimi ve Jeolojik Oluşuklar

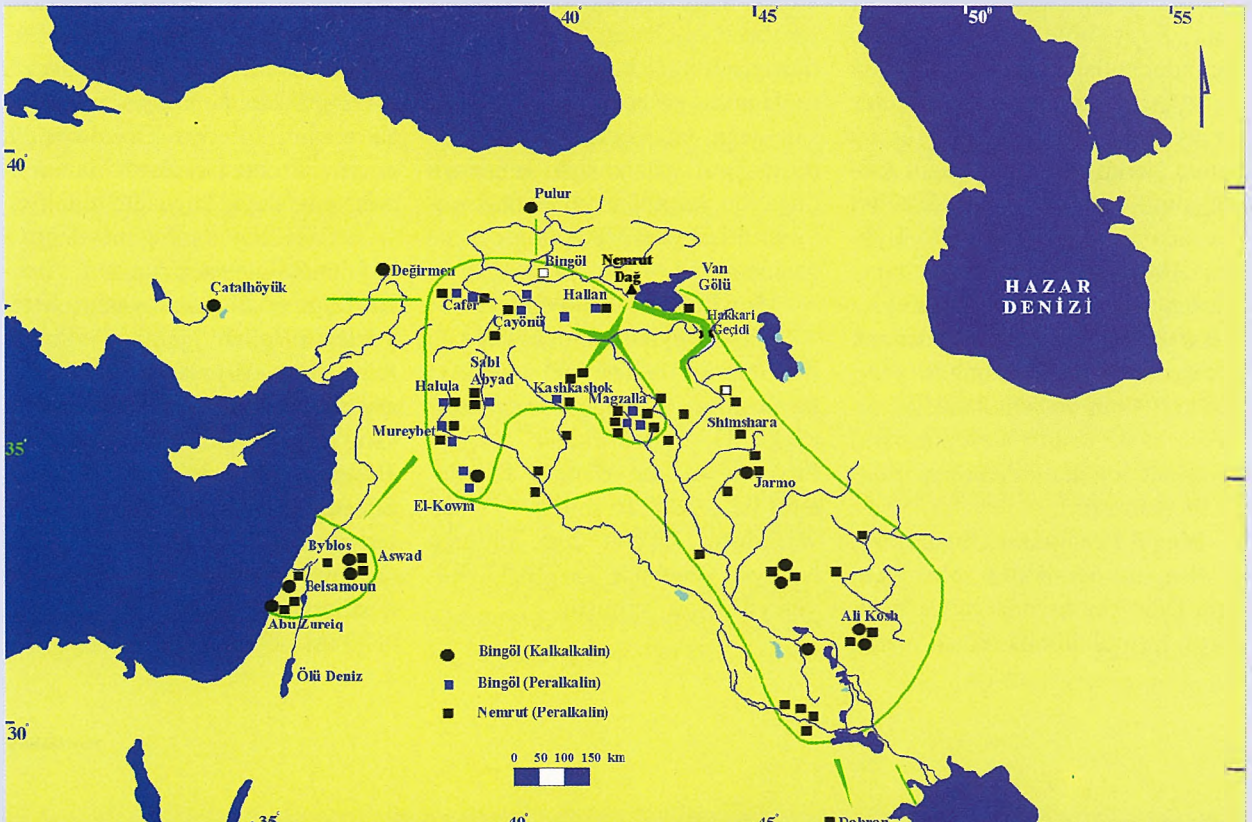
Bayburt ve Erzurum dolaylarındaki Bakır Çağı ve Geç Bronz Çağı yerleşkelerinde (Gundulak, Pulur, Sos Höyüğü, Büyük Tepe vd) ve bunların çevresindeki akarsu çökellerinde bileşimleri birbirlerinden değişik ve bilinen oluşuklar ile ilişkisi kurulamamış altı grup belirlenmiştir. Bu, çok sayıda yerel obsidyen oluşuğunun varolduğunun ve gerek birincil volkanik

oluşukların ve gerekse yeniden işlenerek akarsu çökellerinde depolanan ikincil gerecin 4. ve 3. binyıllarda bölgede yerleşmiş topluluklarca yaygın biçimde kullanıldığının kanıtıdır.

Güneydoğu Anadolu Obsidyenleri

Bingöl'den İran sınırına dek uzanan bölge (Van Gölü alanı) değişik volkaniklerin birarada püskürmüş olması açısından dikkate değer (Şekil 1). İlk volkanizma evresi, 6 milyon yıl önceki ignimbrit püskürmeleri ile sonlanmıştır. İkinci evre ise Süphan Dağı ve Ağrı Dağı (Ararat) volkanlarının Pliyosen-Pleyistosen geçişindeki oluşumu ile başlamıştır. Geç Miyosen püskürmeleri bölgedeki volkanizmanın en yaşlı örnekleridir. Bunlar günümüzdeki Van Gölü ve batısındaki Muş-Bingöl yörelerini kapsamış olan bir büyük havzada gelişmiştir. Ardından, Nemrut bazik volkanının oluşması ile bu havza parçalanmıştır. Obsidyenler gerek Miyosen volkano-sedimanter-

Şekil 3: Nemrut/Bingöl alanı kökenli obsidyenlerin günümüzden 14 bin 6 binyıl önceleri arasında Yakındoğu'da dağılımı.



lerinden ve gerekse de genç volkaniklerden örneklenmiştir.

Bingöl Kalkalkalin Oluşukları

Alatepe akıntısı ve Çatak ve Çavuşlar ikincil oluşuklarından yapılan örneklemeler Ar/Ar yönteminde aynı yaşı (4.6 ± 0.1 milyon yıl) vermiştir. Bu örneklerin özelliklerini taşıyan çok sayıdaki elaleti buluntusu değişik gruplara (Ig, B2, D, XA, B, 2 ve Bingöl B) ayrılmış olmasına karşın, tüm bu grupların bileşimi aynıdır.

Bu kaynak alandaki obsidyen çok geniş alanda yayılmıştır (Şekil 3). 10600 yıl önce Yukarı Dicle Havzası (Hallan Çemi-Batman) topluluklarınca işletilmiş; ardından 10300 yıl önce, mimari özelliklerdeki ve taş-aletlerdeki teknolojik benzerliklerin kanıtlandığı gibi kültürel (ve ticari) ilişkilerin kurulmuş olduğu Orta Fırat Vadisi (Cheikh Hassan, Mureybet) ve Şam (Aswad) topluluklarınca kullanılmıştır. Günümüzden 9600 yıl öncesinde ve sonrasında ise Bingöl obsidyeni Zagros'a değin (Shimshara, Jarmo, Ali Kosh) yayılmıştır. Bu kaynak obsidyeni Halah (Asur kayıtlarında Khalashka) dönemine dek (günümüzden 7000-6500 yıl önceleri) Yukarı Mezopotamya, Zagros ve Orta Fırat bölgelerinde yaygın biçimde kullanılmış, ancak yakın bir dönem sonrasında görünmez olmuş ve bir diğer kaynağın ürünü bunun yerini almıştır. Bingöl kalkalkalini 6500-6000 yıl önceleri arasında Levant kıyılarında (Byblos, Abu Zureiq) yayılmış, bunu izleyen çağlarda (6000 yıl önce) ise Yukarı Fırat alanında, kaynağının (Değirmen Tepe) yakınında yeniden görünmüş ve son olarak da, oldukça uzak Uruk (Mezopotamya) yöresinde ara ara kullanılmış olduğu saptanmıştır.

Bingöl Peralkalin Oluşukları

Bingöl peralkalin obsidyeni Orta Düz Akıntısı'nda ve Çavuşlar yöresi kırıntılılarında ikincil olarak

saptanmış ve fizyon izi yöntemi ile 8-4 milyon yıl arasında yaşlandırılmıştır. Ar/Ar yönteminde ise, Orta Düz oluşuğu için 4.2 ± 0.1 , Çavuşlar kaynağı için ise 4.6 ± 0.1 milyon yıl yaşı saptanmıştır. Bileşimi, 80 km uzaklıkta ve 100 bin yıldan genç Nemrut obsidyen oluşuğu ile aynıdır ve bu nedenle de bu iki kaynağı ayırtlamada yaş çok önemli bir etmendir. 9500 yıl önce kurulmuş olan ve Bingöl kaynağından 100 km, Nemrut Dağı'ndan ise 200 km uzaklıktaki Çayönü (Diyarbakır) yerleşkesinde bulunmuş elaletlerinin fizyon izi ölçümleri bunların en az yarısının Bingöl kaynağı ile iyi ölçüde denestirilebileceğini göstermiştir. Ancak genelde, Bingöl obsidyenlerinin dağılımının sınırlı kalmış olduğu düşünülür (Şekil 3). Günümüzden 9600 yıl önce Çayönü (Yukarı Dicle-Diyarbakır) ve Cafer (Aşağı Fırat) havzalarında yayılmış ve kalkalkalin obsidyenin Mureybet (Orta Fırat) yönündeki dağılımını izlemiştir. 8600 yıl öncesinde Magzalia (Kuzeybatı Irak) çevresinde, Cafer (Aşağı Fırat) yöresi ile ilişkili bir kültür gelişmiş ve aralarında Bingöl obsidyenlerinden yapılı olanların da yer aldığı, %75'i değişik kaynaklı obsidyen el-aletleri üretmiştir. Bu bölgede Bingöl kaynağından gereç sağlanması en çok 7 bin yıl öncesine değin olagelmiştir. Bu, Halula (Orta Fırat) yöresi için de geçerli olup, bu kaynağın güneydeki yayılımı El-Kowm Vahası'nın ötesine geçmemiştir.

Muş Bölgesi Obsidyenleri

Muş kuzeyinde, Bingöl kaynağı ile Nemrut Dağı'na eşit uzaklıkta iki obsidyen oluşuğu bulunmuştur (Şekil 1). Mercimekkale oluşuğu Pliyosen yaşlıdır ve fizyon izi yöntemi ile 1.96 ± 0.16 milyon yıl yaşı verilmiştir. Ziyaret Tepe oluşuğu ise aynı yöntemde 2.67 ± 0.37 milyon yıl yaşını vermiştir.

Nemrut Dağı

Obsidyen, bu volkanın (Şekil 1) tüm yapılanma evrelerinde izlenmiştir. Kaldera öncesi obsidyen akıntıları güney ve doğu kanatlarda yoğun olmasına karşın, kuzeydoğu kanatta azdır. Kaldera doğu bölümü obsidyen ve riyolit bileşimli domlar ve akıntılar ile kaplanmıştır.

Yakındoğu'da çalışılmış buluntu el-aletlerinin önemli bir bölümü (750 buluntudan 250'si) Nemrut Dağı ve/veya Bingöl obsidyenleri grubundadır. Nemrut Dağı (kaldera-sonrası) obsidyeni, çağlar ve yöreler boyunca geniş yayımlıdır (Şekil 3). Yakın yıllara değin göçerlerin göç dönemlerinde izlemiş olduğu Bitlis-Dicle Havzası/Çayönü/Nemrik/Jezirah (Kashkashok) geçidi, olasılıkla, Nemrut Dağı obsidyeninin bu bölgede Yenitaş Çağı'ndan Bronz Çağı'na değin yaş verilmiş yerleşkelere yayılmış olduğu dönemlerden kalmadır. Aswad (Şam) dolayında, bu doğal kaynağın büyük uzaklıklara hızla yayılmış olduğunu belgeliyen ve 10300 yıldan yaşlı el-aletleri bulunmuştur.

Nemrut obsidyeninin Shanidar'a (Kuzey Zagros) yayılımı Geç Eski-taş Çağı'nda ve yakın dönemlerde gerçekleşmiştir. Shanidar yerleşkesi Van Gölü'nden 300 km uzakta olmasına karşın, Yüksekova geçiti ile erişimi kolaydır. Olasılıkla, bu geçit çok erken çağlarda da izlenmiş ve bu doğal kaynağın tüm Yenitaş Çağı boyunca güneydoğuya yayılımına olanak tanımıştır. Nemrut Dağı ve Bingöl kaynağı obsidyenleri, Hallan Çemi'de (Yukarı Dicle Havzası) 10600-10000 yıl öncesinde kullanılan taş-aletlerin %60'ının, Cafer'de (Yukarı Fırat Havzası) 9600-8600 yıl önceleri dönemde kullanılmış taşan el-aletlerinin %90'ının ve Shimshara'da (kuzey Zagros) 8000-7000 yıl önceleri arasındaki taş-aletlerin %80'inin hammaddesini oluştur-

muştur. 6500 yıl öncesinde Ürdün Vadisi'ne ve Levant kıyılarına (Munhata, Abu Zureiq), Aşağı Mezopotamya'ya ve İran Körfezi batı kıyılarına yayılmıştır.

Süphan Dağı

Nemrut Dağı'nın doğu sınırındadır (Şekil 1). Lavlarının Nemrut volkaniklerinden tümü ile değişik olduğu saptanmıştır. Zirvesinde asidik domlar ile dolu küçük bir kaldera yer alır. Güneybatı ve güneydoğu yamaçlarında koniler bulunur. Obsidyen kuzeyde ve güneydoğuda az bulunur. Yaşlandırma bulguları Süphan Dağı'nın 0.7-0.1 milyon yıl öncesi arasında aktifleşmiş olduğunu düşündürür. Yaş verilmiş olan kuzey obsidyenleri yapılanma sürecinin sonunda oluşmuş olup, bileşim açısından Acıgöl-Doğu (Kapadokya) oluşuğu ile aynıdır ve Ie-f grubu içinde yer alır.

Ziyaret Dağı/Meydan Dağı

Obsidyen oluşuğu, Meydan Dağı karmaşığının bir bölümünü oluşturan Ziyaret Dağı kalderası içinde ya da çevresindedir. K/Ar ve fizyon izi yöntemlerinden, birbirleri ile tam uyuşmasa da, Orta-Pleyistosen yaşlı bir volkanik faaliyet olduğu saptanmıştır. Süphan Dağı obsidyenlerinden daha farklı bileşimlidir.

Bileşimi Anadolu için alışılmadık olan, ancak "3a" olarak tanımlanan gruptan el-aletlerinde saptanmış olan bileşime çok yakındır. Bu özellikleri taşıyan el-aletleri 7000 yıl öncesinde Altın Üçgen kuzeydoğu bölümünde ve Van Gölü-Urmiye Gölü-Yukarı Mezopotamya arası bölgede görünmüştür. Bu bölge, izleyen dönemlerde, kuzeyde Aras Havzası'na dek yayılan ve "3a" grubunun kaynağı gibi daha önceleri erişilememiş olan obsidyen kaynaklarının işletilmesine olanak tanıyan Halah Kültürü'nün egemenliğinde olmuştur. Bu obsidyenden yapılmış el-aletlerinin sonraki dönemlerde Byblos (Levant kıyıları), Tepe Yah-

ya (İran) ve İran Körfezi kıyılarındaki varlığı belirlenmiştir.

Yüksek Rb Obsidyeni

Obsidyenden yapılmış onbir el-aleti buluntusunun irdelenmesi Anadolu ve Kafkaslar'da örneklenmiş obsidyen oluşuklarından daha değişik bir bileşim, yüksek Rb içeriği vermiştir. Bu buluntularda, iz elementlerin çoğunda olduğu gibi, bileşim açısından da bir benzerlik izlenmiştir. Bu nedenle de aynı kaynaktan sağlanmış olan gereçten yapılmış görünürler.

El-aletlerinin bir bölümü ve bunların yöreler (Akdeniz ve İran Körfezi kıyıları arası) ve çağlar (8600-6000 yıl önceleri arası) boyunca yayılımı, ara ara işletilmiş olması, olası bir ikinci kaynağı düşündürür. Buldukları alanlarda bu buluntular, Nemrut Dağı ve "3a" grubuna (Meydan Dağı/Ziyaret Dağı) bağlanabilen buluntular ile birliktedirler. Bu nedenle, rubidyumca zengin kaynak, Van Gölü alanında bulunmuş olsa gerekir.

Tartışma ve Sonuçlar

Anadolu'da obsidyen oluşukları çok sayıdadır ve olasılıkla, gelecekte, özellikle de kuzeydoğu Anadolu'da yenileri bulunacaktır. Bu obsidyen oluşuklarının, el-aletlerinin yapılmış olduğu obsidyen kaynaklarının saptanabilmesi için, bileşim açısından günümüzden de kesin tanımlanmaları gereklidir.

Anadolu'da çok sayıda obsidyen oluşuğu bulunmasına karşın, günümüzde bunlardan sadece Göllü Dağı-Doğu ve ikincil düzeyde Nenezi Dağı (Kapadokya) ve Bingöl, Nemrut Dağı ve Meydan Dağı/Ziyaret Dağı (Van Gölü) oluşuklarının günümüzden 14000-6000 bin yıl önceleri arasında Yakınoğu topluluklarınca işletilmiş olduğu bilinmektedir.

Bununla birlikte, dolaşımdaki obsidyenin miktarı oldukça fazladır ve kaynaktan 200-300 km uzaklığa

kadar olan bir alanı kapsayan "ilk elden sağlama kuşağı"ndaki yerleşkelerde, taş aletlerde obsidyen kullanımını %80'i aşmıştır. Ölü Deniz (İsrail) ve İran Körfezi'ne değin uzanan "bağlantı kuşağı"nda, bin kilometreye erişen uzaklıklarda obsidyenin sınırlı ölçüde, ancak sürekli kullanılmış olması, ticaret ağının yaygınlığını ve kalıcılığını kanıtlamış ve günümüzden 9600-8000 yıl önceleri arası dönemde obsidyen el-aletlerinin bulunduğu yerleşkelerin oranı %70'e ulaşmıştır.

Kaynak sınırlılığı ile dağılımın yaygınlığının karşılığı değişik etmenlere bağlıdır;

-Tarihöncesi topluluklarca yerleşilmiş alanların sınırlarındaki Güneydoğu ve İç Anadolu kaynaklarının coğrafi dağılımı,

-Doğu Anadolu'daki sayısız kaynağa erişme güçlüğü,

-Doğal kaynağın iyi nitelikli ve iyi işlenebilir olması gereği,

-Doğal kaynağın rezerv kadar blok eldesi açısından da elverişli olması gereği (Tuluca Tepe-Acıgöl kaynağı, çok iyi nitelikli olmasına karşın, tarih öncesi topluluklarca sadece ara ara işletilmiştir),

-Dağıtım geçitleri (Kilikya kapıları) Kapadokya ile Çukurova ve Levant kıyıları arasındaki bağlantıyı sağlar. Bu geçit Göllü Dağı kaynaklı obsidyenin 10500-10000 yıl önceleri arasındaki dönemde Ürdün Vadisi, Şam bölgesi ve Orta Fırat Havzası'na yayılımını açıklar. Van Gölü bölgesi ise Yukarı Fırat ve Yukarı Dicle havzaları yakınındadır),

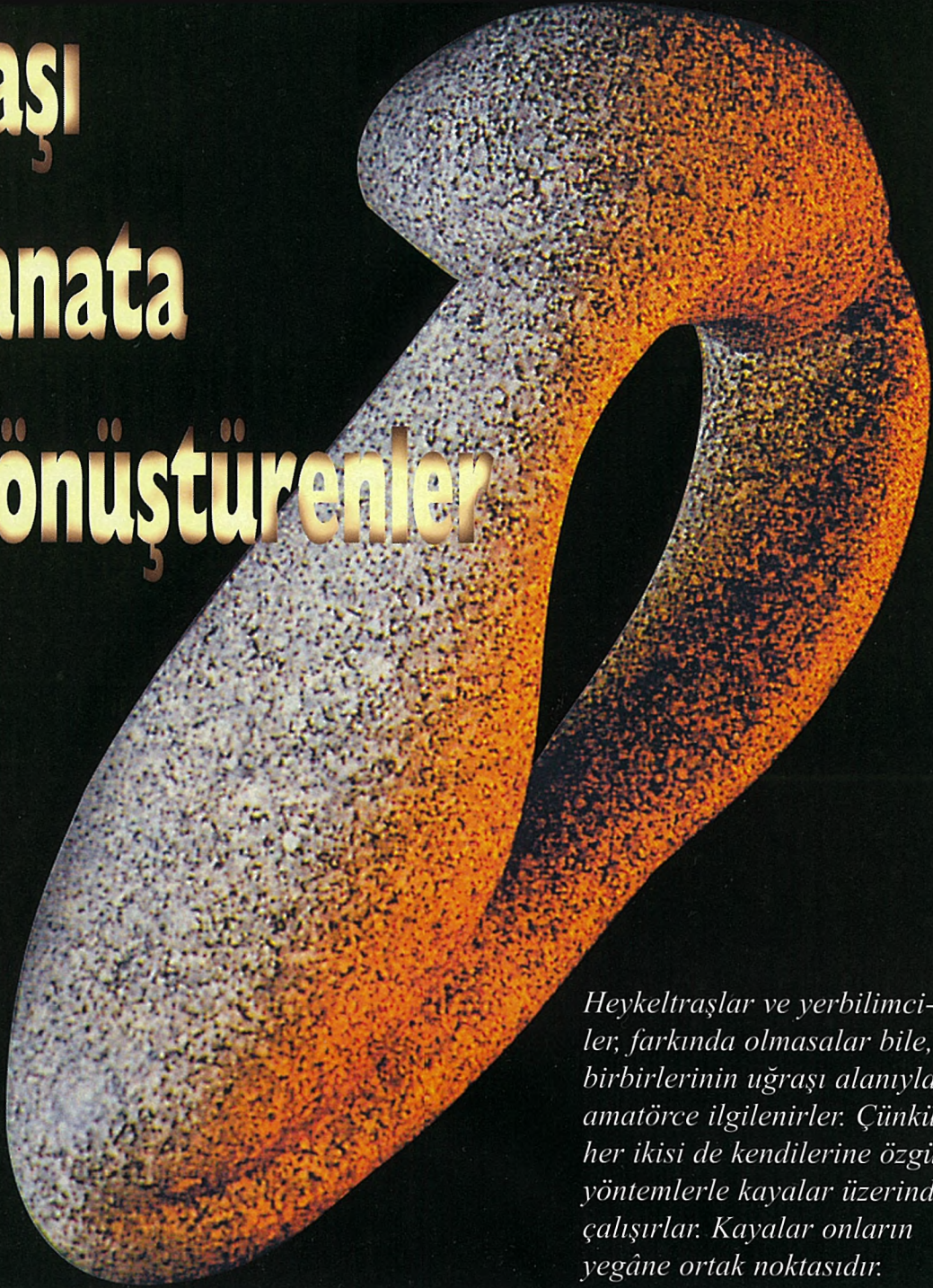
-Obsidyenin gerek günlük kullanımındaki elverişliliği ve gerekse de takı taşı olmasından gelen ikili kullanımı, Akdeniz ve İran Körfezi kıyılarından deniz canlıları kabukları ile Sina Yarımadası'ndan turkuaz ile değişime ve uzak yöreler arası ticarete olanak tanımış olsa gerekir.

Çeviren:

Dursun Bayrak

Jeoloji Yüksek Mühendisi, MTA Genel Müdürlüğü

Taşı Sanata Dönüştürenler



Resim: "Deniz Apı" Mark Hebel, Maden Mithenüsi, Çamir, 28"x17"x9"

*Heykeltıraşlar ve yerbilimci-
ler, farkında olmasalar bile,
birbirlerinin uğraşı alanıyla
amatörce ilgilenirler. Çünkü
her ikisi de kendilerine özgü
yöntemlerle kayalar üzerinde
çalışırlar. Kayalar onların
yegâne ortak noktasıdır.*

Dünya üzerinde yaşayan insanlar dağlarla ve onları oluşturan kayalarla ilgilenmekten hoşlanır, adeta onlarla içiçe yaşarlar. Ancak her insan, kayaları sadece bir kaya olarak, olduğu gibi görmekte ve buna göre davranmaktadır. Bazılarına göre kayalar, sadece yeryüzü üzerindeki birtakım çıkıntılar şeklinde algılanırken; diğer bazılarına göre ise kaya-

lar, ilahi varlıkların efsanevi veya ruhani görünümleri ya da içsel duyguların birer ifadesidir. Ancak iki grup insan, çoğunluktan farklı olarak, dağların ve kayaların kendilerine ne anlatmak istediğini çok iyi bilmektedir.

Dağlar, bir yerbilimciye göre cevaplanmamış birtakım soruların sabit kaynaklarıdır. Dağlar neden oradadır? Neden böyle şekillen-

mişlerdir? Ne kadar zamanda aşınıp gideceklerdir? Bunlardan ne gibi doğal kaynaklar üretilebilir?

Bir heykeltıraşa göre kayalar, gerek yaratıcılık için ilham kaynağı ve gerekse de pratik birer malzeme kaynağıdır. Heykeltıraş şu soruların cevabını arar: Bu kayadan neyi oyup çıkartabilirim? Bunun gücü nerededir? Ruhunu nerededir? Düşüncelerimi şekillendirmek için

hangi araçları kullanmalıyım? Taş ne şekil alacaktır?

Heykeltraşlar ve yerbilimciler, genelde bir tek ortak noktaya sahiptirler. Herbiri, bir diğerinin ihtisas alanına müdahale etmeyi düşünmez. Bununla birlikte, her ikisi de birbirlerinin uğraşı alanlarıyla çoğunlukla amatör olarak ilgilenir. Herhangi bir yerbilimcinin çalışma ortamına baktığınızda, pek çok taş ve minerali birarada bulursunuz. Bu taşlar ve mineraller, ya jeolojik anlamları için ya da yerbilimciden dinleyebileceğiniz hikayeleri için oradadır. Aynı zamanda, belirli bir rengin veya şeklin üzerinde göz gezdirdiğinde hissedilen duygusal tatmin için oradadırlar. Şimdi de herhangi bir taş heykeltraşının raflarındaki kaya ve mineral referanslarına ve jeoloji kitaplarına bir göz atalım. Bir heykeltraşla konuştuğunuzda, tartışma hemen hammadeye, onun özelliklerine ve uygunluğuna yönelecektir.

Matthew Spender'in Within Tuscany isimli kitabında söylediği gibi, "...öyle ki, heykeltraşlar taştan oyup çıkardıkları ile değil de taşın kendisi ile zihinlerini meşgul ederlerken, taş ocaklarında çalışan zanaatkarlar ise, taşın kendisini değil, ancak dağın bütününe düşünürler. Her durumda söz konusu olan, o yüce ihtiras için değersiz hırsların ayıklanmasıdır."

Taşı Oyup Şekillendirmek

Kaya ile taş arasındaki fark nedir? Taş işleyiciliğimin ilk yıllarında, yaşlı bir uzman heykeltraş ile granitin şekillendirilmesi üzerine bir makale için röportaj yapmıştım. Röportajım esnasında, "kaya" kelimesini kullandığım her an için sert bir şekilde uyarılmıştım. Röportajımın sonunda ise aradığım cevabı bulmuştum. Kaya, hali-

hazırda dağa birleşik bir durumdaydı. Bir kere ait olduğu yerden oynatıldığında "taş" olmaktaydı. Diğer taraftan, bir defasında da bir süstaşı satıcısı bana kayanın bedava olduğunu, ancak taşın bir pound ağırlığının ise bir dolar ettiğini söylemişti.

Uluslararası platformda on ana taş tipi işlenmektedir. Taşın bol bulunduğu yerlerde, yerel sanatkarlar için onu işlemek, bir alışkanlık ve aynı zamanda bir gelenektir. Onlar taşı diğer yerlerdeki yerbilimcilerin veya heykeltraşların kullandığı isimlerden farklı şekilde adlandırabilirler. Bunun da ötesinde, jeolojik isim ile taş satıcılarının kullandıkları isimler bile birbirinden farklı olabilmektedir.

Taşlar, sertliklerine göre kabaca sıralandıklarında, yumuşak taşlar (talk, jips, arduvaz, klorit), orta sertlikteki taşlar (mermer, kireçtaşı, kumtaşı, serpantin) ve sert taşlar (granitler ve bazaltlar) şeklinde tanımlanırlar. Sizin de hayal edebileceğiniz gibi, bu taş türleri çok değişik sertliklere sahiptirler.

Tıpkı jeoloji dünyasında olduğu gibi, sert kaya ve yumuşak kaya çalışan heykeltraşlar arasında da belirgin bir ayrılık vardır. Taş heykeltraşları arasındaki esas ayrılıklar, bunların ihtiyaç duydukları aletlerin tiplerinden kaynaklanır. Yumuşak taş çalışanlar, el araç-gereçleri kullanmayı ve taşa el ile dokunmayı tercih ederlerken, sert taş çalışanlar daha güçlü aletlere ihtiyaç duyarlar. Gerçekte bu aletlerin teknolojisi, taşın kendisi kadar önemli bir hal almaktadır.

Taşın Seçilmesi

Sanatçının bir parça sanat yaratmak için kullandığı taşın seçimi, pek çok değişkene bağlıdır; parçayı çalışmak için gerekli aletlerin uygunluğu, taşın rengi, tabakalanması, yapraklanması, zayıflık düzlemleri, yabancı kayaç parçacıklarına ait kapanımlar, heykelin duracağı en son yer ve sanatsal konu. Sanatçının sahip olduğu aletler, işlenecek taşın sertliğini büyük ölçüde belirlemektedir. Örneğin, talk ve jips, herhangi bir hırdavatçı dükkanında rahatlıkla bulunabilecek olan bıçaklar, törpüler ve oyuncu araçlarla işlenebilir. Bununla birlikte, orta sertlikteki taşlar daha iyi sertleştirilmiş taş kesikleri ile yüksek kaliteli törpüleri ve delicileri gerektirmektedir. Bazaltların ve granitik kayaların büyük bir kısmını kapsayan sert kayalar, taşı etkin şekilde koparabilmek için elmas başlıklı, güçlü aletlerin kullanımını gerektirir. Üstelik, daha sert taşların ve daha güçlü aletlerin kullanılması, geniş bir atelye, iyi bir havalandırma, daha büyük ve gürültülü ekipmanları



"Jeolog",
Biu Laprade,
Jeoloji Mühendisi
Siyah Mermer
14"x8"x6"

da beraberinde getirmektedir.

Taşın rengi, sanatçının vermeye çalıştığı biçim açısından oldukça önemlidir. Bazalt, norit veya labradorit, klorit ve Belçika mermeri gibi taşların koyu gri renkleri, izleyenlere gizemi ve gücü hissettirmektedir. Bu tip etkilerin en iyi biçimde hissettirilebildiği yapıtlar; Isamu Noguchi'nin heykelleri veya Maya Lin'in Washington D.C.'deki Vietnam Gazisi Askerler Anıtı'dır. Benzer şekilde, Carrara mermerinin dikkat çekici beyazlığı da barış, uyum ve saflık gibi duyguları çağırıştırır. Oniks mermerinin bazen saf ve bazen de karışık, değişik parlak renk tonları, insanı hayrete düşürücü etkiler yaratabilir. Bu taşın özellikle yarı şeffaf türleri incecik işlenip de ışığın taş içinden parıldayarak geçişine izin verildiğinde bu etki sağlanmış olur. Zimbabve'deki Shona Kabilesi'ne ait olan serpantin heykeller, dalgalı ve alacalı renklere sahip olmalarıyla, dünyanın en çarpıcı taş tasarımları arasında yer alır.

Düzlemsel olan veya olmayan tabakalanma da taşın rengi kadar önemli bir role sahiptir. Tabakalanmanın taşın ham halinde belirgin olması durumunda bu, sanatçının kafasındaki fikri taş üzerinde çalışabilmesi açısından avantaj olabilir. Tabakalanma, sedimanter veya volkanik yığılmanın ürünü olabildiği gibi, foliasyon ve gnayslaşma gibi metamorfik süreçlerin sonucunda da gelişebilir. Bununla birlikte, çoğu durumda, tabakalanmanın detayları, sanatçının 400 gritlik ıslak/kuru aşındırma kağıdını kullanarak taşı parlatmaya başladığı ana kadar fark edilemeyebilir. Bu noktada sanatçı, elde ettiği görünüm ile sıkışıp kalır. Eğer elde ettiği görü-



"Başlıksız", Ron Geitgey, Endüstriyel Mineralog. Siyah kireçtaşı kaide üzerinde manyezit mermeri her iki taş da İngiliz Kolombiya'dan getirilmiştir, kaidesiyle birlikte 16" yüksekliktedir.

nüm göze hoş görünüyorsa, sanatçı görünümün bu şekilde planlandığını da söyleyebilir. Yok eğer çalıştığı parça ile çelişirse, onun için sanatsal nesnenin ötesinde birşeydir bu.

Herhangi bir ücretli işte veya bir başka önemli işte çalışırken çoğu heykeltıraşlar, tabakalanmanın çalışmanın sanatsal değerini azaltmayacağı, masif bir taş seçmeye çalışırlar. Tabakalanmanın olumsuz yanı, katmanlar veya foliasyonlar boyunca zayıf düzlemlerin gelişebilmesidir. Bu tip düzlemler, özellikle taş için iyi bir para-

ödenmiş olduğunda veya heykel tam bitmek üzereyken, taş yarılıp, parçalandığında bütün işi boşa çıkarmış olurlar ve bu durum jeolojik anlamda alınacak pahalı bir derstir. Sanatçı, kafasında herhangi bir model olmaksızın taş üzerinde doğrudan çalıştığında, bu tip düzlemlerin yaratacağı olumsuz durumlar karşısında, tasarımını çalışmasının ortasında değiştirebilir ve genellikle de tatminkar sonuçlara ulaşır. Fakat ücretli işe ait bir parçayı çalışıyorsa, muhtemelen işe yeniden başlamalıdır ve bu sefer daha dikkatli seçilmiş bir taş parçasıyla başlayacaktır.

Heykelinde detay yaratmaya uğraşan bir sanatçı için tane boyu kritik öneme sahiptir. Genel olarak bir mermerin veya bir granitik taşın daha küçük ve daha tıkHz tane boyulu olması, heykeltıraşa daha detaylı çalışma olanağı sağlar. Bu arada şuna dikkat edilmelidir ki, daha büyük bir tane boyu, konunun kendisine ait olan düşünceyi değiştirip, başka bir düşünceye de dönüştürebilir.

Kayaçta varolan kapanımlar bazı durumlarda çalışılan parça için bir avantaj olabilir. Örneğin, çalışılan bir figürün gözlerinin yakınında bulunan koyu

renkli kapanımlar sanatçı için avantajdır. Fakat genel anlamda ifade etmek gerekirse, bu tip kapanımlar çalışma için birer engeldir. Örneğin jipslerdeki çamur cepleri genellikle cansıkıcı şeylerdir. Çünkü kayacın içine işlediğinde sonradan düzleştirilmesi gereken çukurluklar bırakır ve jipsin şeffaf parçaları içinde görünürler. Yabancı kayaç parçacıkları, zenginleşmeler ve pirit mineralleri, sadece eğer sanatçı bunları bitirmiş olduğu yüzey üzerine stratejik olarak yerleştirebilecek kadar şanslı



"Los Valles del Peru", Bill Laprade, Jeoloji Mühendisi Kireçtaşı,
20"x20"x5"

ise yararlıdır ve heykelin bir bölümünü detaylandırır. Yine de, bunlar çoğunlukla taşın kıymetini azaltan öğelerdir.

Bitirilmiş heykelin yerleştirilmesi işlemi de taşın tipinin seçilmesinde önemli bir faktördür. Eğer yapıt açık havada kalacaksa, doğanın kaprislerine karşı dirençli olmalıdır. Bu gibi durumlarda taşın yoğunluğu ve porozitesi gözönünde bulundurulması gereken kritik parametrelerdir. Granitik kayalar, bazaltlar ve çoğu mermerler gibi sert taşlar, açık havada kullanmak için uygun taş türleridir. Talk, jips ve klorit gibi daha yumuşak taşlar, neredeyse her zaman kapalı ortamlarda kullanılırlar. Kumtaşı, kireçtaşı, arduvaz ve serpantin gibi orta sertlikteki taşlar, nitelikleri yönünden oldukça değişkendir. Bunlar taştan taşa veya ocaktan ocağa değişebilecekleri gözönüne alınarak değerlendirilmelidir. Orta sertlikteki bu tip taşlar için, suya karşı direnci arttırmak amacıyla kaplama malzemelerinin kullanılması sık başvurulan bir yöntemdir ve iyi sonuçlar vermektedir.

Heykelin konusu, seçilecek

olan taşın tipinin belirlenmesinde yardımcı olur. Taş, sanatçının açığa vurmak istediği duygunun iletilmesinde önemli bir role sahiptir. Örneğin, Henry Moore'un Paris'de (Fransa) UNESCO binasındaki "Reclining Nude" (Uzanan Çıplak) isimli yapıtı, boşluklu bir traverten mermerinin ne kadar dramatik olabileceğini göstermektedir. Her bir taş tipinin kendisine özgü karakteristikleri bulunduğu, sanatçı doğru fiziksel özellikleri seçebilir ve böylece taşı bir parça sanata

ta dönüştüren duygusal nitelikleri açığa vurur.

Konunun Seçilmesi

Acaba sanatçılar, zihinlerinde önceden tasarlamış oldukları düşüncelere uygun taşı mı seçerler, yoksa önce taşı bulup, düşüncelerini sonradan mı formüleştirirler? Her durumda verilecek cevap "evet" olacaktır. Çoğu taş heykeltıraşı halihazırda her iki duruma da uygun olarak çalışırlar. Bir fikre sahip olan veya kendisine bir görev verilmiş olan sanatçı, öncelikle fikrini biçimlendirebileceği uygun fiziksel özelliklere, boyutlara ve şekle sahip taşı bulmalıdır. Aradığını hemen bulabildiği gibi, diğer taraftan istediği taşı bulabilmesi, mevcut pek çok taş türünün uzun süre gözden geçirilmesinden sonra da mümkün olabilmektedir. Aranılan taş, sanatçının ihtiyaçlarına cevap verecek özel niteliklere sahip olmak üzere taş ocaklarına da sipariş edilebilir.

Bazı durumlarda, sanatçılar, sanatı zaten kendi içinde hapsolmüş, ilginç şekilli bir taşla karşı-

laşırlar. Bu şekil, hali hazırda bakışları ilk anda üzerine toplayacak kadar çarpıcı olabilir. Buna rağmen taşın içinde saklı olanı biçimlendirmek, haftalar veya aylar alabilir. Heykelin zihinde tasarlanan konusunu dile getirme yöntemlerinden birisi, ham taş olduğu yerde bırakmaktır ki bu, sanatçıların çoğunlukla esgeçtiği bir durumdur. Bazı durumlarda zihinde bir şimşek çakar ve hemen sonrasında konunun ana hatları biçimlendirilir, sonrasında ise taş parçacıkları havada uçuşmaya başlar.

Şekil özetlerini yaratırken, konularımı çoğu zaman dalma-batma olayı ve depremler gibi jeolojiyle ilgili konulardan seçerim. En son kişisel heykelim olan "Jeolog", ben yeryüzünü bir jeolog olarak hissediyorum düşüncesini somutlaştırmaktadır. Heykel, siyah renkli fosilli mermerden yapılmıştır ve Dünya gezegeninin jeoloğun göğsüne yapışık olduğu bir figürdür. Bu şekil, dünyadaki bütün jeologların dünyayı anlamak için onunla kurdukları yakın ilişkiyi ve yürüttükleri birlikteliğin anlamını ifade etmektedir.

Çeviren: Okan ZİMİTOĞLU

Jeoloji Yüksek Mühendisi, MTA, Maden Etüt Dairesi

William T. Laprade

2308 Nob Hill Ave. North, Seattle, Wash, 98109

Bill Laprade, Seattle'daki bir jeoteknik ve çevresel danışmanlık şirketi olan Shannon & Wilson, Inc.'da başkan yardımcısı ünvanıyla çalışan bir jeoloji mühendisidir ve 1973 senesinden beri esasen Pacific Northwest'de olmak üzere mesleğini icra etmektedir.

Taş işlemeceğine 1989 senesinde başlamış olup, yere heykel sergilerinde 28 eseri sergilenmiştir ve muntazaman ücretli işlere de bakmaktadır. Dört yıldır da Sculpture Northwest dergisinde "The Stone Column" başlığı altında yazmaktadır. *Geotimes*, July 1998, 20-23

B A R I T

Atom ağırlığı 137.36 olan baryum (Ba^{2+}) elementi doğada sülfat (SO_4^{2-}), karbonat (CO_3^{2-}), kalsiyum (Ca^{2+}), alüminyum (Al^{3+}), silisyum (Si) gibi anyon ve katyonlarla bileşik yapmış ve karışmış olarak bulunur. Bunlardan sülfatla yaptığı bileşik, en çok bulunan baryum mineralidir ve barit ($BaSO_4$) olarak bilinir.

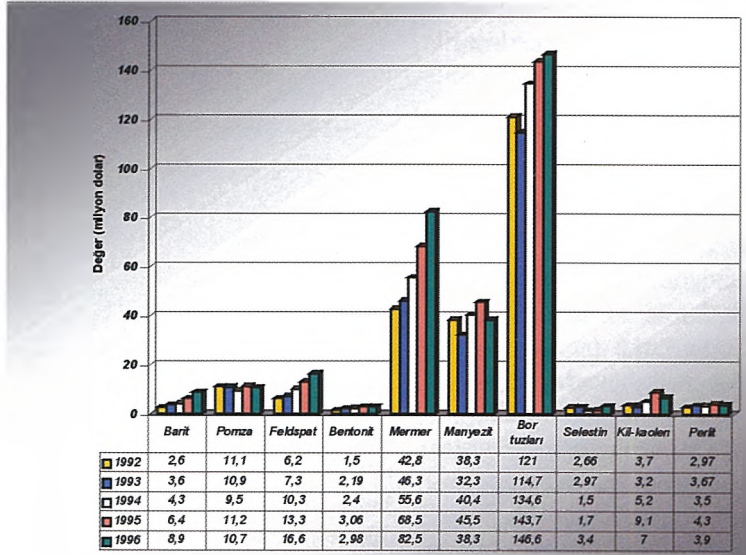
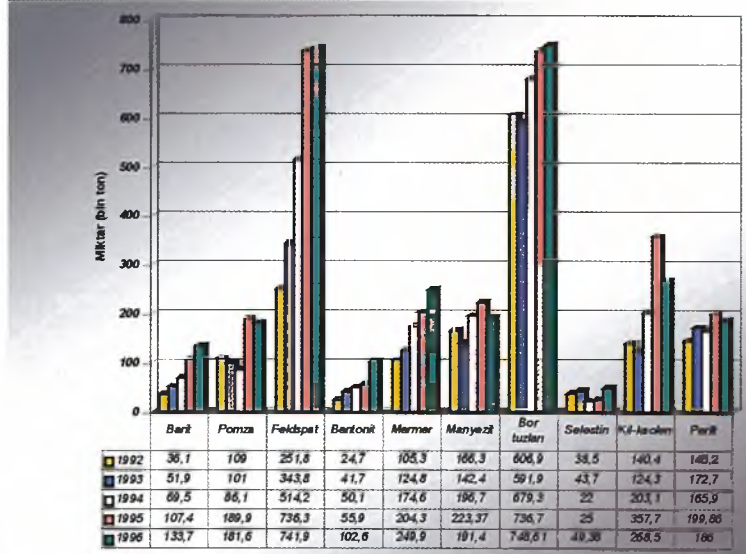
Barit adı, Yunanca'da ağır anlamına gelen "barys" kelimesinden türetilmiştir. Yoğunluğunun fazla olması nedeniyle insanoğlunun dikkatini çekmiş ve "ağır spat" adı ile anılmıştır.

Yüksek yoğunluğu, beyaz rengi, x ve γ ışınlarını soğurması ve kimyasal reaksiyonlara dayanıklılığı barite geniş bir kullanım alanı sağlamaktadır.

Türkiye'de de, önemli oranda ihraç edilen endüstriyel hammaddeler arasında yer alan barit ihracatta gerek miktar ve gerekse değer olarak ilk sıralarda yer alır (Şekil 1). Oluşturduğu yatakların kalitesi, rezervlerinin yeterliliği, üretimi, endüstrideki kullanımı ve ihracat potansiyeli ile barit Türkiye için önemli bir endüstriyel hammaddedir.

Baritin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

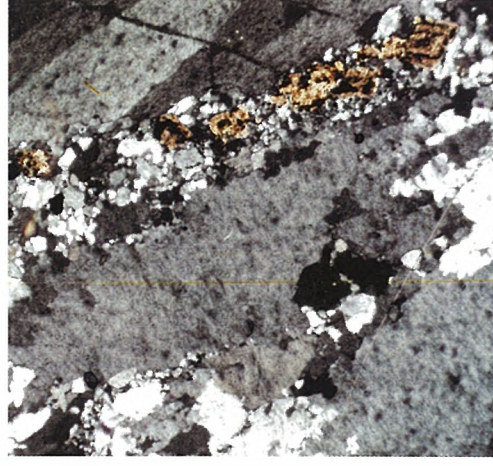
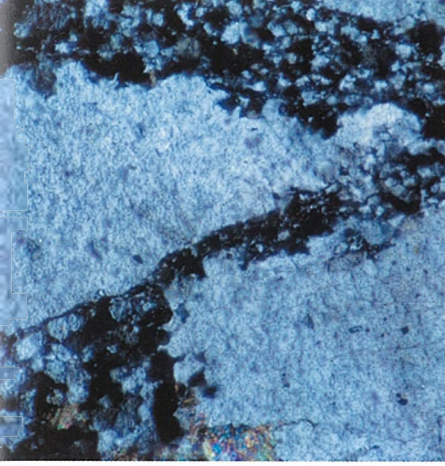
Doğada genellikle lamelli yapıda bulunan barit, ince lamelli ve toprağımsı görünüşte olabildiği gibi yumrular şeklinde de ortaya



Şekil 1. 1992-1996 yıllarında yapılan Endüstriyel Hammaddeler İhracatı.

çıkabilir. Bazen kristaller farklı yönlerde uzayarak barit gülünü meydana getirirler (Şekil 2). Mat ve yarı saydam görünümünün yanı sıra camsı ya da reçine parlaklığında da olabilir. Mohs sertlik cetveline göre (en düşük sertlikteki talk minerali; 1, en yüksek sertlikteki

elmas minerali; 10 olarak ifade edilir) sertliği 2.5-3.5 arasında olan baritin yoğunluğu 4.3-4.5 gr/cm^3 arasında değişir ve kırılındır. Beyaz, opak ve yarı şeffaf görünüşte olan barit, demir içermesi durumunda kırmızı ve kahverengi; karbonlu maddeler içermesi dur-



Şekil 2: Barit kristalleri ve mikroskopta görünümü.

munda ise siyah, sarı, kırmızı ve mavi renklerde görülebilir.

Ergime sıcaklığı 1580 °C olan barit, kimyasal formülündeki oranlara göre % 58.8 Ba veya % 65.7 BaO ve % 34.3 SO₃ içerir. Kaliteli bir barit cevheri en az % 95 BaSO₄ ve % 1-3 SiO₂ içermelidir. Barit su ve soğuk asitte çözünmez, yakıldığında yeşil renkli alev verir. Ancak, toz halindeki barit sülfürik asitte çözünür. Karbonik asit, alkali karbonatlar ve klor iyonu baritin çözünmesini hızlandırır.

Baritlerin Kullanım Alanları

1. Sondaj Çamuru Üretimi:

Barit, özgül ağırlığının 4.5 gr/cm³ oluşu, aşındırıcı olmaması, suda erimemesi ve fiyatının ucuz olması nedeniyle sondajlarda yaygın olarak kullanılır. Bu amaç için kul-

lanılan baritin % 80'i petrol sondajlarında tüketilmektedir. Delici matkabın döndürülmesiyle yapılan derin gaz ve petrol sondajlarında, çok yüksek gaz basınçları ile karşılaşılması ihtimali olan yerlerde, hazne basıncını kontrol etmede ve ani basınç patlamalarını önlemek için ağır bir devir (döngülenme) sıvısına ihtiyaç duyulur. Bu amaçla, normal kil+su karışımına toz barit ilavesi yapılır ve bu karışımın özgül ağırlığı 2.5 gr/cm³ olacak şekilde ayarlanır. Sondaj çamurunda kullanılacak baritin 44 mikron boyutunda öğütülmesi gereklidir.

2. Cam Sanayisi: Cam sanayisinde kullanılacak baritin 2.7 mikron boyutunda öğütülmüş olması gerekir. Barit ilavesiyle camın işlenebilirliği ve parlaklığı artar. Cam eriyiğinin üzerindeki köpüğü giderir, ısıyı azaltır ve yakıttan

tasarruf sağlar.

3. Boya ve Kimya

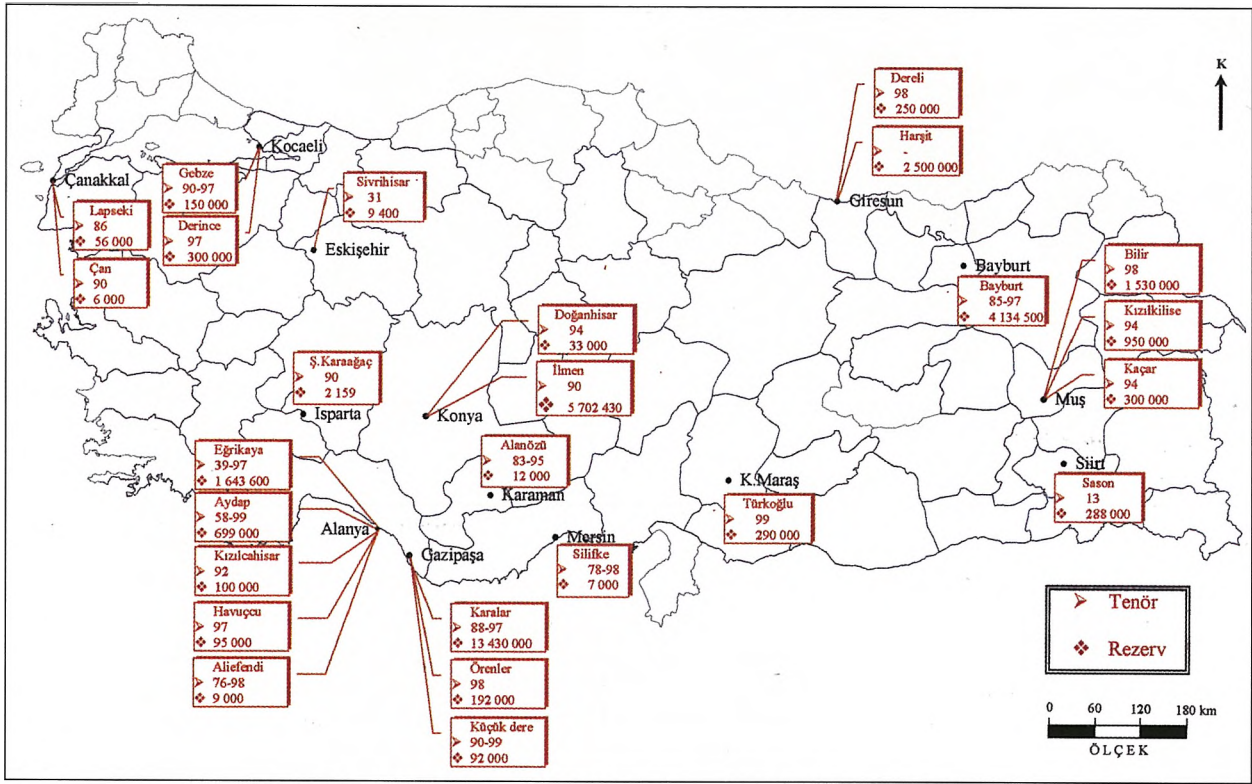
Sanayileri: Boya sanayisinde kullanılan baritin 2.7 mikrona kadar öğütülmesi ve içindeki yabancı maddelerden arındırılması gerekir. Toz barit tanelerinin su ve yağ içinde kolayca dağılışı, asitlere ve çözücülere karşı dayanıklılığı, ışık yayma ve beyaz renk verme özelliği tercih nedenleridir.

Boya sanayisinde kullanılacak baritin beyaz ve en az % 94 BaSO₄ içerikli olması istenir. İdeal olarak barit içerisinde Fe₂O₃ en çok % 0.05; suda eriyici tuzlar en çok % 0.2; nem en çok % 0.5; diğer maddeler en çok % 2 olmalıdır. Boya içerisine barit % 15 oranında katılabilir.

Barit; beyaz, sarı ve turuncu renkli boyalarda renk verici, yağlı boyalarda inceltici olarak kullanılır. Bunlardan (ZnS+BaSO₄) karışımı (litofon) beyaz renk, (CuS+BaSO₄) karışımı sarı ve portakal rengi verir. Barit; vernik, sulu boya ve pas önleyici (antipas) boya yapımında da kullanılır. Badana tipi boyalarda beyazlaştırıcı madde (pigment) olarak kullanılır.

Diğer taraftan barit; kimya, plastik ve kauçuk sanayilerinde, dolgu maddesi olarak, yer karoları, otomobil ve diğer lastiklerin yapımında, ağır ortam ve ağır beton hazırlamada ve gemi balanslarının yapımında da kullanılmaktadır.

Barit parçalanmış olarak döner fırınlarda 2400 °F'de kavrulur. Bu şekilde suda erimeyen baryum sülfattan suda eriyen baryum sülfat



Şekil 3: Türkiye Barit yataklarının tenörü (%) ve görünen-muhtemel-mümkün rezervleri (ton)

oluşur. Baryum sülfürün suda yıkanması ve elektrolizi ile $Ba(OH)_2$ ve H_2SO_3 içeren bir çözelti elde edilir. Bu çözelti filtre edilerek kirli maddelerden ve karbondan arındırılır. Elde edilen ürün, litofon ve kimyasal baryumun hammadde-sidir ve "siyah kül" olarak bilinir.

Kimya endüstrilerinde kullanılan barit cevherinde $BaSO_4$ tenörünün % 94-95, SiO_2 içeriğinin % 2'den az ve floritinin eser miktarda olması gerekmektedir. Silisin varlığıyla baryum silikatın oluşması, baryum sülfürün verimini olumsuz etkilemektedir. Florit ise, fırınlara zarar vermektedir. Demiroksit ve stronsiyum sülfat da % 1'den az bulunmalıdır. Sabit beyaz üretiminde demiroksit içeriği % 0.02'den az olmalıdır.

Avrupa'da kullanılan en yüksek kalitede katkı maddesi olan Rutenia baritinin fiziksel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Tenör ve Rezerv Durumu

Barit cevherlerini, tenör gözönüne alınarak iki ana grupta toplamak mümkündür.

1. Barit oranı % 90'ın üzerinde ve masif olanlar; Birinci kalite cevherler.

2. $BaSO_4$ oranı bu değerlerin altında olup herhangi bir zenginleştirme işlemine tabi tutulması gereken bantlı yapıda olanlar ve plaserler: İkinci kalite cevherler ($BaSO_4$ % 40-90).

Gerek dünyada, gerekse Türki-

ye'de, görünür-ekonomik barit rezervleri sağlıklı bir biçimde belirlenmiş değildir. Dünya'nın barit kaynakları 1 milyar ton olduğu halde bunun ancak 773 112 500 ton'u belirlenmiş durumdadır. Türkiye barit rezervleri de 44 329 382 ton civarındadır (Şekil 3).

Üretim ve Tüketimi

Dünya barit madenciliği üretiminde başta gelen ülkeler; Çin, Hindistan, ABD, Türkiye, Fas ve Meksika'dır. Ülkemizde barit madenciliği, 1963 yılında başlamış,

Madde	Çizelge 1. Rutenia baritinin standartları.			
	Rutenia G	Rutenia F	Rutenia FF	Rutenia FFF
$BaSO_4$ (%)	En az 97	En az 98	En az 98	En az 98.5
SiO_2 (%)	En çok 3	En çok 2	En çok 2	En çok 1.5
Eriyebilir tuzlar (%) PH	En çok 1	En çok 0.1	En çok 0.1	En çok 0.1
PH	6.2-7.8	6.2-7.8	6.2-7.8	6.2-7.8
Özgül ağırlık (gr/cm^3)	4.4	4.4	4.4	4.4
İncelik (% 99)	-40	-30	-20	-15

1966-1971 arasında yılda 20-35 bin ton, 1973'te 90 bin ton, 1997'de ise 497 600 ton barit üretimi yapılmıştır.

Türkiye'de özellikle 1964 yılından sonra önem kazanmaya başlayan barit madenciliğinde üretim hızla artmış ve birçok barit ocağı özel sektör tarafından işletilmiştir. Ülkemizde üretilen baritin bir kısmı parça olarak satılmaktadır. Ayıklama, yıkama ve zenginleştirme işlemlerine tabi tutulan baritin bir kısmı ihraç edilmektedir.

Satış Koşulları ve Fiyat Durumu

Sanayide kullanılan barit iki sınıfa ayrılır. Bunlar sert ve kolay kırılan barit ile yumuşak barit olarak tanımlanır. Sert barit, kimya sanayisinde kırılmış ve öğütülmüş olarak kullanılır. Yumuşak barit ise, kolayca öğütülebilir ve sert barite oranla daha çok tercih edilir. Kullanılacak baritin beyaz renkli olması istenir ve renkli olanları sülfürik asit ile beyazlaştırılır. Barit, ham yumrular halinde jig ve flotasyon konsantresi şeklinde satışa sunulur.

Kullanım alanlarına göre özel işlemler uygulanabilir. Dolgu maddesi olarak kullanılacak baritin demir içermemesi, sülfürik asitle beyazlaştırılması ve yıkanması gerekir. Barit, asitle beyazlaştırılmadan önce, yaş olarak 44 mikron boyutunda öğütülmelidir. Beyazlaştırılmış barit, 50 ve 100 kg'lık torbalarla satışa sunulur.

Üretilen baritin % 85-90'ı sondaj çamurunda kullanılır. Sondaj çamuru; American Petroleum Institute (API) ve Oil Companies Material Association (OCMA) ta-

Çizelge 2. Dünya barit fiyatlarındaki gelişmeler.		
Açıklama	Birim	1999
Öğütülmüş, beyaz boya kalitesinde %96-98 BaSO ₄ , 350 mesh 1-5 ton teslim İngiltere'de	Sterlin/ton	195-220
Mikronize en az %99'u 0.002 mm İngiltere	Sterlin/ton	140-150
Türkiye ambalajlı, FOB'ye teslim	Dolar/ton	60-64
Akmeden mikronize 5 mikron boyutunda	Dolar/ton	32-53
Öğütülmemiş OCMA ürünü, 4.1 SG. FAS'da FOB'ya teslim	Dolar/ton	40-42
Öğütülmüş, 4.2 SG. FAS'da FOB'ya teslim	Dolar/ton	75-85
Öğütülmüş, 1.5 ton'luk partiler halinde OCMA/API ürünü	Dolar/ton	55-58
Öğütülmüş OCMA ürünü, Aberdeen'de teslim	Sterlin/ton	50-55
Öğütülmüş, API ürünü, FOB Meksika körfezi teslimi		
Çin	Dolar/ton	40-42
Hindistan	Dolar/ton	50-52
Fas	Dolar/ton	51-53

rafından belirlenen standartlara göre hazırlanır. API veya OCMA tarafından belirtilen özellikler şunlardır: Özgül ağırlığı en az 4.2 gr/cm³, toprak alkaliler en fazla 250 ppm civarında, elek analiz sayısı 74 mikron (en çok % 3), ABD elek sayısı 44 mikron (en fazla % 5) API veya % 5-10 OCMA ve görünür viskozitesi en fazla 125 c.p (centi poise) OCMA olmalıdır.

Pratikte sondaj çamuru üreticileri, özgül ağırlığı 4.2 gr/cm³ civarında olan baritlerle karıştırmak için, özgül ağırlığı düşük olan baritleri kabul edebilirler. Örneğin, Şili baritlerinin özgül ağırlığı 4.1 gr/cm³tür.

Dolgu ve katkı maddesi olarak kullanılan baritlerde renk ve saydamlık önem taşır. Katkı maddesi olarak kullanıldığında optik özellik daha az önemlidir. Fakat öğütülmüş malzemenin tane büyüklüğü kontrol edilir. Çok iyi kaplama sağlayabilmek için iyi akışkanlık özelliğine sahip olması gereklidir.

Türkiye'nin ihraç fiyatları dalgalanmalar göstermekte olup, fir-

maların anlaşma koşulları ile dış fiyatlar ve özellikle son bir kaç yılda firmalar arası rekabet nedeniyle önemli değişiklikler görülmektedir. Örneğin, öğütülmüş sondaj baritinin tonu, firma bazında 1980 yılında 119.5 dolara kadar tırmanmış, 1997 yılında 75-80 dolar, boyada kullanılan öğütülmüş baritin tonu ise 195-220 sterlin civarındadır.

Oya Cengiz

Yrd. Doç. Dr., S.D.Ü. Orman Fakültesi
Orman Mühendisliği Bölümü

Mustafa Kuşcu

Prof. Dr., S.D.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü



Resim: Necdet Köylü (DSİ)

Hayat Suda Başladı, Su ile Devam Edecek!

Diğer doğal kaynaklar arasında özel bir yere sahip olan su, yaşamın temel kaynağıdır. Aynı zamanda su, daha yüksek kalitede bir yaşamın sürdürülebilmesi, ekonomik ve sosyal gelişme için en önemli maddedir.

Geçtiğimiz 20 yıllık süreçte, dünyada kullanılabilir su kaynaklarının azaldığı görülmüştür. Bu nedenle hem ekolojik dengenin korunması, hem de insan topluluklarının sürdürülebilir gelişiminin sağlanması için, suyun bugünkü ve gelecekteki ihtiyaçları karşılayabilecek şekilde akılcı bir şekilde

kullanılması gerekmektedir.

Yeryüzünde canlı yaşamının suda başladığı ve susuz bir hayatın olamayacağı, bilinen bir gerçektir. Ünlü Alman Şairi Goethe, "Herşey sudan kaynaklanmıştır, herşey su ile hayatta kalır" sözüyle bu gerçeği çok güzel ifade etmektedir.

Canlılar için bu denli önemli olan su yeryüzünde ne zaman ve nasıl oluşmuştur?

Suyun kökeni ile ilgili kanıtlar dünyanın oluşumu ve öncesine kadar gitmese de bu konu ile ilgili bazı teoriler bulunmaktadır.

Greenland'daki Isua kayaları içerisinde 3.8 milyar yaşında suya rastlanmıştır. Bu kayalar, bugüne kadar bilinen en yaşlı kayalar olduğundan, yeryüzünde bu zaman

öncesinde suyun varlığına dair başka bir kanıt yoktur. Yeryüzünde suyun kökenine ilişkin yaygın olarak kabul gören teori, suyun dünyanın oluşum evresinden bu yana var olduğudur. Buna göre, dünya 4.6 milyar yıl önce küçük gezegenimsi gaz ve toz kütlelerinin birleşmesiyle oluşmuştur. Bu kütlelerin su içerdiği varsayıldığında, suyun kökeninin dünyanın oluşumundan da eskiye dayandığı kabul edilebilir.

Bu yazıda, dünya su kaynakları, su kullanımını ve bir damla suyun bile değerli olacağı gelecekte, insanlığın önündeki sorunlara değinilecektir.

Dünya Su Kaynakları

Dünya su rezervinin tahmini oldukça güç ve karmaşık bir iştir. Çünkü su dinamik bir yapıya sahip olup, katı, sıvı ve gaz halinde bulunabilmektedir. Dünya toplam su rezervini nicelik olarak tahmin edebilmek için atmosfer, yeryüzü ve yer kabuğunda suların bulunuş şekillerini belirlemek gerekmektedir.

Korzoun'un⁽¹⁾ tahminine göre hidrosferdeki su miktarı 1386 milyon km³ civarındadır. Ancak, bu miktarın % 97.5'i tuzlu su, sadece % 2.5 kadarı tatlı sudur. Tatlı suların % 68.7'si Antartika, Kuzey kutbu ve yüksek dağlarda buz halinde bulunmaktadır. Tatlı yeraltı suları ise dünyadaki tatlı suların yaklaşık % 30'u kadardır. Dünyadaki tatlı suların ancak % 0.26'sı göl, rezervuar ve akarsularda bulunmaktadır.

Yukarıda verilen rakamlar, hidrosferdeki toplam statik su rezervini ifade etmektedir. Aslında atmosfer, okyanuslar ve kıtalar arasında su alışverişi olmakta ve her üç ortamda su miktarı sürekli olarak değişmektedir. Bu, su çevriminin doğal bir sonucudur.

Bir bölgedeki tatlı su rezervinin tahmininde hidroloji ve su yönetimi açısından iki temel kavram kullanılmaktadır. Bunlar *statik su re-*

zervi ve yenilenebilir su rezervidir.

Statik depolama, yıllar veya yüzyıllar öncesinden beri oluşmakta olan büyük göller, buzullar ile yeraltındaki sular için söz konusudur. Yenilenebilir su rezervleri yıllık beslenme ile tazelenen rezervler için kullanılmaktadır.

Bugün yeryüzünde en çok yararlanılan yenilenebilir su kaynağı akarsulardır. Bu nedenle, bir bölgedeki su kullanımı veya su tüketiminin belirlenmesinde, genellikle akarsu potansiyeli ön plana çıkmaktadır. Ancak dünyanın bazı kurak-yarı kurak bölgelerinde yüzey sularının yetersiz ve rejiminin düzensiz olması nedeniyle yeraltı suyu kullanımı daha yaygındır.

Dünya su bütçesi ve su kaynakları konusunda en ayrıntılı ve kapsamlı çalışma Rus⁽¹⁾ ve Alman⁽²⁾ bilim adamları tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda ortaya atılan veriler birçok araştırmacı tarafından kabul görmüş ve kullanılmıştır. Dünyanın herhangi bir kıta, bölge veya ülkesinde su rezervleri konusunda daha sonra yeni bir görüş ortaya atılmamış; yeni çalışmalar yukarıdaki çalışmalardan elde edilen veriler üzerine kurulmuştur.

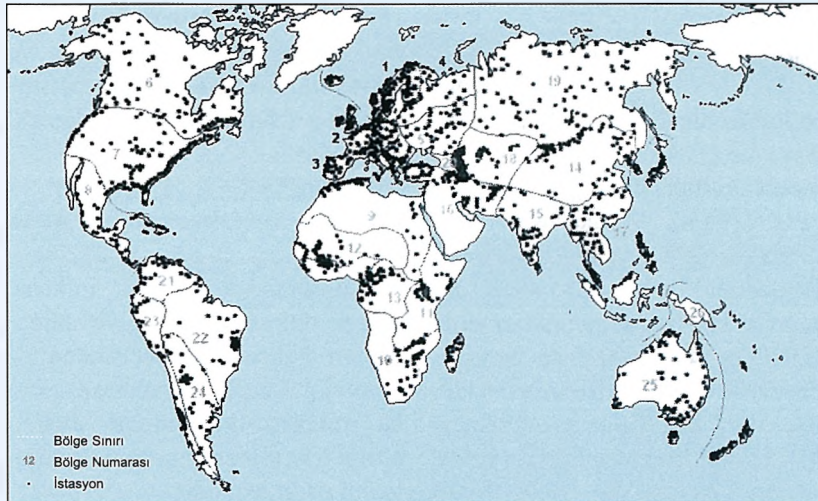
Dünya Kaynaklar Enstitüsü (World Resources Institute) tarafından periyodik olarak yayınlanan

veriler⁽³⁾ ise değişik birçok kaynaktan elde edilen bilgilerin bir derlemesidir. En son olarak, dünya su rezervlerinin ve kullanımının yeni veriler ışığında belirlenmesi için, IHP-IV UNESCO projesi geliştirilmiştir. Proje ile elde edilen verilerden, 21. Yüzyıl Başlangıcında Dünya Su Kaynakları (World Water Resources at the Beginning of 21st Century) adlı rapor hazırlanmıştır. Rusya Federasyonu Bilimsel Komitesi (The Scientific Committee of the Russian Federation) bu projeyi tamamlamak, Devlet Hidroloji Enstitüsü (State Hydrology Institute) ise araştırmaları birleştirmek ve raporu hazırlamakla görevlendirilmiştir. Rapor, Mart 2000'de baskıya verilmiştir.

Dünya su rezervleri ile ilgili bu son çalışmada, kıta, bölge ve ülkelerin su rezervlerinin tahmininde dünya hidrolojik gözlem ağı verileri kullanılmıştır. Ayrıca, bazı yardımcı meteorolojik bilgilerden de yararlanılmıştır. Dünya yenilenebilir su rezervlerini doğrudan hesaplayabilmek için, dünya ölçeğinde 2500 hidroloji istasyonundan aylık ve yıllık veriler elde edilmiştir. Su rezervlerinin tahmininde 1921-1985 dönemine ait veriler kullanılmıştır.

Ülkelerin ve bölgelerin yenilenebilir su rezervleri, yıllık akarsu akımları ortalamalarına eşit kabul edilmiştir. Akarsular tarafından drene edilmeyen yeraltı suları dikkate alınmamıştır. Ancak, özellikle kurak bölgelerde, ülkelerin yenilenebilir yeraltı su rezervi, toplam su rezervinin önemli bir bölümünü oluşturabilmektedir. Ayrıca, dünyanın birçok bölgesinde yeraltı su potansiyeli henüz yeterli düzeyde belirlenmiş değildir. Bu nedenle, yeraltı su potansiyeline yönelik çalışmalar ilerledikçe, su rezervleri ile ilgili veriler yenilenmelidir.

Yukarıda sözü edilen çalışma-



Su kaynaklarına göre ayrılan bölgeler ve hidrolojik gözlem ağı

Kıtalar ve Bölgelere Göre Yenilenebilir Su Rezervleri

Kıta / Bölge	Alan (10 ⁶ km ²)	Nüfus (Milyon)	Su Rez. km ³ /yıl	Su Mik. km ² başına	(10 ³ m ³ /yıl) Kişi Başına
Avrupa	10.46	685	2900	277	4.24
1- Kuzey	1.32	23.2	705	534	30.40
2- Orta	1.86	293	617	333	2.12
3- Güney	1.79	188	546	335	3.19
4- BDT Kuzey Bölğ.	2.71	28.5	589	222	21.10
5- NDT Güney Bölğ.	2.78	152	443	181	3.32
K. Amerika	24.30	453	7890	324	17.40
6- Kanada ve Alaska	13.67	29	4980	369	174
7- ABD	7.84	261	1800	234	7.03
8- O. Amerika - Karaib.	2.74	163	110	406	6.82
Afrika	30.10	708	4050	135	5.72
9- Kuzey	8.28	157	41	12.6	0.71
10- Güney	5.11	83.5	399	86.5	5.29
11- Doğu	5.17	193.5	749	147	3.94
12- Batı	6.96	211.3	1088	158	5.22
13- Orta	4.08	62.8	1770	444	28.8
Asya	43.50	3445	13510	311	3.92
14- K. Çin - Moğolistan	8.29	482	1029	124	2.13
15- Güney	4.49	1214	1988	476	1.76
16- Batı	6.82	232	490	71.8	2.11
17- G. Doğu	6.95	1404	6646	965	4.78
18- O. Asya - Kazakistan	3.79	54	181	51.1	3.78
19- Sibirya - D. Rusya	12.76	42	3107	252	76.6
20- Kafkasya	0.19	16	68	390	4.63
G. Amerika	17.90	315	12030	672	38.2
21- Kuzey	2.55	57	3340	1310	58.3
22- Doğu	8.51	159.1	6220	843	45.1
23- Batı	2.33	48.5	1720	738	35.4
24- Orta	4.46	494	706	249	22.5
Avustralya - Okya	8.95	28.7	400	269	83.7
25- Avustralya	7.68	17.9	352	45.8	19.7
26- Okyanusya	1.27	10.8	2050	1614	190
Dünya	135	563	42780	316	7.6

Bazı Ülkelerin Yenilenebilir Su Rezervleri

Ülkeler	Alan (10 ⁶ km ²)	Nüfus (Milyon)	Su Rez. Giren	km ³ / yıl Yerel	Su Mik. km ² Başına	(10 ³ m ³ /yıl) Kişi Başına
ABD	9.36	262	148	2930	313	11.5
Arjantin	2.78	34.2	623	270	97.1	17.0
Avustralya	7.68	17.9	0	352	45.8	19.7
Brezilya	8.51	159	1900	6220	780	45.2
Çin	9.60	1209	0	2701	281	2.23
Fransa	0.55	56.8	26.8	168	305	3.19
Hindistan	3.27	919	581	1456	445	1.90
İspanya	0.51	39.6	0	109	214	2.75
Kanada	9.98	28.0	130	3287	329	120
Kazakistan	2.27	16.7	55.9	68.4	25.1	5.77
Meksika	1.97	94.8	2.51	345	175	3.67
Nijerya	0.92	108	43.7	275	299	2.75
Portekiz	0.09	9.93	34.1	18.9	210	3.62
Rusya	17.08	148	222	4053	237	28.1
Sudan	2.51	27.4	132	34.6	13.8	3.67
Türkiye*	0.78	62	-	170	218.1	2.74
Ukrayna	0.60	51.4	15	51.2	85.3	2.54
Y. Zelande	0.20	3.50	0	313	1159	89.4
Zaire	2.34	42.6	313	989	423	26.9

*DSİ 1995 verilerinden hesaplanmıştır. Fırat'tan aşağı havza ülkelerine bırakılan 16 milyar m³, toplam rezervden düşülmüştür (Yeraltısuları dikkate alınmamıştır).

da, dünya su rezervlerinden bugünkü ve gelecekteki kullanım ve tüketim miktarı da ayrıca tahmin edilmiştir. Bu yazıda, yenilenebilir su rezervleri, su kullanımı ve kişi başına su miktarı ile ilgili rakamsal veriler yukarıda sözü edilen kapsamlı araştırmayı kaleme alan çalışmadan⁽⁴⁾ alınmıştır.

Dünya yenilenebilir su rezervi yılda yaklaşık 42750 km³ (42 trilyon 750 milyar m³) olarak tahmin

edilmektedir. En büyük su rezervi Asya ve G. Amerika'da; en düşük rezerv Avrupa ile Avustralya Okyanusya'dadır.

1970-1994 yılları arasında kaydedilen hızlı nüfus artışı nedeniyle, kişi başına su miktarı yılda 12900 m³'den 7600 m³'e inmiştir. En büyük azalma Afrika'da 2.8 kat, Asya'da 2 kat, Güney Amerika'da 1.7 kat olmuştur. Aynı dönemde bu azalma Avrupa'da ancak %16

oranında gerçekleşmiştir.

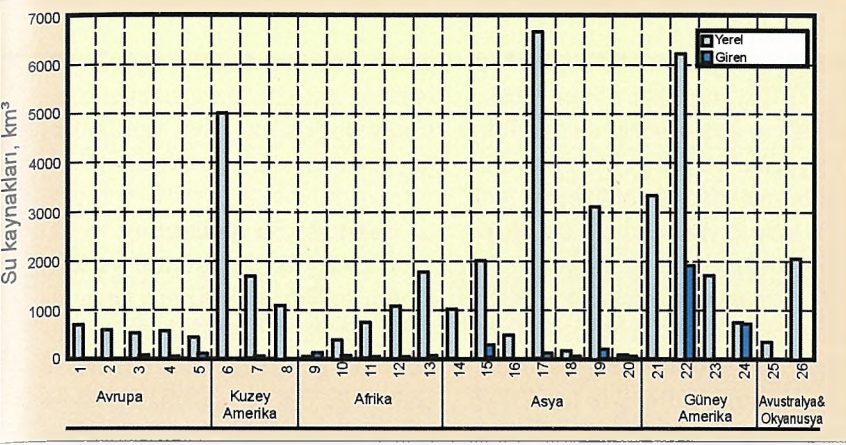
Dünyadaki akarsuların akımları yıl içinde oldukça düzensizdir. Bu nedenle, kıtalardaki yenilenebilir su rezervleri yıl içinde büyük farklılıklar göstermektedir. Yapılan araştırmalarda, akarsu akımlarının büyük bir bölümünün Avrupa'da Nisan-Temmuz (% 46); Asya'da Haziran-Ekim (% 54); Afrika'da Eylül-Aralık (% 44); Güney Amerika'da Nisan-Temmuz (% 45) ve Avustralya-Okyanusya kıtasında ise Ocak-Nisan döneminde (%46) gerçekleştiği görülmektedir. Konuya dünya ölçeğinde baktığımızda, ortalama akımların %46'sının Mayıs-Ağustos döneminde gerçekleştiğini söylemek mümkündür.

IHP-IV UNESCO projesinde, dünyadaki yenilenebilir su rezervlerinin dağılımının incelenmesinde, dünya büyük ölçekli bölgelere ayrılmıştır. Benzer fizyografik koşullara ve ekonomik gelişmişlik seviyesine sahip alanların belirlenmesiyle 26 bölge oluşturulmuştur. Su rezervleri 1921-1985 yılları arasındaki verilerden hesaplanmış ve bölge içindeki ve komşu bölgelerden giren akımlar dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlar tablolar halinde verilmiştir.

Dünya yenilenebilir su rezervlerinin tahmininde akarsu akımları dikkate alındığından, akarsu akım rejimlerini etkileyen barajlarda depolanan ve ayrıca okyanus ve denizlere dökülen suların araştırılması ve tahmini de önem kazanmaktadır.

Deniz ve Okyanuslara Akan Sular

Okyanuslara akan su miktarı, dünya tatlı su dengesi ve süreçlerinin belirlenmesi açısından önemlidir. Ancak, okyanuslara akan su miktarı, iki nedenle akarsu akımları toplamına eşit olarak kabul edilmemelidir.



Dünya su kaynaklarının kıtalara göre dağılımı

♦ Bazı akarsu havzaları okyanuslarla doğrudan bağlantılı değildir. Bu tür alanların toplamı 30 milyon km² (karaların toplamının % 20'si) dir. Ancak, dünya akarsu akımları toplamının yalnızca % 2.3'ü bu kapalı havzalarda meydana gelmektedir. Bu bölgeler ya çöller, ya da akışa geçmeyen az yağışlı bölgelerdir.

♦ Okyanusla bağlantılı akarsuların bulunduğu bölgelerde, yüksek kotlarda meydana gelen akımlar, okyanusa giden akış yolu boyunca buharlaşma ile azalmak-

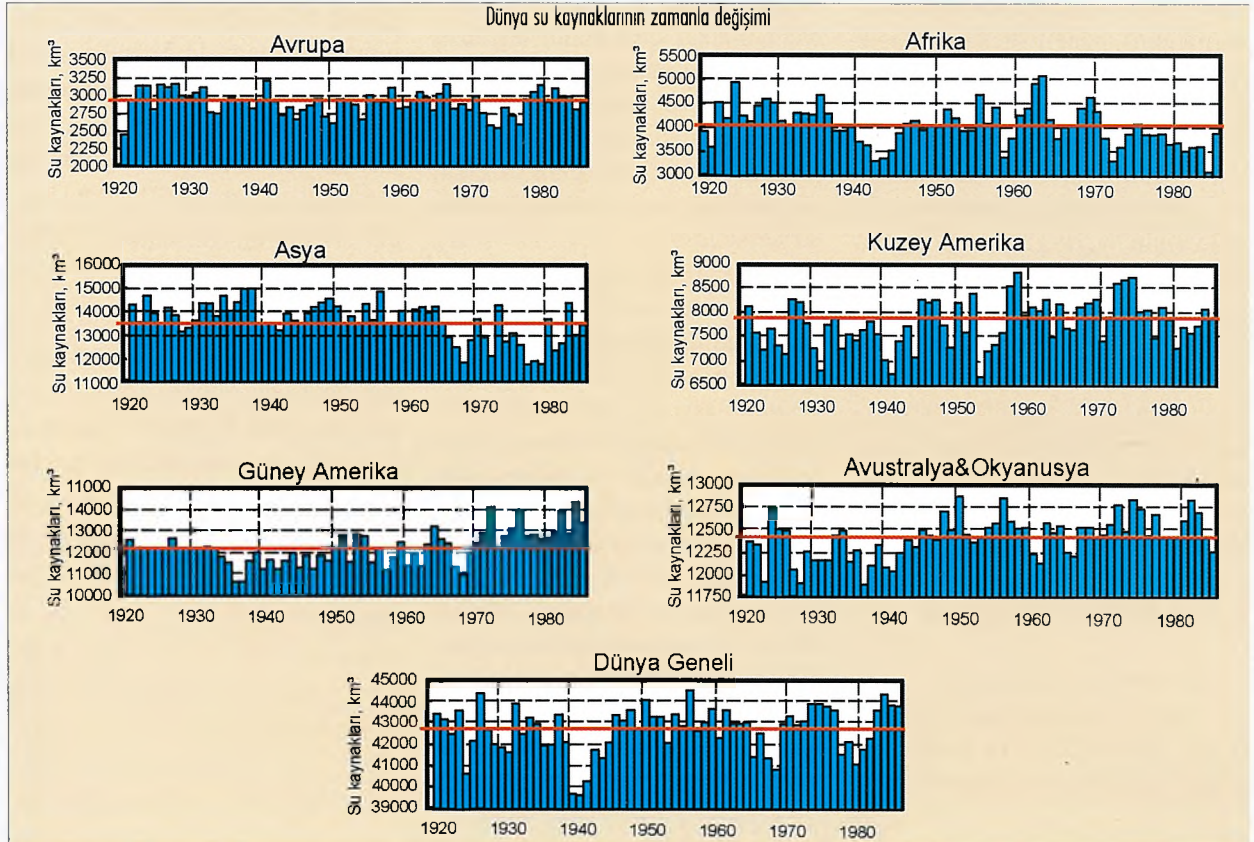
tadır. Asya'da Ganj ve Indus, Afrika'da Nijer, Kuzey Amerika'da Missisipi ve Kolorado bu tür akarsulara örnektir. Bu tür bölgelerde her yıl 1100 km³ civarındaki akım, buharlaşma ile kaybolarak okyanuslara ulaşamamaktadır.

Ayrıca, okyanuslardaki dinamik süreci analiz etmek için sadece giren yüzeysel akımları belirlemek yetmemekte; aynı zamanda yeraltından boşalan akımları da hesaba katmak gerekmektedir.

Yapay Rezervuarlar

Yüzey sularının baraj, gölet gibi yapay göllerde depolanmasıyla, bir bölgedeki doğal akarsu rejimi ve dağılımı değiştirilmekte, böylece akımların düşük olduğu kurak aylar ve yıllarda su rezervleri arttırılmış olmaktadır. Dünya su rezervlerinin tahmininde, rezervuarların bu özelliği ve özellikle kurak bölgelerde buharlaşma kayıpları nedeniyle dağılımı ve büyüklüğü önem taşımaktadır. Yani, barajlar kurak dönemlerde daha fazla su kullanımını sağlamakla birlikte, aynı zamanda buharlaşma ile de su kaybına neden olmaktadır.

Barajların çağdaş yöntemlerle ve yaygın olarak inşaatı 20. yüzyılın ikinci yarısında başlamıştır. Su hacmi 50 km³'den fazla olan büyük barajların tamamı geçtiğimiz 40 yıl içerisinde yapılmıştır. Yapılan çalışmalar, dünyadaki rezervuarların toplam hacminin 6 bin km³, alanının ise 500 bin km² olduğunu göstermektedir. Tahmin edilen bu alan, Türkiye



topraklarının yaklaşık %60'ı, Fransa'nın veya İspanya'nın tamamı kadardır.

Gelişmiş ülkelerde baraj yapımı 1950-1970 yılları arasında en yoğun dönemini yaşamıştır. 1970'den sonra dünyada baraj yapımının hızı kesilmeye başlamış, ancak su kaynakları bol olan ve Türkiye gibi gelişmekte olan birçok ülkede inşaatlar devam etmektedir. Su kaynakları ile ilgili eğilimler dikkate alındığında, gelecek yüzyıllarda da baraj yapımının devam edeceği beklenmektedir.

Dünyada Su Kullanımı

Ülkelerin su kullanımı ile ilgili olarak Dünya Kaynaklar Enstitüsü'nün (World Resources Institute) yayınlarında birçok farklı kaynaktan alınan ve farklı yıllara ait olan veriler sunulmuştur. Ancak, gelecekte su kullanımındaki değişiklikler için bir tahmin yapılmamıştır. IHP-IV UNESCO Projesiyle hem bugünkü su kullanımı belirlenmiş, hem de gelecekle ilgili tahminler yapılmıştır.

1995 yılı itibarıyla, dünyada faydalanılan yıllık su miktarı 3790 km³, tüketim ise 2070 km³ kadardır. 2015 yılında, faydalanılan su miktarının % 10-12 oranında artacağı; tüketimin ise daha yavaş artacağı tahmin edilmektedir.

1995 yılı verilerine göre, dünyada elde edilen suyun % 66'sı; tüketimin ise % 85'i tarımda gerçekleşmektedir. Dünyada sulanan toplam tarımsal alan 253 milyon hektardır. Bu miktarın 2010 yılında 290 milyon hektara; 2025 yılında ise 330 milyon hektara ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Kentsel Su Kullanımı

Kentsel su kullanımı nüfus, çeşitli hizmetler ile su iletim hatları ve termal su tesislerinin bulun-

ması ile doğrudan ilişkilidir. Kullanılan suyun miktarı aynı zamanda iklim koşullarına da bağlıdır. Dünyadaki birçok gelişmiş şehirde kişi başına günlük su tüketimi 300-600 litre civarındadır. 20. yüzyıl sonu itibarıyla, Avrupa ve Kuzey Amerika'daki sanayileşmiş kentlerde kişi başına günlük su tüketiminin 500-800 litre seviyesine çıktığı tahmin edilmektedir. Diğer taraftan, gelişmekte olan ve tarım ağırlıklı Asya, Afrika ve Latin Amerika ülkelerinde kentsel su tüketimi kişi başına günlük 50-100 litre arasındadır. Hatta, yeterli su kaynağının bulunmadığı bölgelerde bu rakam 10-40 litre/gün gibi çok düşük değerlere inebilmektedir.

Sanayide Su Kullanımı

Sanayide su, soğutmada, taşımacılıkta, çözücü olarak ve bazı ürünlerin (içecekler vb.) içine katmak suretiyle kullanılmaktadır. Sanayide kullanılan suyun miktarı sadece kullanım alanına değil, ürün çeşidine ve üretim teknolojisine de bağlı olduğu gibi, iklim koşulları da önemli bir etkidir.

Termal ve nükleer tesislerden sonra, sanayide en fazla su kullanımı kimya ve petrokimya sanayi, metalurji, kağıt ve makine imalat sanayiidir.

Sanayide su kullanımı iki türdür. Birincisi ve su tüketimi açısından en önemlisi; suyun bir kez kullanılıp atıldığı sistem; ikincisi ise sirkülasyonlu sistemdir. Sirkülasyonlu sistemde kullanılan su soğutma, arıtma vb. işlemlerden sonra tekrar sisteme geri verilmekte olup, su tüketimi açısından tasarruf sağlanmaktadır.

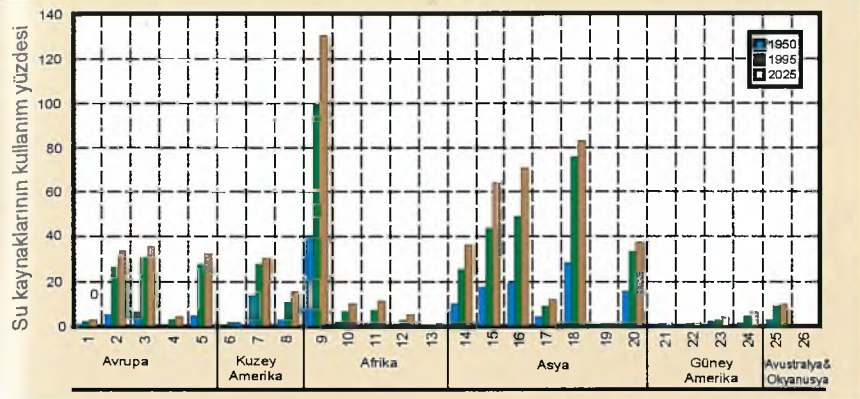
Sanayide su kullanımı sürekli olarak artıyor gibi görünse de, su sağlamadaki güçlükler nedeniyle gelecekte birçok ülke sirkülasyonlu sisteme geçmek zorunda kalacaktır. Ayrıca birçok sanayi dalında

susuz, yani kuru sisteme geçilmesi beklenmektedir. Bazı ülkelerde ise sanayide deniz suyu kullanımı yaygınlaşma eğilimindedir.

Tarımda Su Kullanımı

Birçok ülkede tarımsal su kullanımı toplam kullanımın tamamına yakındır. 1970'li yılların sonlarında, gelişmiş ve gelişmekte olan çoğu ülkeler sulamada büyük bir gelişme sağladılar. Böylece hem tarım alanları genişledi, hem de tarımsal üretim arttı. Dünya ölçeğinde 1980'lerde bu artışın hızı yavaşladı. Gelişmiş ülkelerin birçoğunda sulanan araziler azalmaya başladı. Dünyada ekili alanların yaklaşık % 15'i sulanmaktadır. Ancak sulu tarımdan elde edilen ürün miktarı toplam üretim miktarının yarısına ulaşmaktadır. Bu oran, sulu tarım yapılan arazilerdeki üretimin kuru tarım yapılan arazilere göre yaklaşık 5 kat fazla olduğunu göstermektedir.

Dünyadaki tarımsal su tüketimine bakıldığında, kuzey ülkelerinin sıcak ve kurak güney ülkelerine göre daha düşük miktarda su kullandığı görülmektedir. Örneğin, Kuzey Avrupa'da hektar başına yıllık su tüketimi 300- 5000 m³ olduğu halde, Güney ve Güneydoğu Avrupa'da bu miktar 7000-11000 m³ arasındadır. Asya, Afrika, Orta ve Güney Amerika'da iklim koşulları, bitki türü ve sulama teknikleri çok çeşitlidir. Bu nedenle tarımda yıllık su kullanımı çok değişken olup, 5000 m³/ha'dan 17000 m³/ha'a kadar ulaşmakta; Afrika'nın bazı bölgelerinde ise 20000-25000 m³/ha arasında değişmektedir. Sulama sistemleri ve tekniklerindeki gelişme ile, gelecekte tarımda kullanılan su miktarı da değişecektir.



Kıtalardeki su kaynaklarının kullanım oranının zamanla değişimi

Su İle İlgili Olarak İnsanlığı Gelecekte Neler Bekliyor?

1950 yılında 2.5 milyar olan dünya nüfusu 40 yılda ikiye katlanarak 5 milyar olmuş; 1999 yılı sonunda ise 6 milyara ulaşmıştır. Yapılan tahminler, 2025 yılına kadar dünya nüfusunun 8 milyarın üzerine çıkacağını belirtmektedir. Bu hızlı nüfus artışı, kişi başına düşen su miktarının neden gittikçe azaldığını ve gelecek için ne derece tehlikeli sinyaller verdiğini açıkça göstermektedir. Üstelik, bu hızlı nüfus artışının bugün su sıkıntısı çeken geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerde yoğunlaşması da ayrıca üzerinde durulması gereken bir konudur.

Dünyanın önünde duran su krizi ile ilgili endişeler aslında yeni değildir. Uzmanlar bu konuya 1977'de Mar del Plata ve 1980'de Yeni Delhi'de dikkat çekmişlerdi. Su ve çevre konusunda Dublin ve Rio (1992) ile başlayan konferanslar Mart 2000'de yapılan Dünya Su Forumu ile sürmüştür. Bu konferanslarda, uzmanlar insanlığı bekleyen global su krizine dünya kamuoyunun dikkatini çekmişlerdir.

Ortaya atılan rakamlar gerçekten dehşet vericidir. 1.4 milyar insan yeterli içme suyundan yoksundur ve az miktardaki suyu da ilkel ve güç koşullarda elde etmektedir. 2.3 milyar kişi sağlıklı suya

hasrettir ve yılda 7 milyon kişi su ile ilgili hastalıklardan ölmektedir. Ayrıca dünyada 800 milyon kişi gıda yetersizliği ile karşı karşıyadır ve en önemlisi de, dünyadaki akarsuların ve göllerin yaklaşık yarısı ciddi boyutta kirlenmiş durumdadır.

2025 yılı itibarıyla, dünya nüfusunun üçte ikisi (5 milyar kişi) su sıkıntısı yaşayacak, bunun 1 milyardan fazlası da açlıkla karşı karşıya kalacaktır. Artan nüfusun gıda ihtiyacının karşılanabilmesi için, önümüzdeki 25 yıl içinde bugün tarımda kullanılan su miktarının % 20-60 oranında artırılması gerekmektedir.

Kırsal bölgelerdeki insanların ihtiyaçlarının yanında, kentlerin ve sanayi tesislerin de su ihtiyacı hızla artmaktadır. 1950 yılında dünyada nüfusu 1 milyonun üzerinde yalnızca 100 şehir bulunuyordu. Bu rakamın 2025 yılında 650'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu miktar dünya nüfusunun yaklaşık yarısına eşittir.

Aslında, dünyadaki mevcut akarsu rezervi önümüzdeki yüzyıllarda insan ve diğer canlılar için yeterlidir. Ancak bölgeler arası dengesizlikler, aşırı nüfus artışı, ekonomik geri kalmışlık, en önemlisi kirlilik, insanlığın önünde duran önemli sorunlardır.

21. yüzyılın ilk çeyreğinde dünyada su problemi, gıda ve enerji açığı sorununun önüne geçecektir. Ucuz ve kolay elde edilebilen su

kaynaklarının projelendirilmesi, artık yavaş yavaş tamamlanmakta olduğundan, gelecekte elde edilmesi daha zor ve pahalı olan kaynaklara yönelinecektir. Bu nedenle, dünyanın birçok bölgesinde su açığının giderilmesi için büyük maliyetler gerekecektir.

Su kaynaklarının korunması ve akılcı bir şekilde kullanılması konusunda alınması gereken önlemlerin önünde fiziksel, mali, hukuksal, teknik, politik engeller ve sınırlamalar bulunmaktadır.

Uzmanlar, dünya su kaynakları ile ilgili yerel, ulusal ve uluslararası sorunların nedenleri olarak, ekonomik kalkınma ve uygulama politikalarının ve bunun sonucu olarak da doğal kaynaklar ve çevre konusundaki politikaların yetersiz ve yanlış oluşuna dayandırmaktadırlar.

Özellikle son yıllarda yaşanan deneyimler; doğal çevrenin korunması konusunda gerekli politikalar oluşturulmadan, kurumsal ve yasal düzenlemeler yapılmadan ve en önemlisi de, yeterli ve kararlı bir denetim mekanizması oluşturmadan teknoloji ve altyapı yatırımlarının uygulamaya konmaması gerektiğini göstermiştir.

Kaynaklar

- (1) Korzoun, V.I., 1974. World Water Balance and Water Resources of the Earth, Leningrad, Hydrometeoizdat, 638 p. (Rusça)
- (2) Baumgartner, A. And Reichel, E., 1975. The World Water Balance, Vienna and Munshen, R. Oldenboury Verlag, 180 p.
- (3) World Resources Institute, 1992, 1994, 1996. A Guide to the Global Environment, Oxford Univ.Press.
- (4) Shiklomanov, I.A., 2000. Appraisal and Assessment of World Water Resources, Water International, Vol. 5, No.1, 11-32.

Ahmet Apaydın

Jeoloji Yük. Müh, DSI V. Bölge Müdürlüğü

An aerial photograph of a dry, cracked landscape, likely a desert or semi-arid region. The ground is brown and tan, with numerous deep, dark cracks and smaller fissures. A white outline of a map is overlaid on the image, showing the borders of several countries. The text is written in large, bold, yellow letters with a white outline, positioned on the left side of the image. The overall tone is somber and highlights the issue of water scarcity.

21. Yüzyıl

Su

Savaşlarına

Sahne

Olacak mı?

Günümüzde su kaynaklarının kıtlaşmasının, Ortadoğu gibi bölgelerde, silahlı çatışmalara yol açacağı iddia edilmektedir Oysa bu bölgeler için su kıtlığı yeni bir olgu değildir ve şimdiye kadar ekonomik ve politik yöntemlerle çözümlenebilmiştir.

Giriş

İnsan yaşamını sürdürmekteki başat kaynak olma özelliği ile 'su', tarih boyunca çeşitli uygarlıklar tarafından kontrol altına alınıp yaşamsal gereksinimlerini karşılamak için kullanılmıştır. Bir yandan nehirlerin akışlarının yıldan yıla ve mevsimden mevsime büyük değişiklikler göstermesi öte yandan yağışların düzensizliği insanlığı mevcut su kaynaklarını kimi mühendislik teknikleriyle biriktirmeye ve çoğaltmaya yöneltmiştir. Tarım, sanayi, enerji gibi uygar yaşamın birçok üretken alanına temel kaynak teşkil eden su kaynakları son yıllarda kimi ayırddedici özellikleriyle uluslararası politikanın da gündemine yerleşmiştir. Günden güne kıtlaşmaları, yeryüzüne düzensiz ve dengesiz dağılmış olmaları ve Dünyada 260'tan fazla nehir havzasında bulunan suların birden çok ülkenin egemenliğine konu olmaları gibi özellikleriyle Dünya su kaynakları kimi çevrelerce gelecek yüzyılın savaşlarının başlıca nedeni olarak gösterilmiştir. Bu yazıda, taşıdığı bu özelliklerden dolayı su kaynaklarının uluslararası sistemin 'anarşik' yapısı içinde insanlığı kaçınılmaz olarak sıcak çatışmalara sürükleyeceği egemen görüşü eleştirilecektir. Öte yandan, yazıda, Ortadoğu ve Kuzey Afrika'da giderek belirginleşen su kıtlığının temel nedenleri ortaya konularak bu krizin kontrol altına alınıp barışçı yollarla çözümlü için öne sürülen ekonomi-politik görüşlerden söz edilecektir.

Su kaynaklarının kıtlaşması, 1980'lerin sonu itibariyle özellikle

sınıraşan suları uluslararası politik gündemin önemli bir parçası haline getirmiştir. Tarih boyunca sınıraşan su kaynakları birçok ülkenin egemenliğine konu olmalarına karşın önceleri bu kaynaklar üzerindeki talebin mevcut su arzını aşmamasından dolayı daha çok bu ülkelerin iç politik gündemlerinde ekonomik ve sosyal kalkınmanın bir unsuru olarak değerlendirilmiştir. Ancak bir yandan gelişmekte olan ülkelerin nüfuslarının hızla artması ve ekonomik kalkınma hedeflerinin ortaya çıkardığı artan su gereksinimi, öte yandan mevcut kaynakların etkin ve verimli bir biçimde değerlendirilmemesi su kaynaklarının arz ve talebi arasındaki dengeyi altüst etmiştir. Böylelikle aynı kaynaktan su talep eden komşu ülkeler arasında suyun kaçınılmaz bir biçimde çatışmaya neden olacağı görüşü ön plana çıkmıştır.

Dünyada ve Ortadoğu'da Su Kaynakları

Hidrolojik çevirimle sürekli yenilenebilmesine karşın Dünya su kaynakları gerçekte sınırlı bir arz yapısına sahiptir. Nitekim Dünya su kaynaklarının %97.5'ni içme suyu ve tarımda kullanım için elverişli olmayan tuzlu deniz suları oluşturur. Geriye kalan %2.5'lük tatlı su kaynaklarının büyük bir bölümü de kuzey ve güney kutuplarındaki buzullarda ve günümüzün teknolojik ve ekonomik olanaklarıyla erişilemeyecek derinlikteki yeraltı sularında saklıdır. Kısacası yeryüzündeki toplam su

kaynaklarının ancak %0.3'ü dünya yüzeyine düzensiz olarak dağılmış göl ve nehirlerde insanlığın kullanımını için elverişli olabilecek toplam arzı (47,000 km³/yıl) oluştururlar. Yeryüzündeki bu sınırlı su arzı üzerindeki talep gün geçtikçe çoğalmaktadır.

Dünya su tüketimi 1900-1995 yılları arasında altı kat artmıştır (Commission on Sustainable Development, 1997, Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World, New York: United Nations). Bu oran aynı dönemde dünya nüfus artışının iki katından daha fazladır. Uzmanlar bu artış hızıyla 2025 yılında dünya nüfusunun üçte ikisinin ciddi su sıkıntısı ile karşı karşıya kalacağını vurgulamaktadırlar. Halen dünyada 460 milyon kişi (dünya nüfusunun %8'i) yaşamlarını sağlıklı bir biçimde sürdürmeye yeterli olabilecek miktarda ve kalitede suya sahip değildiler.

Ortadoğu ülkelerinin 1960'lardan itibaren izledikleri hızlı ekonomik kalkınma hedefleri çerçevesinde öncelik tarım sektörüne verilmiştir. Tarım ekonominin başlıca su kullanan sektörleri arasında suyu en büyük miktarlarda tüketenidir. Ortadoğu'da tüketilen suyun genel olarak %75'i sulamalar için kullanılır. Bölge ülkelerinin kalkınma politikalarında tarım sektörüne verdikleri bu öncelik kırsal bölgelerinde ideolojik yapılanmalarını güçlendirmek ve rejimin devamlılığını sağlamak gibi temel hedeflerden kaynaklanmıştır. Buna paralel olarak Ortadoğu ülkeleri verimli ve etkin bir tarım uygulaması için gerekli olan birçok faktördeki (tarıma elverişli toprak, yeterli su kaynakları, uygun iklim, gerekli kurumsal yapılaşma) yetersiz konumlarına karşın uzun yıllar

sürdürdükleri gıda güvenliği politikalarıyla sınırlı su kaynaklarını son derece israflı bir biçimde tüketmişlerdir.

Ortadoğu'da kişi başına düşen ortalama su miktarı, 1960'lardan günümüze artan nüfus baskısıyla birlikte, 3,300 m³/yıl'a kadar düşmüştür. Uzmanlar 2025 yılında bu oranın 650 m³/yıl'a kadar düşebileceğini vurgulamaktadırlar. Bu gerçek, bölgede bulunan sınırlı su kaynaklarının önemli bir bölümünün birden çok ülkenin egemenliğine tabi olması özelliği ile de birleşince bu nehir havzaları kimi akademik çevrelerce çok yinelenen 'su savaşları' senaryoları için kolaylıkla birer örnek oluşturabilmektedirler.

Ortadoğu'da Su Politikası

Bir grup uzman ve akademisyen, daha 1980'lerin başında, genel olarak dünya tatlı su kaynaklarının arz ve talep dengesindeki bozulmaya ve özellikle de Ortadoğu gibi birçok çatışma ögesini içinde barındıran bir bölgede sınırlı su kaynakları üzerinde giderek çoğalan baskıya dikkat çektiler. Bu görüşe göre, suyun Ortadoğu'da giderek kıtlaşması bu kaynağı yakın gelecekte bölge ülkeleri arasında önemli silahlı çatışmaların başlıca nedeni olacaktır. Bölgedeki sınırışan nehirlerin kıyıdaş ülkeleri arasında gerek su kaynaklarına sahip olma, gerek askeri, ekonomik ve politik güç açısından büyük farklılıklar olması, bu uzmanlara göre, suyu gelecekteki olası çatışmaların başlıca kaynağı yapacaktır. Yine bu görüş, çatışmaların önlenmesi ve işbirliğine ulaşılabilmesi için hem suyun kaynağına sahip olan, hem de askeri ve ekonomik açıdan daha güçlü konumda olan yukarı-kıyı (membra) ülkesinin böyle bir anlaş-

ma ya da işbirliğinin gereğine inanıp insiyatifi ele alması gerektiğini savunur. Oysa mevcut durumda hiçbir yukarı-kıyı ülkesi her açıdan avantajlı olan konumunu tehlikeye atabilecek anlaşma ya da işbirliği önerisine yanaşmayacaktır.

Su savaşlarını vurgulayanlar gerek kamuoyunun gerek dış politika yapıcılarının dikkatini potansiyel çatışma bölgelerine çekmeyi başarmışlardır. Bu uzmanlar yalnızca sorunu ortaya koymakla kalmış ancak çözüm için gerekli olan yöntemlerden pek az ya da hiç söz etmemişlerdir. Yine bu çalışmalar 'su kıtlığının kıyıdaşlar arasında kaçınılmaz olarak savaşa yolaçacağı' yolundaki mevcut siyasi gelişmelerden soyut yaklaşımlarıyla kamuoyunu yanlış yönlendirmişler ve su krizinin ardındaki nesnel nedenleri ve bunlara bağlı çözüm önerilerini ortaya koyan bulgulara yer vermemişlerdir.

Oysa Ortadoğu hidropolitik tarihi gerek genel olarak 1960'lardan bu yana gerek son on yılda sahne olduğu gelişmelerle hiç de su savaşları senaryolarını destekler nitelikte gelişmemiştir. Özellikle su savaşı çıkma olasılığının en çok dile getirildiği bölge olan Nil ve Şeria havzalarında son on yılda izlenen gelişmeler çatışmadan çok işbirliği içeriklidir. Şeria havzasında uzun yıllar ihtilaflı durumda olan iki önemli kıyıdaş Ürdün ve İsrail arasında Barış Antlaşmasının (1994) imzalanması ve Nil havzasında Mısır ve Etiyopya arasında (1998-99) en üst düzeyde su görüşmelerinin gerçekleşmesi uluslararası konjonktürün ve sistemli diplomatik girişimlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Gerçekten 1990'lı yıllar Soğuk Savaşın sona ermesiyle birlikte dünyanın birçok bölgesinde ihtilaflı ülkelerin çeşitli diplomatik forumlar çerçevesinde biraraya getiren işbirliği çabalarına

sahne olmuştur. Ortadoğu Barış Süreci de bu gelişmelerin en çarpıcı olanıdır. Bununla birlikte Soğuk Savaş sonrası dünya yalnızca işbirliği ve barış girişimlerine sahne olmuştur. Ortadoğu Barış Süreci de bu gelişmelerin en çarpıcı olanıdır. Bununla birlikte Soğuk Savaş sonrası dünya yalnızca işbirliği ve barış girişimlerine sahne olmamış, aksine dünyanın birçok bölgesinde sıcak bölgesel çatışmalar birbirini izlemiştir. Örneğin Nil havzasında Sudan'ın güneyinde, Rwanda'da ve bu bölgeye komşu ülkelerde silahlı çatışmalar tüm yıkıcılığıyla sürmüştür. Ancak bu çatışmalardan hiçbirinin doğrudan nedeni taraflar arasında su paylaşımı olarak ortaya çıkmamıştır.

Ortadoğu'da Suyun Ekonomi Politikası

Son on yılda uluslararası sistemdeki bu değişikliklerin doğurduğu işbirliği çabaları bir yana, Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkelerinin 1960'lardan buyana karşılaştıkları ciddi su kıtlıklarına karşın kıyıdaş oldukları nehir havzalarında hiçbir açık çatışmaya girmemiş olmalarının esas açıklayıcısı bu ülkelerin uluslararası gıda ticaretinde uzun yıllardır önemli ithalatçı bir bloğu oluşturuyor olmalarıdır. 1950'lerin sonu itibarıyla Libya, İsrail, Filistin; 1960'larda Ürdün; 1970'lerde Mısır su sıkıntısı ile karşı karşıya kalmaya başlamışlardır. Ancak bu ülkelerin yaşadığı su kıtlığı sanıldığı gibi ekonomilerinin tüm sektörleri için gerekli suyun yetersizliği olmamıştır. Nitekim bu ülkelerin içme suyu (şehir suyu) ve sanayide kullanmak için yeterli su arzları vardı. Ancak 1960'ların sonu itibarıyla Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkeleri izledikleri gıda güvenliği politikaları başlamış-

lardı. Bir başka deyişle genel olarak Ortadoğu'da su kıtlığından söz edildiğinde esas olarak tarım sektörü (gıda güvenliği) için gerekli suyun kıtlığından söz edilmektedir.

Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkeleri 1970'li yıllardan itibaren, iç ve dış siyasi platformlarda gıda güvenliği ve gıda alanında kendi kendine yeterli olabilmeye ilişkin bütün söylemlerine rağmen, dünyada gıda ithalatçısı ülkelerin başında yer almışlardır. Bu ülkeler hızla artan nüfusları ve ekonomik gelişmeleri paralelinde artan gıda gereksinimlerini karşılamak için ulusal su kaynaklarının yetersiz kaldığı aşamada, bölgelerindeki

uluslararası su kaynaklarını komşularıyla girecekleri bir çatışmada güç kullanarak elde etme yoluna başvurmamışlardır. Su ve dolayısıyla gıda alanındaki bu açıklarını dünya gıda pazarından uygun fiyatlarla ve yeterli su ve toprak kaynakları ile ileri tarım teknolojilerine sahip Kuzey Amerika, Avrupa, Avustralya ve Güney Asya gibi bölgelerden gıda ithalatında bulunarak kapamayı uygun bulmuşlardır.

Ancak geçen bu kırk yıl içinde su kıtlığının en dramatik yaşandığı kuraklık dönemlerinde bile, İsrail dışında (1989-1992) hiçbir bölge ülkesi gıda alanında kendi kendine yeterlilik ve gıda güvenliği poli-





gıda alanında kendi kendine yeterli olabilmış hatta gıda ihracatından önemli ticari gelirler elde etmişlerse de bu başarılar sürekli olmamış ve bu ülkeler dünya gıda pazarlarında önemli gıda ithalatçısı ülke grubu olma özelliğini sürdürmüşlerdir.

Ancak 1995 yılında Dünya Ticaret Örgütü'nün kurulmasıyla birlikte dünya gıda pazarlarında fiyatlar ani bir yükseliş göstermiş ve gıda pazarlarında fiyatlar ani bir yükseliş göstermiş ve gıda üreticilerine hükümetlerce tanınan mali ve kurumsal destekler bu örgütün baskılarıyla önemli ölçüde kalkmıştır. Böylelikle Ortadoğu ülkeleri daha önce ton başına 100 ABD Doları ödedikleri buğdayı 1995-1997 yılları arasında ancak 175 Dolara bulabilmişlerdir. Fiyatlar 1997'den sonra tekrar biraz dengelenmiş ve 140 Dolara kadar düşmüştür ama uzmanların ortak tahmini gıda fiyatlarının bir daha 1995'den önceki seviyelerine düşmeyeceğidir.

Bu gelişmeler karşısında Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkelerinin ekonomilerini güçlendirip gıda pazarlarındaki alım güçlerini artırebilmeleri için büyük ölçüde tarıma dayalı ekonomilerini hızlı sanayileşme atılımlarıyla desteklemeleri gerekmektedir. Bir yandan da bu ülkeler mevcut su potansiyellerini özellikle tarımda en etkin ve verimli biçimde kullanma yoluna gitmelidirler. Bu yöntemler sulama metodlarının geleneksel olandan suyu daha verimli kullanan ve daha çok ürün sağlayan biçimlerine (cazibe sulamasından yağmurlama ve damlama sulama yöntemlerine geçiş) geçişleri kapsadığı gibi, suyun gerçek maliyetinde fiyatlandırılıp ekonomik değerinin vurgulanmasını da içeren daha kapsamlı politikaları da içerir. Ancak bu yöntemler giderek kıtlaşan su yetersiz kalabilecektir. Bu durum-

tikalarını, yalnızca politik söylemlerde kalmış olsa bile, resmi olarak terk etmemişlerdir. Nitekim bu ülkelerde siyasi karar vericiler hızlı ekonomik kalkınma ve bunun birinci şartı olan tarım sektöründe gelişmeye daha bağımsızlıklarını kazandıkları ilk yıllardan itibaren önem vermişlerdir. Modern (sulu) tarım ve enerji üretimi ekonomik kalkınmanın temel göstergeleri olarak belirlenmiştir. Bu hedeflerin gerçekleşmesi de büyük oranda yeterli ve devamlı su kaynaklarına sahip olmaya dayanmaktaydı. 1960'lardan buyana Suriye ve Irak'ta birbiri ardına girilen büyük çaplı enerji ve sulama projeleri; İsrail'de 1950'lerde Negev çölünü tarımsal alana dönüştürme

çabaları temelde bu siyasi ve ekonomik hedeflerin sonuçlarıdır.

Ancak birçok Ortadoğu ülkesi bu hedefe varmada aşılması güç yapısal ve doğal engellerle karşılaşmışlardır. Bir yandan sulu tarıma geçiş için gerekli olan yeterli su kaynaklarını bulma konusunda ciddi zorluklar yaşarken bir yandan da tarıma elverişli toprak ıslahında bu toprakların yüzyıllardır yanlış yöntemlerle sulanmasından kaynaklanan aşırı tuzlulukla mücadele etmek durumunda kalmışlardır. Ancak giriştikleri toprak reformu politikalarında türlü sosyal ve politik zorluklarla karşılaşan bu ülkeler hedefledikleri birçok kurumsal iyileştirmeyi de gerçekleştirememişlerdir. Nitekim dönem dönem



da Ortadoğu ülkeleri gıda (su) açıklarını büyük ölçüde uluslar arası ticaret yoluyla karşılamaya devam edeceklerdir. Bunun için bu ülkeler dünya gıda pazarlarındaki gelişmelerden olumsuz etkilenmemek için öncelikle bölge içi ticareti geliştirmek için çaba göstermelidirler. Ancak Ortadoğu ülkelerinin giderek artan su ve gıda ihtiyaçlarını karşılamada bölge ticaretinin de yetersiz kaldığı durumlarda aynı ülkeler dünya gıda ticaretine tekrar ve eşzamanlı olarak entegre olmak durumunda kalacaklardır. Bu durumda bölge ülkeleri dünya gıda pazarlarındaki bu ani fiyat artışlarını aşağıya çekmek için beraber ithalatçı bir blok olarak hareket etmelidirler.

Sonuç

Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkeleri için su kıtlığı yeni karşılaştıkları bir olgu değildir. Bu ülkeler 1960'lardan buyana ciddi su sıkıntıları yaşamışlar ve bu durumu iyileştirmek için ekonomik ve politik yöntemlere başvurmuş-

lardır. Nitekim uluslar arası gıda pazarları bu ülkeleri yeterli miktarlarda ve uygun fiyatlarda gıda (su) ile beslemiştir. Ancak dünya önemli dönüşümlere gitmeleri yönünde zorlamaktadır. Aynı biçimde Ortadoğu'da uluslar arası nehir havzalarında gözlenen su kıtlığı kıyıdaş ülkelerin suya ilişkin ekonomi politikalarında yapacakları ayarlamalar, yeniden yapılanmalar ve suyu etkin ve akılcı kullanma yöntemlerini benimsemeleriyle çözümlenecektir. Örneğin, Türkiye Güneydoğu Anadolu Projesi çerçevesinde hedeflediği 1.7 milyon hektarlık alanın tamamında (1999 itibariyle 215.000 hektarda sulamalar mevcuttur) sulamaları gerçekleştirdiğinde bölge içi gıda ticaretini besleyebilecek potansiyel bir pazara dönüşecektir. Böylelikle özellikle Fırat-Dicle havzasında sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden çok uzak bir biçimde ellerindeki sınırlı toprak ve su kaynaklarını israfli bir biçimde kullanan Suriye ve Irak gıda (su) açıklarını kıyıdaşları Türkiye'den karşılayabileceklerdir. Havza ülkele-

rinin ekonomi politikalarında gerçekleştirebilecekleri bu dönüşüm (tarih ekonomisinden sanayi ekonomisine geçiş) bölgedeki sınırlı su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltarak bölge barışına katkıda bulunacaktır. Ancak tüm bu hedeflere varmada başarı, en üst düzeyde politik karar vericilerin benimseyecekleri stratejilere bağlıdır. Çoğunlukla kısa vadeli iç politika kaygılarıyla hareket eden bu karar vericiler 'su politikasını' da dar açılı gündemlerinin bir parçası haline dönüştürdükleri süreçte bölge ülkeleri arasında su politikalarını uyumlaştırmak giderek güçleşecektir.

Ayşegül Kibaroğlu

Dr. Bilkent Üniversitesi, Dış İlişkiler Bölümü

HEYELANLAR

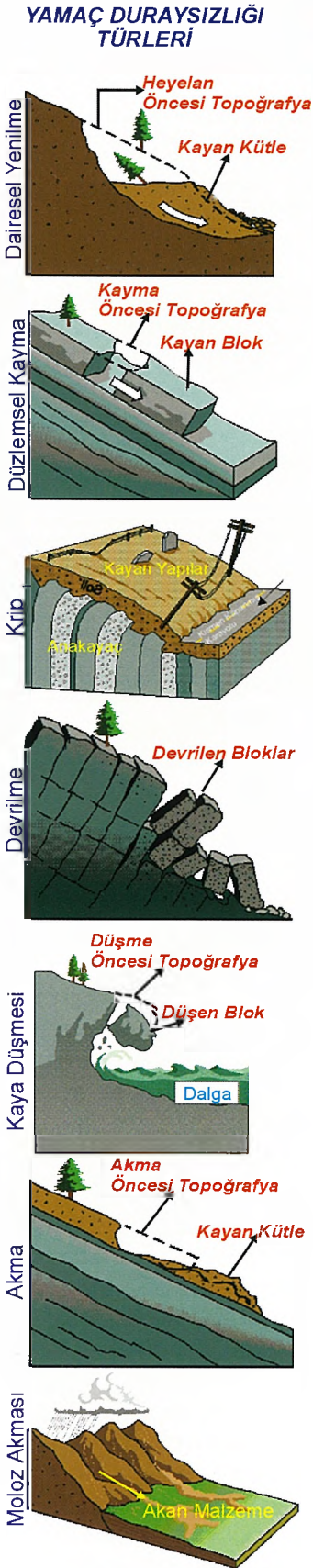
DÜNYADAKİ SOSYO-EKONOMİK BOYUTLARI VE BAZI ÖRNEKLER

Dünyanın birçok bölgesinde zaman zaman katastrofik etkileriyle trajik sonuçları olan heyelanlar, gerçekte başarılı bilimsel ve teknik çalışmalarla önemli oranda önlenebilir ender doğal olaylardır.

Birleşmiş Milletler 1987 yılında aldığı bir kararla, 1990-2000 yılları arasındaki on yılı "Doğal Afetlerin Azaltılması İçin Uluslararası 10 Yıl" olarak ilan etmişti. Konuyla ilgili olarak Birleşmiş Milletlerde bir üst komisyon ile Birleşmiş Milletler'e bağlı ülkelerde de ulusal komisyonlar oluşturulmuş ve çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu günlerde ise, bu çalışmalardan elde edilen veriler ve sonuçlar uluslararası düzeyde tartışılmaktadır. Doğal afet kavramı; deprem, kasırga, sel, heyelan*, kuraklık, ani iklim değişiklikleri gibi bir çok olayı barındıran genel bir ifadedir. Ancak, insanların üzerinde yaşadığı coğrafyanın özelliklerine bağlı olarak doğal afet kültürü de farklılıklar göstermektedir. Örneğin bugünlerde doğal afet kavramı Türk insanına ilk önce depremi çağrıştırırken, Çin'in Yangtze Nehri havzası çevresinde yaşayan insanlar için de taşkını hatırlatmaktadır.

Doğal olayların sonuçlarının

afet düzeyine ulaşmasının önüne geçilebilmesi ülkelerin gelişmişlik düzeyiyle çok yakından ilişkilidir. Dünya Bankası verilerine⁽¹⁾ göre doğal afetlerden kaynaklanan ölümlerin %95'i gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde oluşmaktadır. Ölümlere ek olarak, gelişmekte olan ülkelerin ekonomileri de doğal afetlerden kötü biçimde etkilenmektedir. Yine Dünya Bankası uzmanlarına göre⁽²⁾ ekonomik büyüme, ödemeler dengesi, halkın harcama gücü ve enflasyon gibi halkın günlük yaşamını doğrudan ilgilendiren ekonomik parametrelerin zarar görmesinin yanısıra, yatırım yapılmasını da doğal afetler olumsuz yönde etkilebilmektedir. Doğal afetler içerisinde çoğu zaman ön planda olmamasına rağmen heyelanlar, genelde doğal afet sıralamasında kendine her zaman üst sıralarda yer bulmaktadır. Rakamlar, doğal afet türleri açısından ülkelere göre farklılıklar gösterse de, örneğin İtalya'da doğal afetlerden kaynaklanan can kayıplarının %37'sinin nedeni



* Her türlü yamaç duraysızlığı için genel bir terim olarak kullanılmıştır.



13 Temmuz 1995 felaketinden sonra Senirkent'ten bir görünüm ve felakete neden olan malzeme (Fotoğraf: Reşat Ulusay)

heyelandır⁽²⁾. Bir diğer örnekte ise, 1967-1982 yılları arasında Japonya'da, heyelanlar yılda ortalama 150 insanın ölümüne neden olmuştur⁽³⁾. En tipik heyelan zararlarından birisi 1964 Alaska depreminde yaşanmıştır. Bu deprem sırasında oluşan heyelan ve yanıl yayılma gibi zemin yenilmelerinden kaynaklanan can ve mal kayıpları yersarsıntısının yarattığı kayıplardan daha fazladır⁽³⁾.

Özellikle son yıllarda heyelan zararlarının ve heyelanlardan kaynaklanan risklerin değerlendirilmesi konusu, birçok yer bilimci tarafından işlenmeye başlamıştır. Aleotti ve Chowdhury'ye göre⁽²⁾ heyelana karşı ilginin artışı iki temel nedene bağlıdır:

(1) Heyelanların ve sonuçlarının sosyo-ekonomik açıdan verdiği zararların, toplum ve yerel yönetimler tarafından anlaşılması,

(2) Teknolojik gelişme ve

kentleşme sonucunda oluşabilecek heyelanların kentleşme üzerindeki etkisi.

Aleotti ve Chowdhury'nin yaptığı saptamalar, Birleşmiş Milletler'de kurulan komisyonun başkanı Robert M. Hamilton'un⁽⁴⁾ görüşleriyle de paralellik göstermektedir. Hamilton'a göre toplumun doğal afet kavramını ciddi biçimde dikkate alması zararların azaltılması açısından oldukça önemlidir. Ancak, ender olarak gelişen doğal olaylara karşı yapılacak araştırmalar ve alınabilecek önlemler konusunda, toplumun yatırım motivasyonunu oluşturmak güçtür. Buna karşın sık aralıklarla oluşan doğal olaylardan kaynaklanan zararların azaltılabilmesi için insanlar düşünmeksizin yatırım yaparlar.

Heyelan Kayıplarına Bazı Örnekler

Giriş bölümünde de değinildiği gibi, doğal afetlerden kaynaklanan can kayıplarının %95'inin gelişmekte olan ve az gelişmiş ülkelerde olmasına karşın, heyelanların oluşum sıklığı ve yarattığı ekonomik kayıpların gelişmiş ülkelerde yoğunlaştığı gözlenmektedir. Hutchinson'a göre⁽⁵⁾ de heyelanlar ve yarattığı ekonomik kayıplar ABD, Fransa, İtalya gibi gelişmiş ülkelerde daha fazladır. Sözkonusu bu ülkelerin herbirinde heyelandan kaynaklanan ekonomik kayıpların yıllık bir milyar doların üzerinde olduğu tahmin edilmektedir⁽³⁾. ABD için 1925-1975 yılları arasında, heyelanlardan kaynaklanan kayıplar; taşkın, kasırga, tayfun ve deprem kayıplarının toplamının üç katından daha fazladır⁽³⁾. Panama Kanalı'nın yapımı sırasında yaşa-



Mengen-Pazarköy (Bolu) arasında gelişmiş olan bir heyelanın görünümü

nan heyelanlar bu olaydan kaynaklanan ekonomik kayıplara ve-rilebilecek tipik örneklerdendir. 1900'lerin başında planlanıp yapımına başlanan kanalın tamamlanması, heyelan nedeniyle iki yıl gecikmiş, ayrıca trafiğe açıldıktan sonra, 1914'te yedi farklı noktada oluşan heyelanlardan dolayı trafiğe kapanmıştır. Heyelan sorunları 1940 yılına kadar sürmüş, kanalın açılışı ile 1940 yılı arasındaki dönemde 57 milyon metreküp heyelan malzemesi kaldırılmıştır⁽³⁾.

Panama Kanalındaki duraysızlıklar çoğunlukla ekonomik kayıplara neden olurken, 1920'de Çin'in Kansu Bölgesi'nde yaşanan depremde 200 bin insan yaşamını yitirmişti. Bu depremle ilgili Close ve McCormick'in National Geographic Magazin'de 1922 tarihinde yayınladıkları yazılarında⁽⁶⁾ bu depremin neden olduğu heyelanların ve değişik türdeki zemin yenilmelerinin, en az 100 bin kişinin hayatını kaybetmesine mal olduğunu açıklamışlardır.

Schuster ve Fleming'e göre⁽³⁾, 20. yüzyılın en iyi bilinen katas-trofik heyelanlarından ikisi de

1962 ve 1970 yıllarında Peru'da yaşanmıştır. Huascaran Dağı'ndan akmaya başlayan toprak, kaya, buz ve su karışımı molozlar, dağın eteklerindeki köyleri tümüyle kaplamış ve yaklaşık 5000 kişinin ölümüne neden olmuştur. Sekiz yıl sonra aynı bölgede Peru kıyılarında oluşan bir deprem tarafından tetiklenen ikinci moloz akması trajedisi yaşanmıştır. Çok yüksek bir hızla Huascaran Dağı'ndan inen molozlar, Yungay ve Ranrahirca kasabalarını tümüyle kaplamış ve 18000 insanın ölümüne neden olmuştur⁽³⁾.

1963 yılında İtalya'da yaşanan Vaiont Barajı heyelanı sonucunda 2000 kişiden fazla ölüm ve 130 milyon dolar ekonomik zarar meydana gelmiştir.

Geçtiğimiz yüzyıl içerisinde meydana gelen ve tam anlamıyla katastrofik olaylar olarak değerlendirilebilecek dünyanın en büyük iki heyelanında, boyutlarına göre can ve mal kayıpları çok az olmuştur. 1911 yılında Tacikistan'da oluşan Pamir heyelanında 2.5 km³, ABD'de St. Helens Dağı'nın kuzey yamacında ise 2.8 km³ malzeme

kaymıştır⁽³⁾.

1966 yılında Galler'in Aberfan kentinde yaşanan kömür ocağına ait pasa yığınlarının kayması olayı ise tam bir trajedidir. Bir okulun üzerini örten pasalar burada 116 çocuğun ve 5 öğretmenin ölümüne neden olmuştur. Buradaki toplam ölü sayısı ise 144 kişidir⁽³⁾. Bu olay, gerçekte doğal bir süreç olmayıp, madencilik çalışmaları sonucunda oluşmuştur.

Yakın zamanda Türkiye'deki Senirkent felaketi, yamaç duraysızlıklarından kaynaklanan can ve mal kayıplarına ülkemizden ve-rilebilecek tipik örneklerden birisidir. 13 Temmuz 1995'te aşırı yağışlar sonucu oluşan ve moloz-çamur akması şeklinde gelişen yamaç duraysızlığında 74 kişi yaşamını kaybetmiş, 180 ev yıkılmış, 212 ev ile 56 işyeri hasar görmüştür. Senirkent'in elektrik şebekesinin yarısı tahrip olmuş, bu da o günün rakamlarıyla sadece elektrik şebekesinde 20 milyar TL ekonomik kayıba⁽⁷⁾ neden olmuştur.



Heyelan Zararlarının Azaltılması Çalışmalarında CBS ve Haritalamanın Önemi

Heyelanlardan kaynaklanan maddi kayıplar gelişmiş ülkelerde daha fazla olmasına karşın bu ülkelerin ekonomilerini fazla etkilememektedir. Gelişmekte olan ülkelere ise heyelanlar yıllık üretimin

%1-2'si kadar ekonomik kayba neden olmaktadır⁽²⁾. Bunlara ek olarak, kentleşme ve sanayileşmenin sonucunda heyelan sayısında da önemli artışlar olmuştur. Örneğin Flentje ve Chowdhury⁽⁸⁾ tarafından Avustralya'da Greater Wollongong bölgesinde yapılan bir araştırmanın sonuçlarını gösteren grafikten de (Şekil 1) anlaşılacağı gibi, son on yılda heyelan sayısı eski yıllara oranla çok artmıştır. Çünkü, teknolojik gelişme daha fazla kazı çalışmalarını da bera-

berinde getirmektedir. Ayrıca, kentsel alanlarda oluşan heyelanlar gerek can, gerekse mal kaybı açısından daha tehlikelidir. Belirtilen bu nedenler ve verilen örnekler dikkate alınarak, heyelanlar üzerine yapılan bilimsel araştırmalar her geçen gün artmaktadır.

Araştırmacılar bir bölgede heyelanlarla ilgili çalışma yaparken; "heyelan nerede olacak?", "ne tür heyelan gelişecek?" ve "heyelan nasıl oluşacak?" gibi üç temel sorunun yanıtlarını ararlar. Araştırmacılar bu soruların yanıtını ararken dört temel ön kabulde bulunurlar⁽²⁾:

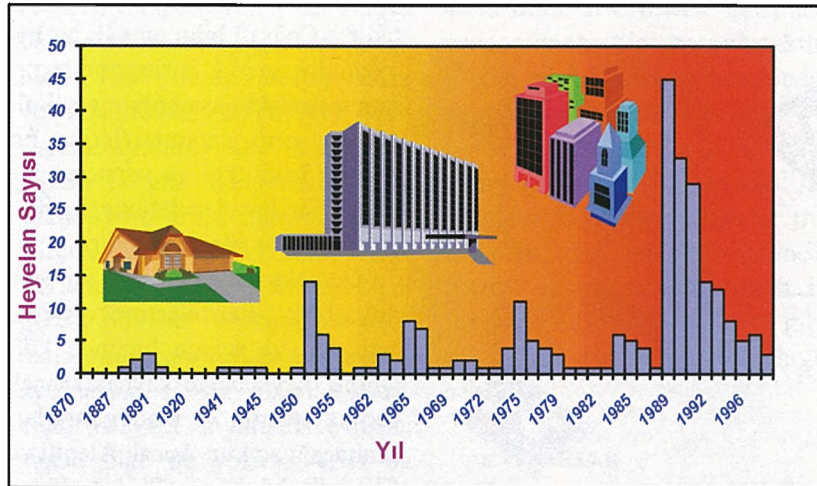
(1) Önceden oluşmuş heyelanlar aynı jeolojik, jeomorfolojik, hidrojeolojik ve iklim koşullarında gelecekte de oluşabilir,

(2) Heyelanlara neden olan olaylar, belirlenebilir fiziksel faktörlerdir,

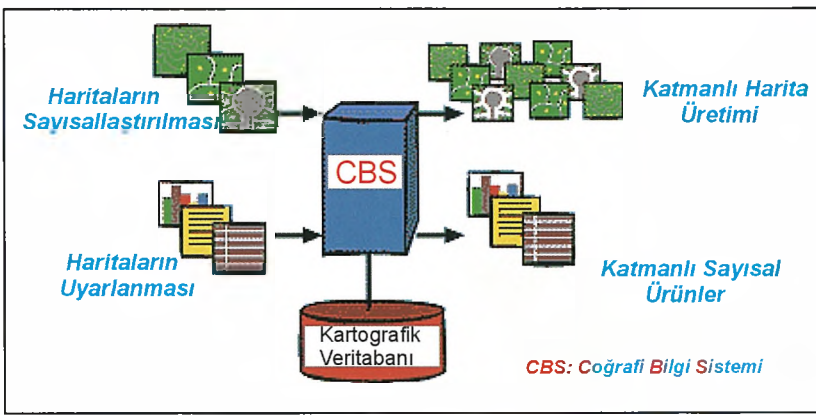
(3) Heyelanlar sonucunda oluşabilecek zararın derecesi belirlenebilir,

(4) Tüm heyelan türleri tanımlanabilir ve sınıflandırılabilir.

Ancak, tüm bu araştırmalara ve kabullere karşın yine de heyelan



Şekil 1: Avustralya'da Greater Wollongong bölgesinde heyelan sayısının yıllara göre değişimi (Ref: Flentje, P.N. ve Chowdhury, R., 1999. Quantitative landslide hazard assessment in an urban area. Proc. 8th Australia-New Zealand Conf., Australia.)



Şekil 2: Harita üretimi amaçlı bir coğrafi bilgi sistemi ve bileşenleri

tehlikesi değerlendirilmesinde heyelana neden olan bazı etkenlerin sayısal olarak ifade edilememesi nedeniyle bazan insan öznelliğine dayalı tartışmalı sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Bu nedenle, konuyla ilgili Dünyadaki bilim insanları arasında üzerinde anlaşılması bir yöntem de henüz mevcut olmasına karşın⁽⁹⁾, bölgesel anlamda birçok heyelan tehlikesi haritası hazırlanması gerektiğinde, tanıma dayalı istatistiksel çalışma yapılması zorunluluğu da bir gerçektir⁽¹⁰⁾. Herşeye rağmen, mevcut durumu yansıtan iyi bir heyelan haritası yardımıyla; heyelan türleri, kayan malzemenin hacmi, hareket

aralığı gibi konularda kullanıcı için önemli bilgiler sağlanabilir.

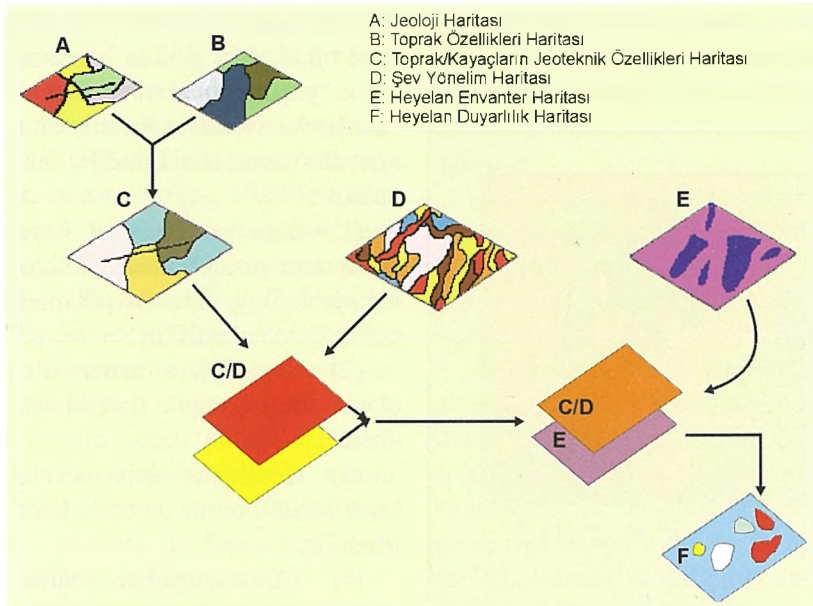
Son yıllarda bilgisayar teknolojisinin gelişmesine koşut olarak, harita hazırlanmasında büyük kolaylıklar sağlayan coğrafi bilgi sistemleri (CBS) de önemli aşamalar kaydetmiştir. Özellikle heyelan tehlikesi veya heyelan duyarlılığı haritalarının hazırlanmasında etkili bir araç olan coğrafi bilgi sistemleri, bu alanda daha yaygın bir biçimde kullanılmaya başlamıştır. Bir coğrafi bilgi sisteminin ana hatlarıyla ne olduğu şematik olarak Şekil 2'de gösterilmiştir.

Heyelanlardan kaynaklanan zararların değerlendirilmesi ve risk

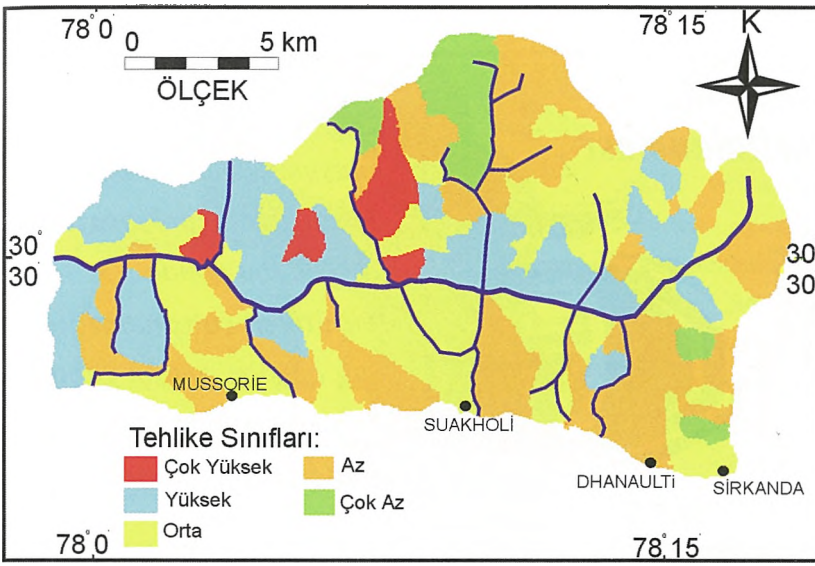
yönetimi için gerekli koşullar; yapılan değerlendirmenin başarısı, çevresel etkileri de kapsayacak biçimde heyelan sonuçlarının etkileri ve ekonomik etkiler şeklinde sınıflandırılabilir⁽²⁾.

Bir bölgedeki heyelanların değerlendirilmesi için bir yöntem geliştirilirken, potansiyel heyelan nedenlerinin mutlaka ayrıntılı biçimde değerlendirilmesi gerekir. Bunun en önemli aşamalarından birisi de geçmişte bölgede olan heyelanların nedenlerinin araştırılması ve envanterinin oluşturulmasıdır. Heyelan envanter çalışmalarına gelişmiş ülkelerde oldukça önem verilmektedir. Çünkü, uygulanacak yöntemin belirlenmesinde geçmişteki heyelanların nedenlerinin gelecekte de heyelanlara neden olabileceği görüşü hakimdir. Ancak, heyelan nedenlerinin bazan tek, bazan da birden fazla olması yüzünden, neden-etki ilişkisini değerlendirmek çok kolay değildir. Tüm bu olumsuzluklara rağmen, konuyla ilgili bilim insanları ve mühendisler bu konudaki araştırmalarını tüm gayretleriyle sürdürmekte ve yol almaya çalışmaktadırlar. Bu tür araştırmalarda verilerin toplanması, depolanması ve güncelleştirilmesi araştırma maliyetinin %70-80'ini oluşturmaktadır⁽²⁾. Coğrafi bilgi temelli bir heyelan duraysızlık haritasının hazırlanmasındaki aşamalar ve kullanılan girdi parametrelerine bir örnek Şekil 3'te ve sonuçta elde edilen bir heyelan tehlike haritası ise Şekil 4'te görülmektedir.

Gerçekte heyelan tehlikesi veya duyarlılık haritalarının uygun zamanda ve uygun biçimde kullanımı, heyelandan kaynaklanacak can kayıplarını ve maddi zararları azaltacağı açıktır. Ancak Aleotti ve Chowdhury'ye göre⁽²⁾, üst düzey yetkililer ve politikacılar, çoğu zaman bu tür haritaları dikkate



Şekil 3: Heyelan duyarlılık haritası hazırlanması aşamalarını gösteren basitleştirilmiş bir örnek (Ref: Maharaj, R.J., 1993. Landslide processes and landslide susceptibility analysis from an upland watershed: A case study from St. Andrew, Jamaica, West India. Engineering Geology. 34, 53-79)



Şekil 4: Heyelan tehlike haritalarına bir örnek (Ref: Pachauri A.K. ve Pant, M., 1992. Landslide hazard mapping based on geological attributes. *Engineering Geology*, 32, 81-100.)

almamaktadırlar. Buna ek olarak, yer bilimciler dışındaki insanlar bu tür haritaları anlamakta güçlük çekebilmektedirler. Yine aynı araştırmacılara göre⁽²⁾, bu sorunların aşılabilmesi için yer bilimcilere düşen görevler: "(a) haritaların üzerindeki açıklamaların anlaşılabilir seçilmesi ve (b) yerleşim alanları seçilirken, bu haritaların kullanımıyla, daha az maddi kayıp olacağına vurgulanması" şeklinde özetlenmiştir. Bu konuda üstün performans gösteren ülkelerin başında Japonya gelmektedir. Gelişmiş ülkeler arasında, uzun yıllar boyunca heyelandan oldukça fazla etkilenen Japonya'da⁽³⁾, 2. Dünya Savaşı'ndan sonra başlatılan çalışmalar, 1958 yılında yasallaştırılmış ve yılda ortalama 500 milyon dolar kaynak ayrılarak, can ve mal kayıpları en aza indirgenmiştir. Ne yazık ki bu örnek dünyada tektir. Birçok ülke heyelandan kaynaklanan zararların azaltılması için gerekli bilimsel ve teknolojik çalışmalara önemli miktarda kaynak ayırmasına rağmen, Japonlar kadar ciddi ve yasa boyutunda çalışma yapan ülke de yoktur. ABD bu konuda ulusal düzeydeki ilk programını, ancak 1980'lerin ortalarında uygulamaya koyabilmiştir. Bu-

nun yanı sıra İtalya'da 1990'larda oluşan heyelanlar sırasında oluşan önemli can kayıplarından hala söz edilmektedir⁽¹¹⁾. Ancak, 1990'ların ikinci yarısında İtalya'da heyelanlara karşı duyarlı bölgelerin bazılarında erken uyarı sistemi uygulamaları başlamıştır⁽¹²⁾. Dünya Bankası uzmanlarının da söz ettiği gibi⁽¹⁾, doğal afetleri gözardı ederek başarılı bir ekonomik kalkınmanın sağlanması mümkün değildir. Bu gerçekten hareketle, tüm ülkelerin sürekli ve aktif bir "heyelan zararlarının azaltılması programını" yaşama geçirip, kaynak ayırması insan yaşamının güvenliği ve kalitesinin artırılması açısından vazgeçilmez bir zorunluluktur. Çünkü birçok ülkede heyelandan kaynaklanan maddi zararlar ve can kayıpları dahi henüz tam olarak bilinmemektedir. Şüphesiz ki, heyelandan kaynaklanan can ve mal kayıpları sifira indirilemez, ancak gerekli yatırımların yapılması ile Japonya örneğinde olduğu gibi, çok düşük bir seviyeye indirgenbilir.

KAYNAKLAR

- (1) Kremier, A. ve Arnould, M., 2000. World Bank's role in reducing impacts of disasters. *Natural Hazards Review*. Vol.1,

No.1, 37-42.

- (2) Aleotti, P. ve Chowdhury, R., 1999. Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives. *Bull. Eng. Geol. Env.*, No.58, 21-44.
- (3) Schuster, R. L. ve Fleming, R. W., 1986. Economic losses and fatalities due to landslides. *Bull. of the Assoc. of Eng. Geol.*, Vol. XXIII, No.1, 11-28.
- (4) Hamilton, R. M., 2000. Science and technology for natural disaster reduction. *Natural Hazards Review*. Vol.1, No.1, 56-60.
- (5) Hutchinson, J. N., 1995. Landslide hazard assessment. *Proc. VI Int. Symp. on Landslide*, Christchurch, 1805-1842.
- (6) Close, U. ve McCormick, E., 1922. Where the mountains walked. *National Geographic Magazine*. Vol.41, No.5, 445-464.
- (7) Yalçınkaya, S., 1995. Isparta Senirkent feyzanı. *DSİ Bülteni*, Temmuz-Ağustos'95. 13-20
- (8) Flentje, P.N. ve Chowdhury, R., 1999. Quantitative landslide hazard assessment in an urban area. *Proc. 8th Australia-New Zealand Conf.*, Australia.
- (9) Guzzetti, F., Carrara, A., Cardinali, M. ve Reichenbach, P., 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology*, No.31, 181-216.
- (10) Zezere, J. L., Ferreira, A.B. ve Rodrigues, M.L., 1999. Landslide in the North Lisbon Region (Portugal): Conditioning and triggering factors. *Phys. Chem. Earth (A)*. Vol.24, No.10, 925-934.
- (11) Luino, F., 1999. The flood and landslide event of November 4-6 1994 in Piedmont Region (Northwestern Italy): Causes and related effects in Tanaro Valley. *Phys. Chem. Earth (A)*. Vol.24, No.2, 123-129.
- (12) Lazzari, M. ve Salvaeschi, P., 1999. Embedding a geographic information system in a decision support system for landslide hazard monitoring. *Natural Hazards*. No.20, 185-195.

Murat Ercanoğlu

Araş. Gör., H.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü
e-mail: murate@hacettepe.edu.tr

Candan Gökçeoğlu

Yrd. Doç. Dr., H.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü
e-mail: cgokce@hacettepe.edu.tr

Tahmini, Kontrolü, Önlenmesi ve Haritalanması



Günümüz teknolojisine rağmen, bir çığın kesin oluşum zamanını belirlemek henüz imkansızdır. Ancak, bu yönde yürütülen çalışmalar ile çığ oluşum anının yakınlığı konusunda saptamalar yapılabilmektedir.

Çığ Tahmini

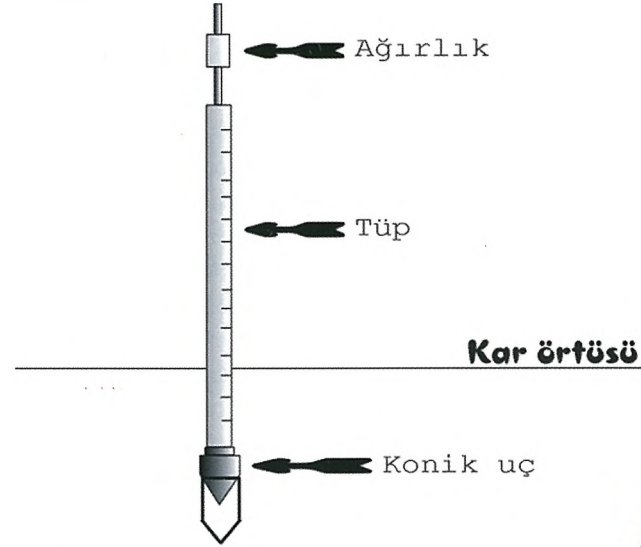
Çığ tahmin çalışmalarını farklı yöntemlerle yapmak mümkündür. Bütün yöntemlerin esası, kar örtüsünün duraylılığının (stabilitesinin) belirlenmesine dayanır. Kar örtüsünün duraylılığının belirlenmesi, mevcut kar koşullarının çığ oluşturmaya uygun olup olmadığı sonucunu vermektedir. Karın duraylılığı çığ tehlikesinin değerlendirilmesinde önemli bir anahtardır. Duraylılık analizi, kar örtüsünün güncel koşullarına dayanmakta iken, çığda tahmin yönteminde ise; güncel ve geleceğe ait öngörülerde bulunulur. Bu nedenle, birbirlerinden ayrılmazlar.

Duraylılık yönteminde (birinci grup) genelde meteorolojik ölçümler ağırlıktadır. Bunlar; yeni ve toplam kar derinliği, rüzgar yönü ve şiddeti, güneş durumu, kar örtüsü ve hava sıcaklığı, albedo, radyasyon, vb parametreleridir.

Tahmin yöntemleri (ikinci grup) ise: biraz daha yerel ve ayrıntılı içeren kar profili almaya dayanan ve zaman geçtikçe kendi içinde çeşitlilik kazanmış yöntemlerdir.

Bunlardan; Ramsond cihazı ile kar profili alımı yönteminde, cihaz kar örtüsüne dik olarak yerleştirilir ve

örtüsü içinde tüpün ilerleme miktarının kar kalınlığı boyunca değişimi izlenir (Şekil 1). Ramsond-ram ağırlığının düşme sayısı ile kar



Şekil 1: Ramsond cihazı



Şekil 2: El testinin bir aşaması



Şekil 3: Kürek testi

profilini alımında ise adından da anlaşılacağı gibi ramsond cihazı kullanılmaksızın tabakaların sertlikleri el ile saptanır (Şekil 2).

Kürek testi (Şekil 3), kayak sopası testi ve çökme testi tahmin yöntemlerine verilebilecek diğer örneklerdir.

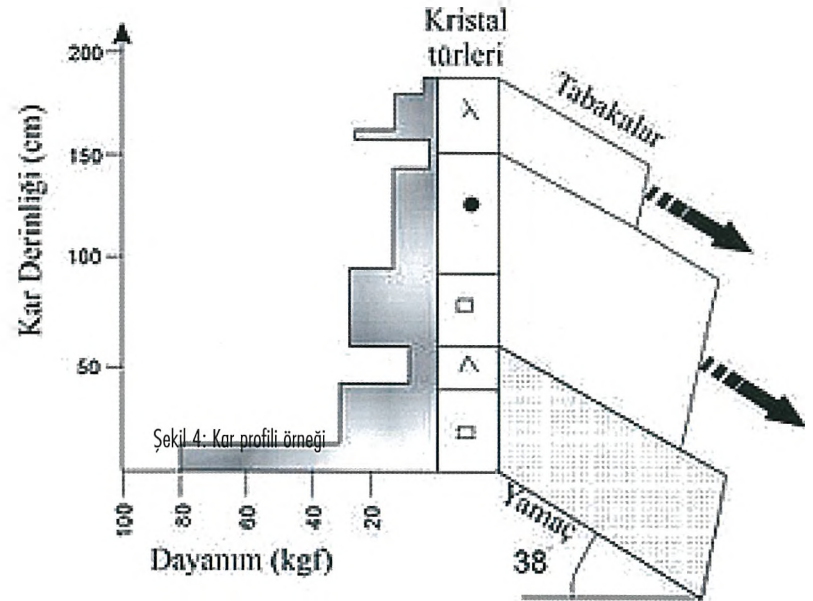
Kürek testi yönteminde; şüphe edilen zayıf tabakaların daha alt seviyelerine kadar dik sütun şeklinde, kar kolonu kesilerek hazırlanır. Kesme kuvveti (tabakaların depolama yüzeylerine paralel olacak şekilde) uygulanır; kürek kar sütununun arkasına sokulur ve yamaç eğimi yönünde yenilme oluşana kadar çekilir. Tabakaların kuvvet uygulanır uygulanmaz kayması, tabakalar arasındaki çok zayıf olan bir yüzeyin varlığını gösterir. Yenilmeye neden olan uygulanmış kuvvetlerin sınıflandırılmasına bağlı olarak tabakaların duraylılığı tahmin edilir.

Kayak sopası testinde; ilk olarak kayak sopası, kara mümkün olduğu kadar derine batırılır. Daha

sonra bulunduğu yapısı da dikkate alınarak dayanım derinliği genişletecek şekilde geri çekilir ve açılan delikten yüzeye yakın tabakalar incelenir. Bu test pratik olmakla birlikte derin tabakaların incelenememesi yüzünden fazla güvenilir değildir.

Ramsond ve el testi yöntemlerinde kar profili çizilerek, kar örtüsünün kendisini oluşturan tabakalarına göre, kristal türleri de dikkate alınarak dayanım deneyi yapılır (Şekil 4).

Yine ikinci gruba giren iki yöntem daha vardır ki, bunlar en son geliştirilen yöntemler olup, daha ayrıntılı ve güvenilir sonuçlar vermektedirler. Rutschblock testi (Şekil 5) ve Stuffblock testi (Şekil 6) olarak adlandırılan ve daha çok insan etkisi ile oluşabilecek çığ alanlarının belirlenmesinde kullanılan bu yöntemlerde; kesilen bir kar bloğuna, yukarıdan kuvvet uygulanarak oluşabilecek yenilme gözlenir. Bu testlerin daha hassas olması uygulama noktası sıklığı ile orantılıdır.



Şekil 4: Kar profili örneği

Açıklamalar

λ Taze kar kristallerinin kollarının kırılması ile oluşan yeni görünüm.

• Yuvarlak şekilli kristal (monokristal). Kuru karda oluşur.

□ Düzlemsel yüzeyli kristal. Kuru karda ve yüzeye yakın oluşur.

□ Derin şeker karı. Kuru karda oluşur. İçi boş, bardak şekilli tipleri olduğu gibi yüksek sıcaklık gradyanı altında düşük yoğunluklu karda sütünsal şekillerde olanı da vardır.

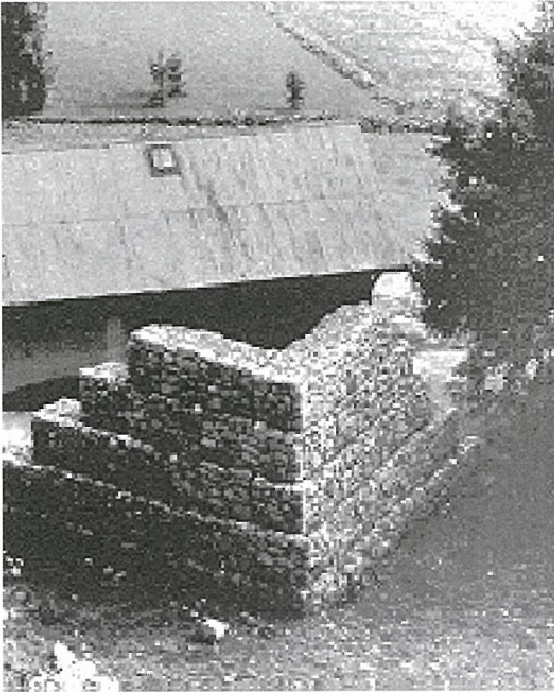
□ Buz katmanı. Yatay olarak tabakaların arasında olabildiği gibi, dikey olarak tabakaların içinde de konumlanmış olabilir.



Şekil 5: Rutschblock testi



Şekil 6: Stufblock testi



Şekil 7: Balıksırtı şekilli bariyer



Şekil 8: Çığ tüneli

Çığ Kontrolü ve Önlenmesi

Çığ kontrolü ve önlenmesine yönelik olarak uygulanan yöntemler aktif ve pasif olarak sınıflan-

dırılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları kalıcı bazıları ise geçici yöntemlerdir.

Pasif yöntemler, kendi içinde kullanımı kısıtlama ve bariyer kullanımı şeklinde ayrılmaktadır. Kullanımı kısıtlama, çığ tehlikesinin veya riskinin bulunduğu alanları geçici olarak kullanıma kapatmaktır (karayolunun trafiğe kapatılması gibi).

Fakat bu yöntemin uygula-

masında, süre çok önemlidir. Halkın veya ilgililerin tepkisini almak için önceden uyarı yapmak gerekmektedir. Diğer bir yöntem olan bariyer kullanımı çok eski bir yöntemdir ve çeşitli uygulama türü bulunmaktadır. Ağır örme duvarlar, balık sırtı şeklinde bariyerler (Şekil 7), saptırma duvarları, toprak dolgular, çığ kapanları, kar barajları ve çığ tünelleri (Şekil 8), kullanılarak küçük binaların, enerji hatlarının, karayollarının korunabilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca, arazi ile uyumlu yapılan çatılar ve çığ tehlikesi olan yerlerde kar ve



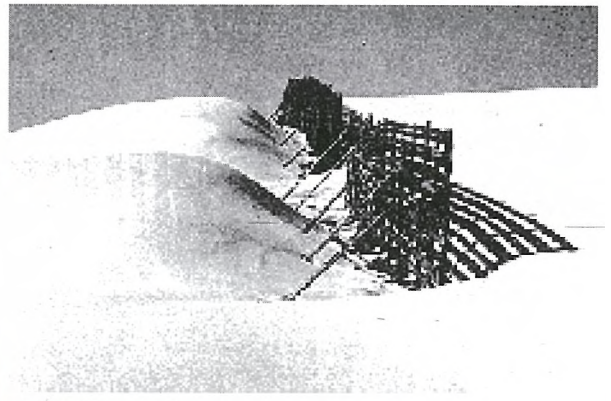
Şekil 9: Kar çitleri

çığ gözlemlerinin yapılması da önemli rol oynamaktadır.

Aktif yöntemler, kar üzerinde yürüyerek ve palet kullanarak sıkıştırma yapmak, bariyer kullanarak; kar çitleri (Şekil 9), kar perdeleri (Şekil 10), teraslama, şaşırtmacalı kazıklar, tripodlar ve ağlar gerçekleştirmek, CAT.EX ve GAZ.EX (Şekil 11) adlı yapay çığ oluşturmak, "Life-bip" ismi verilen elektronik verici-alıcı alet (Şekil 12) kullanmak ve ağaçlandırma yapmaktır.

Çığ Haritalamasının Gerekliliği

Aslında yukarıda ifade edilen önleme ve kontrol amaçlı yöntemlerin seçilmesi ve hayata geçirilmesi için en yardımcı çalışmalardan biri çığ haritalamasıdır. Haritalama, tehlike ile karşı kar-



Şekil 10: Kar perdeleri

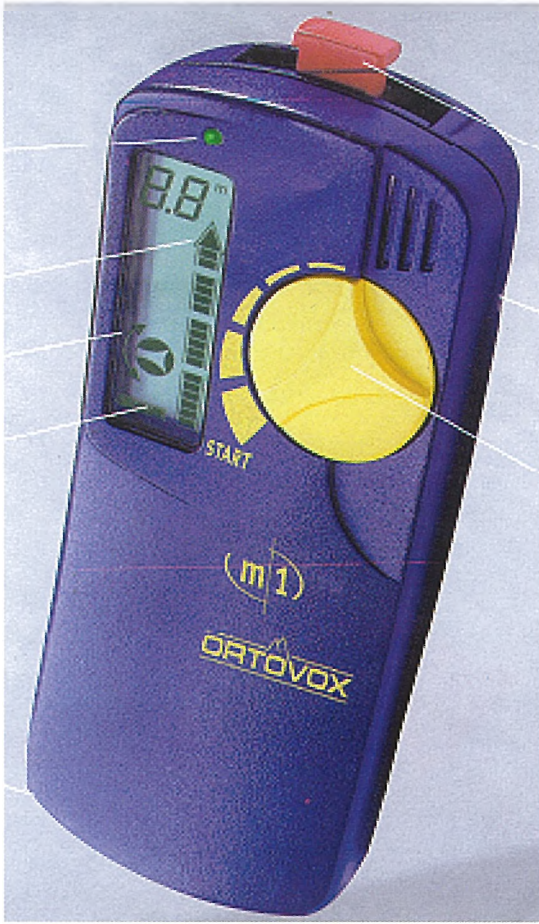


Şekil 11: GAZ.EX sistemi

şıya olan yerleşim yerlerini göstermekte, dinlenmek için dağa çıkarlara, çığ etüd ve haritalama çalışmalarında çalışan teknik elemanlara ve mühendislere, kar gözlemi yapan rasatçılara uyarı yapmakta ve şehirlerin dağlık kesimlere doğru gelişmesinde, yeni yolların açılmasında, enerji nakil ve haberleşme hatlarının dağ geçişlerinin yapılmasında, ayrıca tüm dünyada uygulanan sigortacılık çalışmaları

kullanımında önemli bir rol oynamaktadır.

Son zamanlarda kayak turizminin hızlı bir şekilde gelişme göstermesi, yeni kayak alanlarının turizme açılması, bu alanlara ulaşımı sağlayacak yol güzergahlarının seçilmesi, eskiden beri çığ tehlikesi bulunan karayollarına çığ önlem yapılarının ve çığ tünellerinin projelendirilerek yapılmak istenmesi, vb çalışmalar, çığ harita-



Şekil 12: Genel olarak "Life-bip" adı verilen elektronik alıcı-verici alet.

lamasının bu konudaki önemini ortaya koymaktadır. Çığın doğasını değiştirmek imkansız olduğundan, yaptığı etkileri azaltmak için iki yol bulunmaktadır: Bunlar çığ

önlem yapıları ve çığ haritalamasıdır. Sürekli çığ olan ve olma riski bulunan yerleri gösteren bu haritaların kullanımı ile önlem yapılarının yerleri, boyutları ve miktarları seçilmekte, çığ tünellerinin yerleri belirlenmekte, kayak turizmi için düşünülen alanlarda gerekli tedbirler zamanında alınabilmektedir.

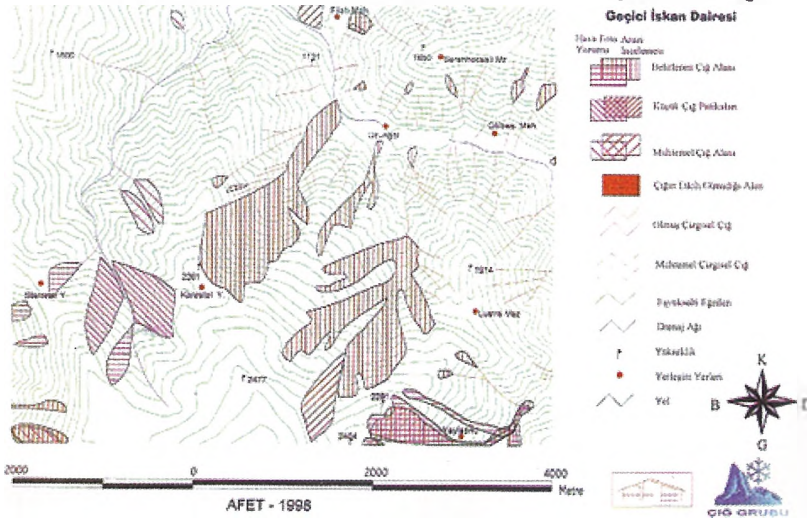
1994 yılından bu yana Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nde yürütülen çığ haritalaması çalışmalarında 1/25.000 ölçekli topografik haritalar ile yaklaşık aynı ölçekli hava fotoğrafları kullanılmaktadır. Bu çar-

lışmalar, arazide ve büroda olmak üzere iki aşamada yapılmaktadır. Bu çalışmalar sonunda alandaki olmuş ve olası çığ patikaları ile çığ

akma hatları belirlenir. Çalışma sırasında eğim, yükseklik, bitki örtüsü gibi parametreler gözönüne alınarak, alandaki çığ kopma noktaları, çığ akma yatakları, çığ akma mesafesi ve çığ bitiş noktaları belirlenir ve işaretlenir. Bu işlemlerle aynı anda yöre halkından yörede daha önce olmuş çığlar hakkında mümkün olduğu kadar detaylı bilgiler alınarak Çığ Anket Formu'na işlenir.

Tüm bu patika ve akış hatları coğrafik bilgi sistemi'nin en verimli programlarından biri olan ARC/INFO yardımıyla, bilgisayar ortamına aktarılıp değerlendirilmektedir. Ortamda, arazi ve hava fotoğrafı yorumuna göre ayrı ayrı; olmuş çığ patikaları olası çığ patikaları, olmuş çığ akış hatları, muhtemel çığ akış hatları, çığdan etkilenmeyen alan, drenaj ağı, yerleşimler, topografya ve yükselti olmak üzere toplam 13 ayrı katman olarak oluşturulur. Bu tür haritalara bir örnek olarak, 1992-1993 kış mevsiminde büyük boyutlu ve hasar verici çığların meydana geldiği Trabzon-Çaykara-Uzungöl civarının haritası verilebilir (Şekil 13).

UZUNGÖL ÇIĞ HARİTASI



Şekil 13: Uzungöl çığ haritası

Ömer Murat Yavaş

Hidrojeoloji Y. Müh. Afet İşleri Genel Müdürlüğü,
Geçici İskan Dairesi, Çığ Grubu



Jeolojik depremler noosferde, anlam kürede de depremler yaratır, yaslandığımız yer kabuğunun sağlamlığından duyulan kuşku, oturduğumuz evin başımıza çökebileceği düşüncesi, anlam kürede dayandığımız tabanın ve zeminin zayıflamasına sarsıntılara açık olmasına yol açar.

Sismik olayları yalnızca yer yüzü ile, gezegen kabuğu ile sınırlı tutmak bir eksiklik: *Seismos*, titreşim, sarsılma, evrenin her yerinde olabilir, farklı anlamlarıyla. Bu yazım, *noosfer*deki, anlam küredeki sarsıntılardan söz edecek.

Anlam Küre

Anlam küre, yer küre, su küre, hava küre gibi kürelerden biri: Bu küre "fiziksel" bir yapı taşıyor. Orada, duygu, düşünme akışları, kültür ürünleri, kavramlar kavramlararası ilişkiler, düşler, tasarımlar,

düşünceler; bu kavramları, ilişkileri, düşleri, tasarımları, düşünceleri dile getiren dilsel ürünler bulunuyor. Anlam küre olmasaydı, iletişim salt hayvansal düzeyde kalırdı; belki hayvansal iletişimin bile, anlam kürede olup bittiğinden söz edilebilir. Anlam küre, simge-



barındırır: Orada yaşama verdiğimiz anlamlar "yaşar".

Bu alan fiziksel dünyadan destek alır. Yer küre olmazsa, anlam küre yaşayamaz; bizler bedenimiz olmasa anlam kürede yaşayamayız. Demek ki *noosfer*, *somosfer*'e "beden-küre"ye, fiziksel küreye, yer küreye terra-sfer (deyim yerindeyse!) dayanır.

Terra-sferin destek verdiği bir yaşam alanı da *thumo-sferdir*, ve noosferin içindedir. Somosfer de "anlamlandırıldığında" noosferin içindedir. Evreni tanımak, evreni keşfetmek demek, noosferi büyütmek demektir: Evrenin genişlemediğini düşünsek bile, noosfer sürekli genişlemektedir: Evreni *onunla*, *onda* soluyarak yaşıyoruz. "Anlam soluma", anlamlarla beslenme, anlamlarla çürüme, biosferin anlam sferle yakın ilişkisini görünce daha anlaşılır olabilir: Yer kabuğunun oluşturduğu küreye, yeryüzü küresine, "litosfere" dayalı biyosfer, canlılar küresi, cân küre, noosferi destekler, ondan destek alır. Bu küreleri içiçe ya da birbirleriyle kesişen küreler olarak anlamak, ilişkilerini tam yansıtmaz. Anlam küre, bir anlamda, cân kürenin içindedir, cân olmazsa anlam olmaz ama bir anlamıyla da anlam küre cân küreyi içine alır: Anlamı olmayan canlılar olamaz cân kürede. Bilmediğimiz, duyumsamadığımız varlıklar olabilir elbette cân kürede, ama anlamaya başladığımızda, doğrusu şu ya da bu biçimde anlam verdiğimizde o varlık, anlam küreye girer.

Noosferin yapısı, çizilebilecek çeşitli resimlere açıktır: Resimler olanağıdır, resimleme olanağıdır, anlam kürenin keşfedilebilme olanağı.

Felsefi anlamda bu kürenin kapılarını açanlardan biri Edmund Husserl'dir, fenomenolojik betimleme, bir anlamıyla anlam küre resimleri sunar bize. Resimlerin de-

ler, işaretler, dilleri, bunların değişimlerini, dönüşümlerini içerir. Anlam küre, ne Plâton'un idealler dünyasıdır ne Hegel'in *Geist*'i, ne de Popper'in üçüncü dünyası. Kafa-mızın "içinde" midir yoksa dışarıda bizden "bağımsız" bir yerde mi? Bu soru da anlam kürededir, o her neredeyse. Anlam kürenin "neredeliğinde"ki zorluk, dışına çıkamayışımızdan gelir, nereye gitssek anlam küre bizimle gelir. Yokluğu, nihilistik bir boşluk anlamında, *anlamlayan*, anlam "soluyan" in-san için düşünülemez. "Anlam küre", bu yazımın çerçevesi içinde elbette bir metaforudur, bir düşünce

resmidir, resimleridir. Düşünmenin kalkış noktalarında, ilerleyişinde kullanılan, kullanılmış bulunan sıçrama noktaları, esin verici hareket alanlarıdır. Örneğin Platon'un mağara benzetmesi böyledir; işin meta-felsefe açısından tartışılması bu yazımın sınırlarını aşiyor.

Anlam küre, hem tek tek bireylerin "özel" olarak, kimi zaman diğer bireylerle kapalı biçimde hem de diğer bireylerle ortaklaşa yaşadıkları bir yaşama alanıdır. Tümüyle "mânevî" bir alan değildir: Mânevî olanı kapsar, içinde her türlü dünyevî duyguları, tutkuları da

ğeri, anlam tarihimizle, geleneğimizle ilgilidir. Bize açtıkları ufukla, gösterdikleri, o zamana dek farkına varamadığımız anlama yollarıyla etkilerini üzerimizde duyurur.

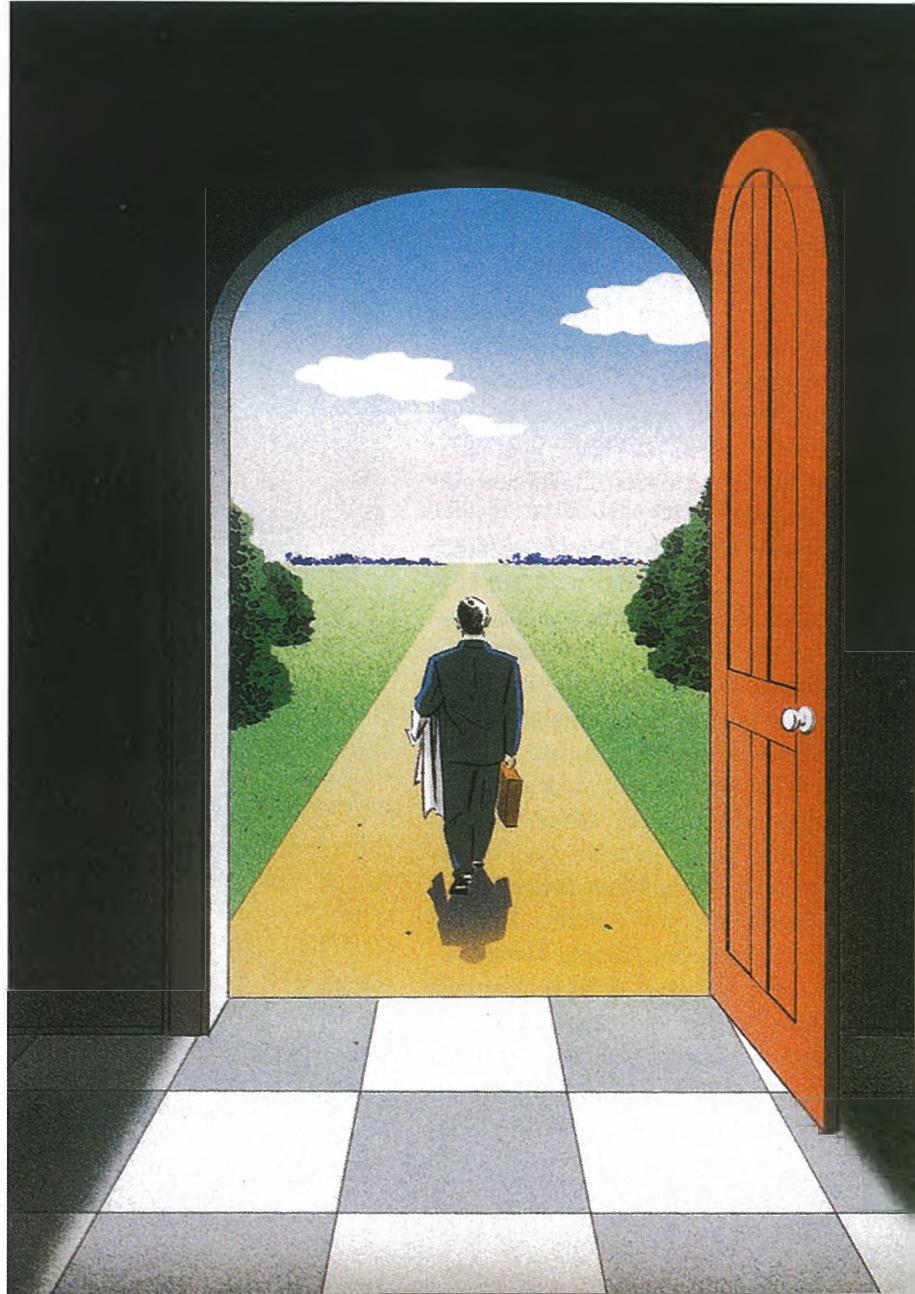
Anlam Kürenin "Tabanı"

Anlam kürenin tabanı ateş ve güçlü hava akımlarından oluşur. (Aristo'nun, şimdiki bilgilerimize göre, çocukça bulunabilecek deprem açıklamalarında çıkış noktasını, bir açıdan, ateş ve rüzgârdan alır (bkz. *Meteoroloji 2*. Kitap 365 a14-369 a9, *Evren Üstüne 395 b19-396 a30*, *Bitkiler Üstüne 2*. Kitap 823 a3-15). Anlam kürede yaşam başlamazdan önce ateş ve rüzgâr vardı. Önce kelâm, "Logos" vardı, denilir: Anlam kürede ateş ve rüzgâr vardı. Yer kürede yaşam, insan türünün yaşamı başladıktan sonra, anlam kürede *yaşam tabanı*, *anlam tabanı* oluştu; ateş soğudu, rüzgârlar yavaşladı. Toplum kürede hayat başladı, insanlar topluluklar olarak doğayla mücadeleye giriştiler: Deneyimleri geliştikçe zaman içinde "tarih"leri oluştu, anlam kürede donan ateşin oluşturduğu kabuk giderek kalınlaştı, engbeler ortaya çıktı kabuk üstünde. Anlam kürede rüzgâr vardı, demek ki anlam kürenin, fiziksel dünyayla ilişkili olarak söylenirse, bir atmosferi var! (Anlamayı, anlaşmayı sağlayacak biyo-genetik, eko-genetik yapı, Chomsky anlamında bir "derinlik grameri", bir ön-düzenlilik, anlamı taşımaya, oluşturmaya izin veren bir olanak, bir taşıyıcı "yapı"sı var Anlam kürenin!). Kabuğun çukur yerleri suyla doldu: Anlam kürede birbirlerinden suyla, dağlarla yarılan kara parçaları meydana geldi: Bunlar, ilk toplumların inançları, efsâneleri, dinleri, gelenek ve görenekleri, kısaca kültürleri idi.

Kültür bir yaşam biçimi içinde, yaşama verilen anlamlardı. Ateşin, kara parçasına dönüşmesiyle, bu karalar üstünde oluşan "uygarlıklar"da bireyler, *yaşam tabanlarına*, *anlam tabanlarına* hep birlikte, ortaklaşa dayanıyorlardı. Burada bireysel farklılıklar hemen hemen hiç yoktu: Karalar toplumları, toplulukları taşıyordu; henüz tek tek bireylerin *zeminleri* henüz oluşmamıştı. Farklı yapıda tabanlar vardı, bu tabanlar, toplumsal, ekonomik, politik, kültürel, hukuksal katmanlardan oluşuyordu; bu katmanlardan kimisi, kimi bölgelerde daha yoğun kimi bölgelerde daha

seyrek yapıda idi (Örneğin, ekonomik tabanın güçlü olduğu kültürlerde, politik katmanlar, sarsıntılar geçirebilir; hukuksal katman çok zayıf olabilir).

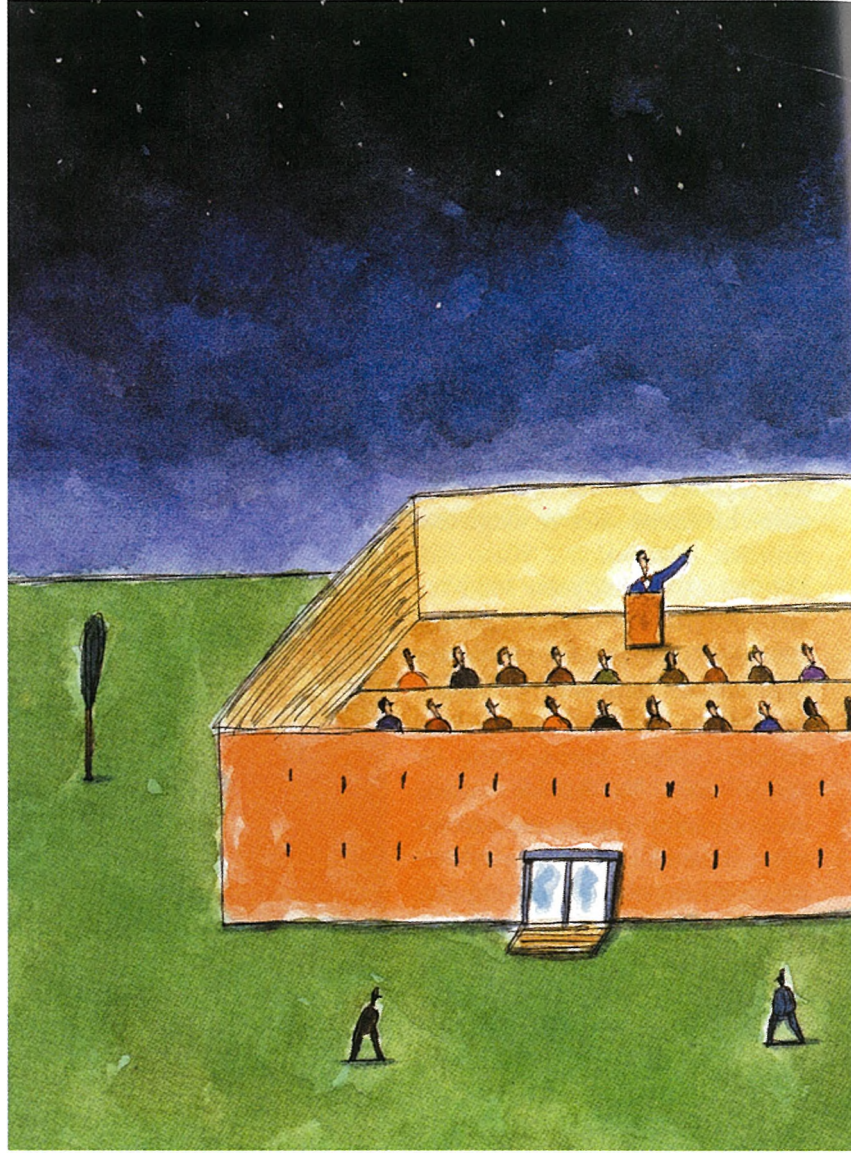
Bu, anlam kürede ilk oluşan anlam tabanı, o kültürün yaşamı zenginleştikçe, yoğunlaştıkça daha sağlamlaşır, kalınlaşır: Anlamlandırılmış, yorumlanmış, biriktirilmiş yaşam deneyimleri, sanat, edebiyat, teknoloji, bilim, din etkinlikleri içinde ürünlere dönüşür. Kültürel kapalılık, tabanı güçlü kılmak içindir: Tabanın kalınlığı her zaman sağlamlığı anlamına gelmeyebilir: Anlam sürekli yeniden yo-



rumlanıp, canlı kılınmak zorundadır, yaşama tabanını oluşturan katmanların üzerindeki güçler "dışarıdan" gelir; toplum yaşamından, ekonomiden, politik yaşamdan, kültürel yaşamdan (din, bilim, sanat) gelir. Bu yaşamdaki sarsıntılar, *seismos*'la tabanın katmanlarını sarsar, harekete geçirir, kırar, eğip, büker. Üzerinde *anlam dünyalarını* kuranları sarsar.

Anlam dünyasıyla yaşar insan, hem birey hem toplum olarak. Bu dünyanın *düzenli, güvenilir*, umut verici olması gerekir: Kim olduğumuz, değerlerimiz, beklentilerimiz, amaçlarımız hep bu dünya içinde gelişir: Bu dünyanın dayandığı taban farklı kuvvetler altındadır. Dışarıdan gelen etkilerin yanında anlam tabanının üstündeki bu dünyanın iç kuvvetleri vardır, dünyayı oluşturan öğeler arasında tutarsızlıklar, anlam dünyasının kendi içinde "oturmamışlığı", bu dünyayı sarsabilir (örneğin din-bilim çatışması, teknoloji-ahlak gerginliği gibi...). Ayrıca farklı tabanlar arasındaki etkileşme sonucu, aralarındaki "suyla" birbirlerinden ayrılan bu tabanlar, birbirlerine "yatay", "yan" kuvvetler uygularlar (değişik kültürler arasındaki etkileşme!).

Sarsıntıların kaynağı yalnızca tabandan, içten, yandan gelen kuvvetler değildir: Tabanı sarsan ateşten de, tabanın üzerine kurulmuş anlam dünyalarını sallayan, sökülüp savuran güçlü fırtınalardan da söz edebiliriz. Ateş anlam kürenin çekirdeğindedir, bir yaşama enerjisidir: Üzerindeki tabanı sürekli olarak "sınar", tabanın zayıf noktalarından sızıp, taban üstünde yeni oluşumlara yol açabilir. Kendini yenileyemeyen, ulaştığı doruk noktasının gerisine düşmek zorunda olan anlam dünyalarının tabanlarından sızar, bu dünyaları sarsar. Anlamın "tâzelenmesini" sağlar, bunun için anlam tabanını zorlar.



Rüzgârlar, fırtınalar; tabanı sarsmadan, üzerindeki dünyayı sarsarlar. Böyle kültürlerde, temel inançlar, değerler sarsılmadan, bunlara dayalı anlamlar, *türev* anlamlar sarsılır. Örneğin, "insan yaşamına saygı" bir temel değer olarak kabul görülürken, "insan" kavramı sarsılabilir: Kendi ırkımızdan, dinimizden, ulusumuzdan ya da inancımızdan olmayan birini insandan saymayıp, öldürebiliriz.

Şimdiye dek, anlam kürenin yapısını toplum açısından ele aldık, "taban"dan söz ettik. Bireysel anlam dünyalarını, onların dayandığı zeminlerin *seismos*'a, sarsın-

tıya yol açan kuvvetleri gözden geçirmeye başlayabiliriz.

Anlam Zeminleri ve Sarsıntıları

Bireylerin anlam dünyalarını oturttuğu *zeminler*, tabanlar üzerinde olabilir. Tabanın sarsıntısıyla sarsılabilirler, kayabilirler (*kayan zemin*) ya da tabanlar arasındaki sularda, hareket halinde olabilirler (*yüzen zemin*), dipten gelen büyük sarsıntılar sonucu, oluşan dalgalarla ortadan kalkabilirler. Tabana dayalı, tabana yapışık ya da tabanda "kayan" zeminlerin yanında, "yüzen" ze-



minlere ek olarak havada "uçan" zeminlerden de söz edebiliriz. Rüzgârlarla savrulan zeminlerdir, rüzgârdır, onların "seismos"u sarsıntısı.

Tabana yapışık zeminler, tabanla sarsılırlar; toplumlarının kültürlerinin içine yapışmış, tabandan ayrı hareket edemeyen kendilerine özgü zeminleri olmayan insanların anlam depremleri taban depremleridir ya da bedensel, ruhsal yapılarındaki bozukluktan dolayı anlam küredeki ateşin etkisinde kalıp, dağılan, kırılan, sarsılan, ateşin, rüzgârın elinde yalpalayan zeminlerdir (Psikiyatrik açıdan, alışılmış anlamıyla, "psikoz" olarak nite-

lendirilebilir).

Tabanı etkileyen, dönüştürebilen zeminler de vardır. Tabana zaman zaman değen, ama değmeden üstünde de olabilen, genişleyerek tabanı yazılan, tabandaki diğer zeminlerle birleşebilen bu zeminler, tabanı dönüştürebilir; ateşten, dipten, yanlardan gelen kuvvetlerin etkilerine karşı tampon işlevi görebilir bu etkileri soğurabilir.

Yüzen zeminler belli bir taban üstünde görünmeyen, özgür zeminlerdir; yakınlarındaki karaların konumlarından etkilenirler, suyun altındaki tabandan gelen titreşimlere, rüzgârlara karşı açıktırlar (alışılmış anlamıyla "marjinal" denen insan tipinin zemini!).

Havada uçan zeminler, kimi sanatçıların, düşünürlerin zeminleri olabilir: Tabandan bağımsız hareket edebilirler, fırtınalarda incek taban arayabilirler.

Zeminlerinin üstünde çıplak duranların, zeminleri sarsıldığında yitirecekleri daha azdır; zeminlerin üzerine "yurt" kurulmuşsa, "ev" yapılmışsa, sarsıntıyla duvarlar yıkılabilir, tavan çökebilir: Ev, güvence kaygısıyla yapılır çoğu zaman, yan duvarlar, diğer zeminlerden gelecek sarsıntılardan, rüzgârdan korunmak içindir, sınırı göstermek için, "ev" içinde saklanmak için, tavan anlam kürede yukarıdan gelebilecek etkileri engellemek için. Yukarıdan gelen etki, zemindeki insana, zeminin yıkılabileceğini, dönüşebileceğini söyler, anlam kürenin "mânevi" diyebileceğiniz yapısını gösterir; yukarıdan gelip zemin üstüne, "gök basıncı" yapan inançlar, düşler, tasarılar, değerler, zemin üstünde yaşayan insanlarca tabandan gelen destekle dengelenir; zeminler üstüne tavanlar, çatılar çekilir, böylece insanlar gökten gelen sarsıntıları engellemeye çalışırlar; zeminlerini kapatırlar, kendilerine

soru sormazlar, kendileriyle yüzleşmekten kaçarlar. Zeminleri sarsıldığında, tavan başlarına çöktüğünde ağır yara almaları sözkonusudur, bu amaçla zemin sarsıntısını giderecek "tampon tabanlar" ararlar.

Zemindeki duvarlara pencere açılır, diğer zeminler görülebilir: Zeminler arası iletişim, zeminlerin birbirlerini görebilmesiyle, duvarlarında pencerelerde perdelerin açık olmasıyla olanaklıdır.

Jeolojik depremler de anlam kürede depremler yaratır, yaslandığımız yer kabuğunun sağlamlığından duyulan kuşku, oturduğumuz evin başımıza çökebileceği düşüncesi, anlam kürede dayandığımız tabanın ve zeminin zayıflamasına, sarsıntılara açık olmasına yol açar. Ruhbilimciler, ruh hekimleri, sosyal hizmet uzmanları bu sarsıntıların zararlarını azaltmaya çalışıyorlar. Felsefeci de çizeceği kavramsal modellerle, oluşturacağı noosfer resimleriyle konuya farklı yorumlar getirebilir.

Bu yazı, noosferde zeminlerinin yerlerini, yapısını anlamayı anlamlı bulunanlar için yazıldı, sadece bir ipucuydu; noosferin daha ayrıntılı, daha farklı resimleri benim ya da ilgilenen arkadaşların çabalarıyla çizilebilir. Oradaki sarsıntılar, böyle bir çabayla daha bilinçli yaşanabilir.

Ahmet İnam

Prof. Dr., ODTÜ, Felsefe Bölümü

DEPREMLERİN ÖNCEDEN TAHMİNİ MÜMKÜN MÜ?

"Olağandışı Olaylar"

Deprem, diğer doğa olaylarıyla karşılaştırıldığında, gerekli önlemler alınmadığı takdirde çok büyük yıkıcı etkisi nedeniyle afet haline dönüşen, dolayısıyla insanoğlunun, karşılaştığı en şiddetli doğa olayıdır. Bu nedenle, depremlerin önceden tahmini, her zaman toplum tarafından talep edilen bir olgu olmuştur.

Deprem öncesinde, sırasında ve sonrasında pek çok olağandışı olayların meydana geldiğine ilişkin gözlemlerin varlığı uzun süreden beri bilinmektedir. Hayvanların olağandışı davranışları, deprem (yer) ışıkları, yerden değişik gazların çıkışı ve yeraltı suyu seviyesinin değişimi, yerçekimi, jeomanyetik alan ve elektrik potansiyelindeki değişimler olağandışı olaylarla ilişkilidir. Depremlerin önceden tahmininin toplumsal boyutundan dolayı günümüze değin, olağandışı olaylar, depremlerin habercileri olarak değerlendirilmeye çalışılmıştır. 1970'li yıllarda depremlerin önceden tahmini ile ilgili çalışmalar Japonya, Çin, SSCB ve ABD'de çok büyük ivme kazanmıştır. Tahmin, ya da öngörü belirli göstergelerden hareketle bir olayın gelecekteki meydana gelebilme olasılığı hakkında mantık yürütme olarak tanımlanabilir. Bu kavram, deprem açısından ele alındığında, bir depremin öncül işaretlerine göre; depremin yeri, zamanı ve büyüklüğü hakkında tahminde bulunulmasıdır. Ancak burada önemli olan, bu öngörünün ne denli güvenilir, ya da gerçeğe yakın olduğudur. Özellikle yer ve zaman

konusunda kesinlik içermeyen ve gerçekleşmeyen öngörüler, önemli sosyolojik ve ekonomik olumsuzluklara neden olmaktadır. Örneğin, 1975'te Çin'de meydana gelen Haicheng Depremi'nin önceden tahmin edilebilmiş olması, bu konuda yerbilimcileri oldukça iyimser yapmıştır. Ancak bir sene sonra, 1976'da, 250000'den fazla can kaybının olduğu Çin'deki Thangshan Depremi'nin önceden tahmin edilememesi, bu iyimserliği karamsarlığa dönüştürmüştür. Dolayısıyla son yıllarda, depremlerin önceden tahmini konusundaki projeler için bilim adamları ve yöneticilerin konuya olan ilgi ve isteği 1970'li yıllara göre oldukça azalmıştır. En son Japonya'da 1995 Hyogo-ken Nanbu Depremi'nden (Kobe Depremi) sonra, 1997'de depremlerin önceden tahmini konusunda ümitlerin yitirildiği resmi olarak açıklanmıştır.

Bu yazıda; öncelikle değişik bilim dallarından elde edilen bulguların ışığı altında deprem öncesi, sırası ve sonrasında gözlenen olağandışı olayların olası fiziksel temelleri kısaca açıklanmış, daha sonra güncel depremlere ilişkin öngörü yöntemleri verilmiş ve Türkiye'de meydana gelen dep-

remlerde gözlenen olağandışı olaylar sunulmuştur.

Depremlerde Gözlenen Olağandışı Olayların Olası Fiziksel Temelleri

Depremler, yerküreye etkileyen gerilimlerden dolayı yerkabuğunun kırılması ile oluşmaktadır. Depremlerin oluşumuna neden olan bu gerilimler çoğunlukla tektonik gerilimler olarak adlandırılmaktadır. Burada en önemli soru, neden bu tür gerilimlerin yer kabuğunda buldukları ve nasıl üretildikleridir. Tektonik gerilimlerin oluşum nedenleri ile birlikte depremlerin neden bazı bölgelerde yoğunlaştığı "Plaka Tektoniği" olarak bilinen bir kuramla açıklanmaya çalışılmaktadır. Ancak bu kuram, yerkabuğunun katı ve deforme olmayan plakalardan oluştuğunu varsaydığı için, plaka içi depremlerin açıklanmasında yetersiz kalmaktadır. Plaka tektoniğinde plakaları harekete geçiren kuvvetin, yerkürenin üst-mantosunda yitime uğrayan (dalan) plakaların neden olduğu ve

düzenli olmayan sıcaklık farklılığına bağlı olarak manto içinde oluşan bir kütsel akımdan (konveksiyon akımı) kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu kütsel akımın sıcaklık farkından kaynaklanması oldukça doğal ve mantıklı bir açıklamadır. O zaman neden "yitime uğrayan (dalan) bu plakalar oluştu ve yerkabuğu birtakım küçük plakalara bölündü?" sorusu gündeme gelmektedir. Bu sorular günümüzde yerfiziği bilimi tarafından yanıtlanamamaktadır. Tamamen yerçekiminin etkisi altında yerküreyi oluşturan malzemelerin termo-elasto-plastik bir davranış gösterdiğini ve küresel simetrik olduğunu varsayarak yerküredeki gerilim dağılımı için yapılan hesaplamalardan^[1] ortaya çıkan gerçeklerden biri de, yerkürenin hiçbir şekilde elastik olmayıp, plastik bir cisim olduğudur. Bu sonuç, en basit anlamda jeolojik geçmişte manto ve yerkabuğunda kırılmanın ve plastik yenilmenin meydana geldiği ve teğetsel gerilim ile radyal gerilimin sırasıyla en büyük ve en küçük asal gerilimlerle aynı olması gerektiği anlamına gelmektedir. Bu sonucun bir diğer anlamı da, manto içinde kütsel akımın oluşabilmesi için gereken düzensiz sıcaklık dağılımına neden olan yerkabuğundaki dalma ve bindirmenin jeolojik geçmişte meydana gelmiş olmasıdır. Bunun yanısıra, yerkürenin güneş sisteminin bir parçası olduğu da unutulmamalıdır. Yerküre, güneşin çevresinde saatte 10000 km'lik bir hızla ilerlemekte ve kendi eksenini etrafında salınarak dönmektedir. Bu olgular, hiç kuşkusuz, yerkürenin hem küresel simetrikliğini etkilemekte, hem de homojen olmayan malzeme dağılımını oluşturabilecek ortamların gelişmesine neden olabilecektir. Bu nedenle, yer-

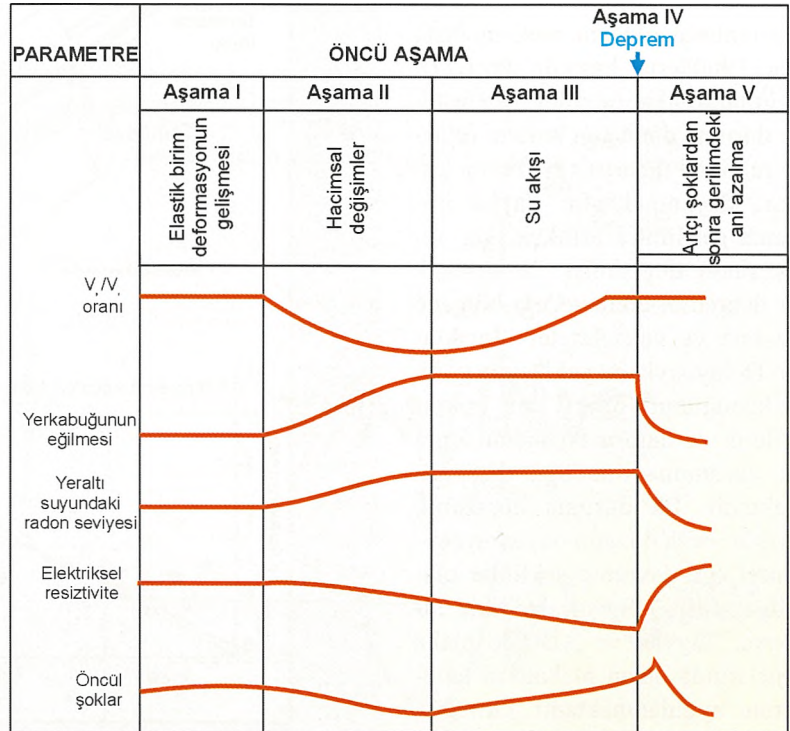
kabuğunun kırılması sonucu oluşan depremlerin yukarıda sözü edilen unsurlar gözönüne alınarak düşünülp değerlendirilmesi gereklidir.

Depremler, en basit anlamda, yerkabuğunu oluşturan kayaçların kırılmasının bir ürünüdür. Yerkabuğunun deformasyonu sonucu biriken mekanik iş, sürekli cisimlerin mekaniğinin enerjinin korunumu yasasının geçerli olabilmesi için, kırılma sırasında kendisini değişik şekillere dönüştürmek zorundadır. Mekanik işin dönüşümü; ses dalgaları, ani elektrik (manyetik) akımı, boşluk suyu basıncının azalması ve sıvı akışı, sıcaklık artışı ve ısı akışı, gaz çıkışı, elastik özelliklerin değişimi (P ve S dalga hızlarının değişimi), elektrik direncinin azalması ve kayaçlarda akma davranışının belirmesi şeklinde görülecektir. Hiç kuşkusuz bu dönüşümler, olağandışı olaylar şeklinde kendini gösterecektir.

Depremleri Önceden Tahmin Yöntemleri

Günümüzde depremlerin önceden tahminine ilişkin yöntemler (yaklaşımlar) gözleme dayanmakta olup, ampirik (görgül) yöntemlerdir. Kuramsal olarak, depremden önce, deprem sırasında ve sonrasında Şekil 1'de gösterilen beş fiziksel parametrede değişiklik olması beklenir. Bu değişimler 1970'lerde depremlerin önceden tahmini için önerilen yöntemlerin ana düşünce yapısını oluşturmaktadır. Mevcut yöntemler, aşağıdaki olguları esas almaktadır.

- 1) Yerkabuğunun olağandışı eğilmesi ve deforme olması
- 2) Akma (creep) davranışı
- 3) Yeraltı suyu seviyesinin olağandışı değişimi
- 4) Elastik dalga hızının olağandışı değişimi
- 5) Elektrik direncinin olağandışı değişimi
- 6) Elektrik alanının olağandışı değişimi (deprem veya yer ışıkları)



Şekil 1^[3]

- 7) Manyetik alandaki olağandışı değişim
- 8) Deprem boşluğu (sismik boşluk)
- 9) Gaz yayılımının olağandışı değişimi
- 10) Yerçekimi alanının olağandışı değişimi
- 11) Hayvanların olağandışı davranışları

Yukarıda belirtilen olguları esas alan yöntemleri tek bir yöntem şeklinde birleştirebilmek için genişleme-yayıma (dilatancy-diffusion) yöntemi önerilmekle birlikte, günümüzde sağlam temeller üzerine oturan ve bütün dünyada kabul görmüş hiçbir yöntem yoktur^[2]. ABD'de Parkfield ve Japonya'da Tokai bölgelerinde sürdürülen depremlerin önceden tahmin edilmesiyle ilgili projelerde yukarıda belirtilen yöntemlerin birkaçı birlikte kullanılmaktadır. Aşağıda bu yöntemlerin ana ilkeleri ve uygulamadan bazı tipik örnekler özetle sunulmuştur.

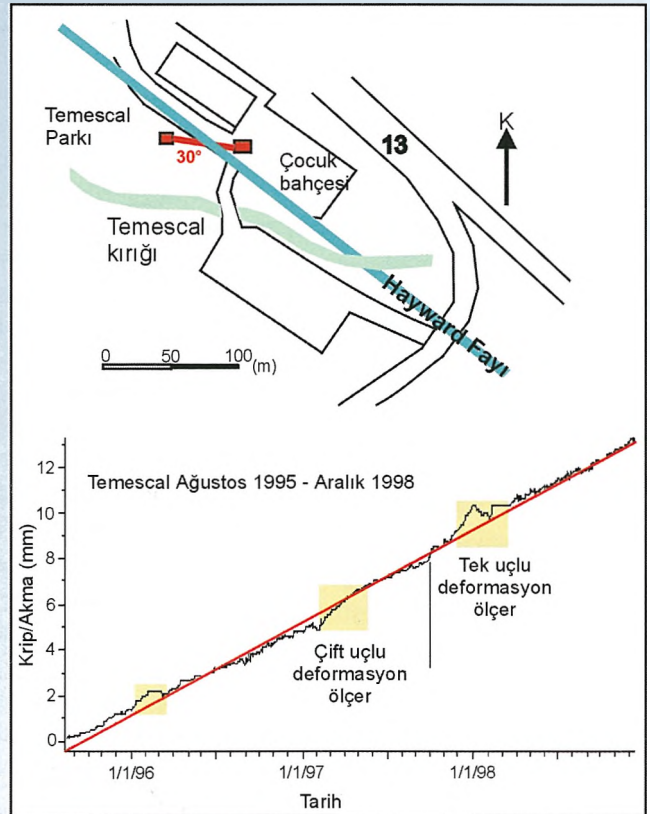
Yerkabuğunun olağandışı eğilmesini ve deforme olmasını esas alan yöntem: Bu yöntem, depremlerin oluşum mekanizması için 1900'lerin başında Prof. H. Reid tarafından önerilen ve elastik ilk duruma dönüşüm kuramı (elastic rebound theory) adı verilen kurama dayanmaktadır. Faylar boyunca gerilimler arttıkça, yer seviyesinde değişimler ve gelecek bir depremin etkileyeceği bölgede alçalma ve yükselmeler olmaktadır. Dolayısıyla bu yaklaşıma göre, yerkabuğunun belirli bir miktar eğildiği ve deformatsiyondan sonra ilk durumuna döndüğü düşünülmektedir. İlk duruma dönüşüm, düzgün veya düzgün olmayan çevrimsel bir davranış şeklinde olabilmektedir. Yöntem, özellikle Japonya, Tayvan ve ABD'de plaka sınırlarında dalan plakaların hareketine uygulanmaktadır. Örneğin, ABD'de Parkfield (Kaliforniya)

yöresinde 1960'lardan bu yana yükselme olduğu bilinmekle birlikte, herhangi bir önemli deprem meydana gelmemiştir. Ancak, bu bölge tarihsel sismisiteye sahiptir. Geçmişte olan depremler ve beklenen volkanik patlamalar gibi süreçlerin de yerin alçalmasına ve yükselmesine neden olması, bu yöntemin bir deprem tahmin aracı olarak kullanılmasını güçleştirmektedir.

Akma (creep) davranışını esas alan yöntem: Bu yöntem, laboratuvarında deneye tabi tutulan kaya örneklerinden elde edilen akma modellerine dayanmaktadır ve ABD'de San Andreas Fay Zonu'ndaki Hayward Fayı'nın (San Francisco Körfezi) akma davranışının izlenmesinde kullanılmaktadır. Şekil 2, Hayward fayı boyunca Oakland yakınlarındaki Temescal Parkı'ndaki ölçüm nok-

tasında akma davranışı ile ilgili olarak fayın ayırdığı bloklara monte edilmiş çok hassas deformatsiyon ölçerlerden elde edilen ve günümüzde halen sürdürülen ölçümlere ait sonuçları göstermektedir.

Yeraltısuyu seviyesindeki olağandışı değişimi esas alan yöntem: Bu yöntem, depremlerin önceden tahmini amacıyla eskiden beri kullanılan yöntemlerden birisidir. Yeraltısuyu seviyesinin değişimi; yerkabuğunun eğilmesi, deforme olması ve geçirgenliğinin artması sonucu oluşur ve geniş bir alanda gözlemlenir. 1988 ve 1995 yılları arasında San Andreas Fayı yakınındaki Cholame kuyusundaki su seviyesinin zamanla değişimi ve bölgede oluşan depremlerle olan ilişkisinden (Şekil 3a), ilk bakışta, depremlerin oluşumu ile su seviyesi değişiminin birbirleri



Şekil 2^[4]

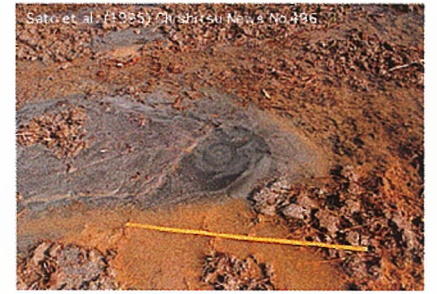
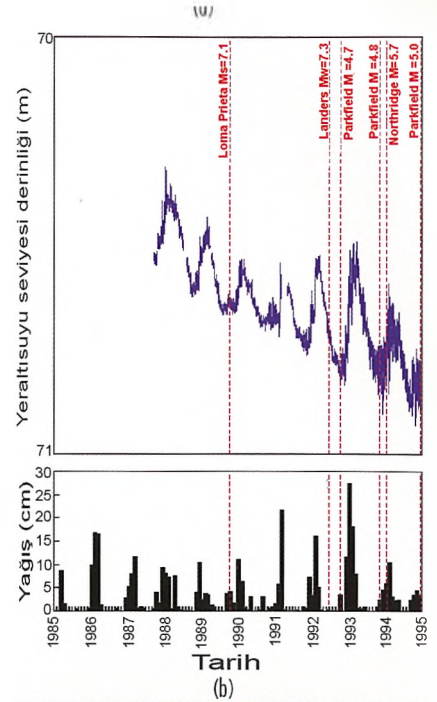
ile doğrudan ilişkili olduğu izlenimi elde edilmektedir. Deprem öncesi, sırası ve sonrasında yerkabuğunun geçirgenliğindeki değişime bağlı olarak, bazı kuyuların kurduğu ve bazılarında ise su seviyesinin yükseldiği ve örneğin Awaji adasında 1995 Kobe Depremi'nden sonra gözlemlendiği gibi yeni kaynakların ortaya çıktığı bilinmektedir (Şekil 3b).

Elastik dalga hızındaki olağandışı değişimi esas alan yöntem: Depremden önce kayaçların özelliklerinde değişim olduğu takdirde, kayaçlarda yayılan çeşitli deprem dalgalarının hızında da değişim olacağı kabul edilmektedir. Dolayısıyla bu yöntem, bir deprem bölgesinde elastik dalga hızları arasındaki oranda (V_p/V_s) deprem öncesinde gözlenen olağandışı değişimden yararlanmaktadır. Değişim, sözü edilen oranın deprem öncesi azalması ve sonradan ilk durumuna dönüşmesi şeklinde oluşmaktadır. Rusya'daki araştırmalar, P dalgalarının hızının (V_p) deprem öncesinde %10-15 dolaylarında değiştiğini göstermiştir. Yöntem, ilk kez Tacikistan'ın Garm bölgesinde (Şekil 4), daha sonra ABD'nin New York eyaletindeki Blue Mountain Gölü'nde meydana gelen depremlerin önceden tahmini amacıyla uygulanmış ve başarılı sonuç elde edilmiştir^[5]. Bu yöntemin uygulanmasında en büyük sorun, elastik dalga hızlarının incelendiği bölgede dalgaya neden olabilecek doğal veya yapay kaynakların gerekli olmasıdır. Bu nedenle, elastik dalga hızının sürekli bir şekilde zamana bağlı olarak değişimini ölçmek mümkün olamamaktadır. Ayrıca tek başına kullanıldığında, depremin yerinin belirlenmesi de çok güçtür.

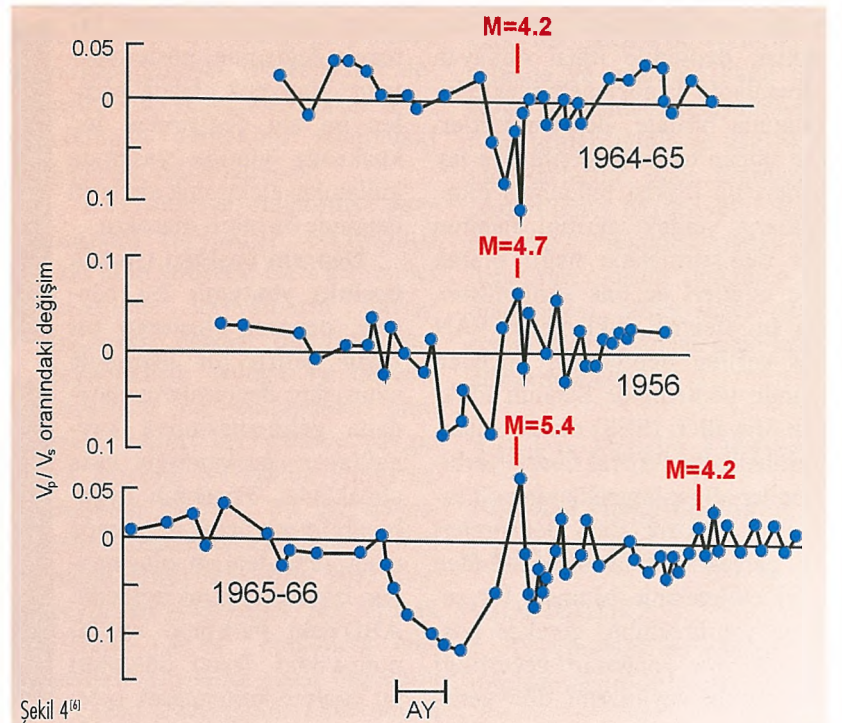
Elektrik direncindeki olağandışı değişimi esas alan yöntem: Bu yöntem, elastik dalga hızı

değişimine benzer şekilde, deprem öncesi elektrik direncinin azaldığı, sonra da ilk durumuna döndüğü olgusundan yararlanmaktadır. Elektrik değişiminin ana nedeni, deprem öncesi gerilim birikimine bağlı olarak kayalarda oluşan çatlakların daha az elektrik direncine sahip su ile dolmasıdır. İlk kez Tacikistan'ın Pamir bölgesindeki depremlerin önceden tahmini için kullanılmıştır^[6] (Şekil 5).

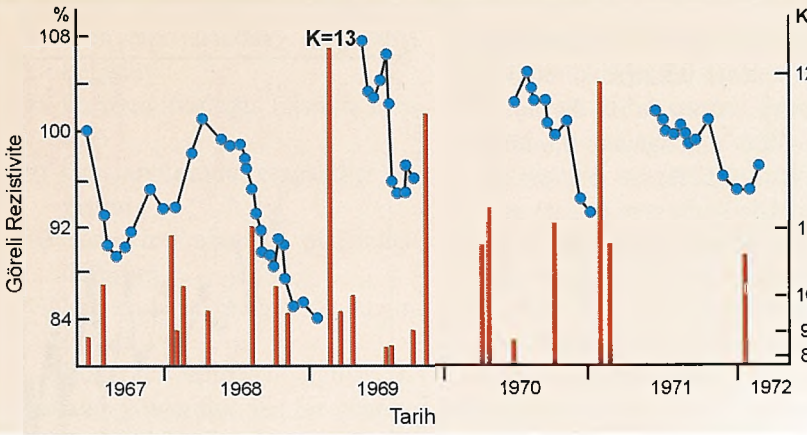
Elektrik alanındaki olağandışı değişimleri esas alan yöntem: Kayaçlarda oluşmadan dolayı açığa çıkan mekanik iş, kendini sürtünmeye bağlı ısı akışı, sıvı akımı ve kaya içindeki kuvars minerallerinin piezo-elektrik özelliklerinden dolayı ani elektrik üretimi (akımı) şekline dönüştürmektedir. Elektrik alanındaki bu ani değişimler deprem öncesi, sırası veya sonrasında fiziksel olarak deprem ışıkları veya şimşekleri, deprem bulutları ve ateş topları şeklinde gözlenmektedir^[7,8,9] (Şekil 6). Deprem ışıklarının yoğun



Şekil 3(a)



Şekil 4(a)



Şekil 5^[6]

olarak dağ zirveleri ve sırtları, çevrelerinden izole olmuş binalar, kuleler ve yüksek gerilim hattı direkleri gibi elektriksel yük toplayıcılarının yakın çevresinde gözlenmesi, bu olayın elektromanyetik boyutunun olduğu varsayımını güçlendiren gözlemlerdir. Deprem ışıklarının oluşumunun tektonik gerilimlerle ilişkili görülmesine karşın, günümüzde bu ışıkların oluşumunda etkili süreçlerin ne olduğu sorusu halen açık biçimde yanıtlanamamıştır. Piezo-elektrik, ısınma, kimyasal tepkime veya sürtünme kuvveti sonucu ortaya çıkan ışınma deprem ışıklarının oluşumunda etkili süreçler olarak öne sürülmüştür. Ayrıca bu ışıklar, depremle ilgisi olmayan zamanlarda da gözlenebilmektedir. Bununla birlikte, deprem ışıkları her zaman tektonik gerilim ve fay hatları ile ilişkisi bulunmuş olup, ışıkların yerdeki gerilim alanının yer değiştirmesine bağlı olarak göç ettikleri de öne sürülmüştür. Bu ani elektrik yüklemeleri VAN adı verilen depremleri önceden tahmin yönteminde Sarsıntı Elektrik Sinyalleri (SES) olarak adlandırılmaktadır. Ancak bazı yer bilimciler, diğer kaynaklardan oluşabilecek elektrik alanı değişimleri ile gerçek SES'in birbirlerinden ayırt edilmesinin bilimsel bir şekilde yapılmadığını gerekçe göstererek, bu yöntemin geçerliliği konusunda kaygılarını dile getir-

mişlerdir^[10]. Bu eleştirilere karşın, Japonya'da bu yöntemin depremlerin önceden tahmini amacıyla uygulanmasına çalışılmaktadır.

Manyetik alandaki olağandışı değişimleri esas alan yöntem: Manyetik alanın değişimi, elektrik alanındaki değişim ve ilke olarak Maxwel denklemleri yardımıyla ilişkilendirilebilir. Bu nedenle, manyetik alandaki değişimin nedenleri elektrik alanındaki değişimin nedenleri ile aynıdır. Şekil 7, 1989 Loma Prieta Depremi (ABD) sırasında ölçülen manyetik alanın zamanla değişimini göstermektedir. Manyetik alanda görülen bu ani değişiklikler, hiç kuşkusuz günlük yaşamda kullanılan elektronik aletlerin üzerinde de etkili olacaktır.

Deprem boşluğu (sismik boşluk) yöntemi: Bu yöntem, deprem oluşturan bir fayın belirli bir kısmında uzun süre depremlerin meydana gelmemesinden kaynaklanan suskunluğu esas almaktadır. Yöntemin uygulanabilmesi için o yörede uzun süre deprem oluşumunun izlenmesi gerekmektedir. ABD'deki Parkfield ve Japonya'daki Tokai bölgeleri bu yöntem kullanılarak gele-

mekte deprem olasılığının yüksek olduğu yerler olarak saptanmış ve günümüzde bu bölgelere yerleştirilmiş birçok ölçüm aletinden gözlem yapılmaktadır.

Gaz yayılımındaki olağandışı değişimi esas alan yöntem: Depremler öncesinde, sırasında ve sonrasında gaz çıkışlarının olduğu uzun süreden beri bilinmekte olup, kayaçların kırılması sırasında birçok gazın ortaya çıkıp yayıldığı deneysel ve gözlemsel olarak belirlenmiştir. Söz konusu gaz çıkışlarının bir bölümü, dep-

(a) Kobe (1995)



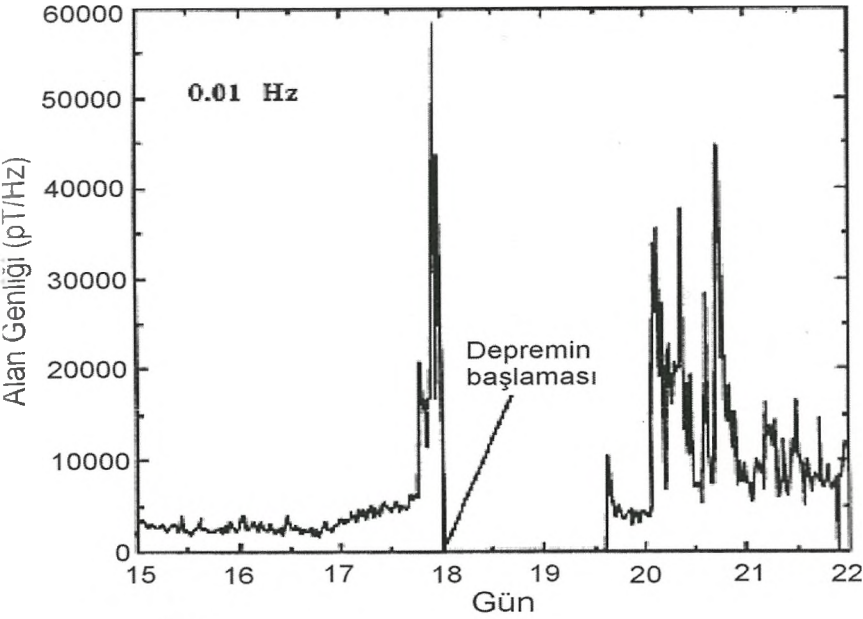
(b) Matsushino (1965)



(c) Matsushino (1965)



Şekil 6^[7]



Şekil 7

remden etkilenen bölgedeki gazların kırık ve çatlaklardan veya sismik dalgaların yarattığı gözenek basıncı artışı ile serbest kalışına bağlanmaktadır. Örneğin, 1906 San Fransisco depreminde kentin doğal gaz hatlarından oldukça uzak kesimlerinde çıkan yangınlar, kabuğun kırılması sonucunda yüzeye çıkan metan gazının alev almasına bağlanmıştır. Gazlar arasında en kolay ölçülebileni Radon gazı olup, bu gaz 3.8 günlük yarılanma ömrüne sahiptir. Radon, uranyumun yer kabuğunda radyoaktif çürümesinden oluşur. Uranyum içeren kayalardan derindeki yeraltısuyuna sızan Radon, yer kabuğundaki gerilimlerin artmasıyla açılan ve/veya oluşan fisür ve çatlaklardan kolaylıkla suya karışır. Depremden hemen önce kayalar aşırı derecede gerilime maruz kalınca, yeraltısuyundaki Radon konsantrasyonu ani şekilde artmakta ve Radon gazı yeraltısuyu tarafından serbest yüzeye doğru itilmektedir. Depremlerin önceden tahmini amacıyla ilk Radon gazı ölçümlerinin uygulandığı deprem Özbekistan'daki 1966 Taşkent Depremi'dir. Radon gazının yanısıra, He, Ar, NO, CO₂

gazları ile Cl⁻¹ SO₄²⁻ iyonlarının da açığa çıkıp yayıldığı bilinmektedir^[11,12].

Yerçekimi alanındaki olağandışı değişimi esas alan yöntem: Yer kabuğunun deforme olmasına bağlı olarak, yer kabuğunun yoğunluğunun değiştiği bilinmektedir. Bu olguyu göz önüne alarak Walsh^[13], yerçekimi alanında bir değişimin olabileceğini kuramsal olarak açıklamıştır. Bunun yanısıra, fayın bulunduğu kısımda yer kabuğundaki malzemenin değişimi de deformasyondan kaynaklanan yerçekimi alanındaki değişime eklenmektedir.

Hayvanların olağandışı davranışını (biyolojik etkileşimi) esas alan yöntem: Bazı depremler öncesinde hayvanların davranışlarında normal olmayan bazı değişimlerin olduğu ve deprem öncesinde huzursuzlaştıkları dünyanın hemen her yerinde yaygın bir gözlem ve iddia olmuştur. Bununla birlikte, bu tür davranışlara ilişkin raporlar birçok bilim adamı tarafından uzun süre kuşkuyla karşılanmakta idi. Ancak 1975'te Çin'in Haicheng bölgesinde meydana gelen depremin önceden tahmininde elde edilen

başarıda en büyük etken, hayvanların gösterdiği olağandışı davranışlar olmuştur. Yüzyıllar boyu bilinen bu gerçek, uzun süre bilim adamlarının ilgisini çekmemiştir. Çin'deki başarılı tahminden sonra ABD Jeoloji Kurumu (USGS) hayvanların olağandışı davranışları konusunda ilk kez 1976'da bilimsel bir toplantı düzenlemiştir. O tarihten bu yana Çin, Japonya ve ABD'de bu konuda çalışmalar yapılmaktadır. Bu konuda en yeni ve oldukça ilgi çekici çalışma Japonya'da bir araştırma grubu tarafından gerçekleştirilmiştir^[14]. Bu grup, hayvanların deprem öncesinde ve sırasında kayaların kırılmasıyla oluşan elektro-manyetik dalgalara karşı oldukça duyarlı ve bundan rahatsız olduklarını deneysel olarak göstererek, konuya fiziksel bir açıklama getirmiştir. Köpeklerin deprem öncesi ayaklarını göğe doğru yöneltmesinin nedeni, köpeklerin ayak ayalarının elektro-manyetik dalgalara karşı çok duyarlı olması ve hayvanın daha duyarlı olan sırtını yere yaslayarak bu etkiden kaçınmaya çalışması şeklinde açıklanmıştır. Bu konudaki önemli bir katkı da, Şekil 8'de verildiği gibi, zamana ve uzaklığa bağlı olarak hangi hayvanların olağandışı davranış gösterdiğinin ve değişik hayvan türlerine göre depremlerde gösterdikleri hassasiyetin açıklanmasıdır^[15]. Şekildeki yatay eksen depremin oluşum zamanına kadar olan süreyi, düşey eksen ise depremin dış merkezine olan uzaklığı göstermektedir.

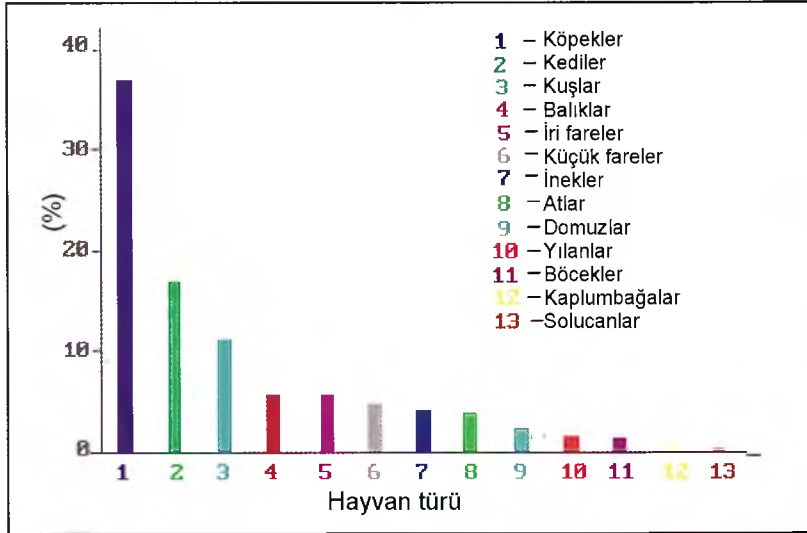
Türkiye'deki Depremlerde Olağandışı Olaylara İlişkin Gözlemler

Türkiye'de meydana gelen depremlerde de deprem öncesi,

(a)

		DEPREME KADAR GEÇEN ZAMAN						
		1 - 2 dak.	10 - 30 dak.	1 - 4 saat	6 - 12 saat	1 gün	bir kaç gün	bir kaç hafta
Deprem merkez uzaklık	Deprem merkez üssünde							
	20 - 50 km							
	70 - 100 km							
	150 - 200 km							
	> 520 km							

(b)

Şekil 8⁽¹⁶⁾

- (d) Yerçekimi alanı değişimi ölçümleri
 (e) Manyetik alan değişimi ve SES ölçümleri
 (f) İklim koşulları ölçümleri
 (g) Radon gazı yayılımı ve yeraltı-suyu kimyası ölçümleri
- Bu ölçümlerin birçoğu geçen yıl meydana gelen Kocaeli ve Düzce-Bolu depremlerinin olduğu bölgelerde yapılmaktadır. Burada sunulan olağandışı olaylarla ilgili gözlemler yazarların değişik kurumların yayınladıkları raporlardan, basından, deprem bölgesinde depremzedelerle yaptıkları görüşmelerden ve kendi gözlem ve ölçümlerinden^[16,17,18,19] oluşmaktadır.

Gaz çıkışı ve yayılımı: Düzce-Bolu Depremi'ni oluşturan fayın güney kenarından geçtiği Efteni Gölü'nde Hamamüstü ve Cevizli köyleri arasındaki bir bölgede depremle birlikte gaz çıkışları gözlenmiştir (Şekil 9a). Göl içindeki gaz kabarcıklarının belirmesi, 10 Kasım 1999'da oluşmasına karşın, yayılan gazın yanmaya başlaması depremden hemen sonra gözlenmiştir^[20]. Yanan gazın, MTA tarafından yapılan analizinden metan gazı olduğu anlaşılmıştır. Metan gazının yanması depremden sonra yaklaşık bir hafta devam etmiştir (Şekil 9b).

Bölgede metan gazının çıkışı eskiden beri bilinmekte ve bölge halkı tarafından açılan sondaj kuyularıyla metan gazından yararlanılmaya çalışılmaktadır. 1999 Kocaeli Depremi sırasında da olağandışı metan gazı çıkışının olduğu, bölge halkı tarafından belirtilmiştir. İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü'nün ARAR gemisi tarafından İzmit Körfezi'nde deprem sonrasında yapılan sualtı incelemelerinde körfezin güney sahilleri boyunca metan gazı çıkışları gözlenmiştir. Yazarlar tarafından

sırası ve sonrasında birçok olağandışı olaylar gözlenmiştir. Ne yazıkki bu olağandışı olayların kayıtlara aktarılmış olduğu pek görülmemektedir. Kayıtlara aktarılmış olsalar bile, bu kaynaklara ulaşım son derece sınırlı kalmaktadır. Olağandışı olaylarla ilgili gözlemlerin yanısıra, Türkiye'de yukarıda özetle sunulan yöntemler ve hassas ölçüm aletleri kullanılarak, depremleri önceden tahmin amaçlı bazı çalışmalar yürütülmektedir. Ancak bu projelerden elde edilen verilere anında ulaşılması mümkün olamamaktadır. Bu gözlemler, ulusal veya uluslararası

dergi ve sempozyumlarda veya kişilerin not defterlerinde ulaşılır duruma gelseler bile, fiziksel ve ruhi olarak bütün yaşamları boyunca yaralanmış veya depremleri yaşamları ile ödemiş insanlar için çok geç olmaktadır.

Günümüzde yukarıda belirtilen yöntemleri esas alarak Türkiye'de gerçekleştirilen çalışmalar kapsamında aşağıdaki ölçümler yapılmaktadır:

- (a) Elastik dalga hızları ölçümleri
 (b) Yerkabuğu eğimi ve kuyu içi birim deformasyon ölçümleri
 (c) Yeraltısuyu seviyesi değişimi ve su sıcaklığı ölçümleri

(a)



(b)

Şekil 9^[20,21]

Kocaeli Depremi sonrası Acısu yakınlarında ilk önce bir anlam veremedikleri ve fay kırığının yaklaşık 100 m güneyinde içi su ile dolmuş bir çukura rastlanmıştır. Çevredeki otların durumundan, bu çukurun oluşumuna muhtemelen deprem sırasında çıkan sıkışmış gazın neden olduğu düşünülmektedir.

MTA^[22] tarafından, metan gazının yanısıra, yüksek oranda CO₂ gazı çıkışı olduğu da gözlenmiştir. Bu bulgu, Özbekistan'da meydana gelen 1978 Tavaksai, 1978 İsfara ve 1976 Gazlı depremlerinde Ulugbek gözlem kuyusunda alınan ölçümlere oldukça benzer olup, deprem sonrası CO₂ oranının yaklaşık %14 dolaylarına ulaştığı ve depremden sonra 15 gün içerisinde olağan değerine ulaştığı belirtilmektedir^[11].

Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi'nin verdiği bilgiye göre, 1999'da meydana gelen her

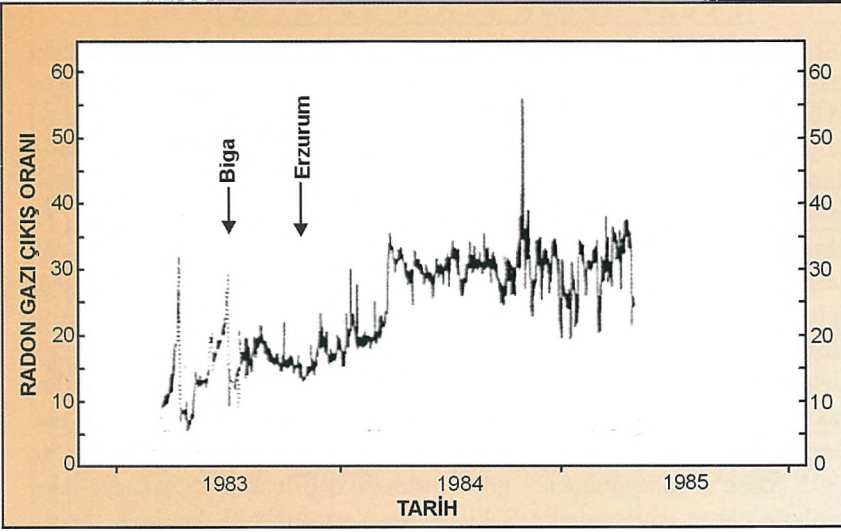
iki depremde de Radon gazı çıkışları olduğu belirtilmektedir^[21]. MTA tarafından deprem sonrasında yapılan inceleme ve ölçümlerde Radon gazı çıkış oranının olağan seviyesinden daha az olduğu belirtilmektedir^[22]. MTA'nın ölçüm değerlerine göre, deprem sonrası belirli bir süre Radon çıkışının olağan seviyesinden düşük olması hususu, Özbekistan'da 1978 Tavaksai, 1978 İsfara ve 1976 Gazlı Depremleri^[11] ile Japonya'daki 1995 Kobe Depremindeki^[23] gözlemlerle uyum içerisindedir. Şekil 10, Bolu yakınlarındaki bir kaplıcada 1983 ile 1985 yılları arasında gözlenen Radon çıkış oranını göstermektedir^[24]. Ölçümler sırasında 1984 Biga Depremi (M=5.7) ve 1984 Erzurum Depremi (M=6.0) meydana gelmiştir. Depremlerin dış merkezleri ile ölçümün yapıldığı kaplıca arasındaki büyük uzaklığa rağmen, her iki depremle Radon gazı çıkışı arasında bir ilişkinin varlığı açık bir şekilde görülmektedir.

Yeraltısuyu seviyesindeki değişimler: MTA tarafından yapılan incelemelerde^[22], son depremlerde yeni su kaynaklarının ortaya çıktığı bildirilmektedir. Yeni kaynakların oluşması, yerkabuğunda gerilim ortamının değişmesinin yanısıra, faylanmaya bağlı olarak geçirgenliğin de değişmesi ile ilişkilidir. Benzer kaynaklar, 1992'de Erzincan Depremi^[16], 1995'te Dinar Depremi^[17], 1998'de Adana-Ceyhan Depremi^[18] sırasında da gözlenmiştir. Hamamüstü köyündeki Efteni Kaplıcası'nda kaplıca suyunun Düzce-Bolu Depremi'nden 2 gün önce bulunduğu ve sıcaklık artışı olduğu bildirilmektedir^[20]. Bunun yanısıra, bölgede yeni kaplıca kaynakları ortaya çıkmıştır^[25]. Benzer şekilde, 1999 Kocaeli Depremi'nden 15 gün önce yeni kaplıca kaynakları belirirken, 1992 Erzincan Dep-

remi'nden sonra Ekşisu'daki maden suyu işletmesinde yeni kaynaklar ortaya çıkmıştır^[16,25].

MTA^[22] tarafından Efteni Gölü'nden çıkan kaplıca suyu kaynağında suyun sıcaklığı 25.2 °C olarak ölçülmüş olup, bu değer göl suyunun olağan sıcaklığı olan 9.1 °C'den yüksektir. Bölgedeki kaplıca suyunun sıcaklığı ise 42.3 °C'dir. Dolayısıyla yeni beliren kaynakta göl suyu ile kaplıca suyunun karışım oranının % 50 olduğu belirlenmiştir. Sakarya-Ak-yazı-Kuzuluk'taki kaplıca kuyularında Düzce-Bolu Depremi ile Kocaeli Depremi sonrası sıcaklık değişimi, basınç artışı ve bulanıklık meydana gelmiştir. Bunun yanısıra, Bolu ve Mudurnu kaplıcalarında da benzer olgular her iki deprem sonrasında gözlenmiştir. Düzce-Bolu Depremi'nin dış merkezinden 190 km uzaklıktaki Armutlu kaplıcasındaki A2 nolu üretim kuyusunda sıcaklık değişimi olmuş ve kuyu ağzından aşağıda olan su seviyesi deprem sonrası taşarak artezyen yapmıştır^[26].

1999 Kocaeli Depremi'ne bağlı olarak Eskişehir ili Sivrihisar ve Günelli ilçelerindeki su kuyularında (deprem merkezinden 190 km uzaklıkta) su seviyesinde değişimlerin gözlemlendiği bildirilmektedir^[27] (Şekil 11). Deprem öncesi Sivrihisar'da su seviyesi hemen hemen sabit bir oranda azalmaktadır. Bölgeye ait bu durum, yağış ve buharlaşma ile ilgili veri olmamakla birlikte, Şekil 3'teki Cholame kuyusundaki gözlemlerle oldukça büyük benzerlik göstermektedir. Bunun yanısıra, bir diğer önemli husus da, kuyuların depremlerin dış merkezlerine oldukça uzak olmasına karşın, su seviyelerindeki değişimin oldukça belirgin olmasıdır. Dikkat çeken diğer bir husus da, her iki kuyudaki su seviyelerinin değişiminin birbirine zıt yönde olmasıdır. Günelli'deki



Şekil 10^[24]

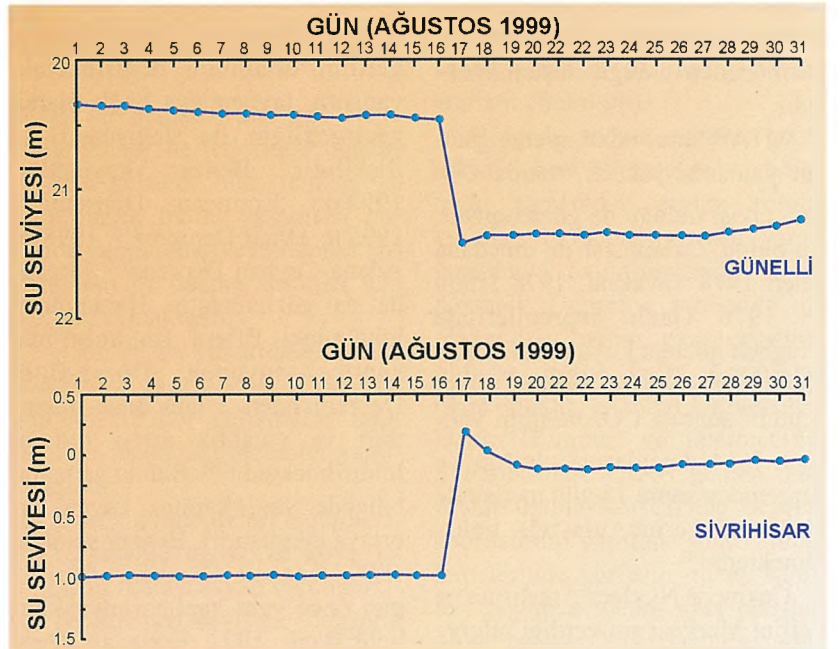
kuyuda su seviyesi alçalırken, Sivrihisar'daki kuyuda su seviyesi yükselmektedir. Depremlerdeki faylanma mekanizmasından elde edilen sıkışma bölgelerinde su seviyesinin alçaldığı, genişleme bölgelerinde ise yükseldiği şeklinde görüşlerin olduğu bilinmektedir. 1999 Kocaeli Depremi'nin oluş mekanizması düşünüldüğünde, her iki kuyunun genişleme bölgesinde bulunması nedeniyle su seviyesinde artış beklenmesi gerekmektedir. Ancak, Fleeger ve Goode^[28]'da ABD'nin Pennsylvania eyaletinde meydana gelen bir depremdeki gözlemlere dayanarak, yerkabuğunun geçirgenliğinin değişimi ile topoğrafyaya bağlı etkinin oldukça büyük olacağını ileri sürmüşlerdir. Adı geçen araştırmacılar, faylanma mekanizmasından elde edilen sıkışma ve genişlemeden bağımsız olarak, özellikle daha yüksek kotlardaki kuyuların su seviyesinde azalma, alçaktaki kuyuların su seviyesinde ise artma olduğunu belirtmektedirler.

Deprem ışıkları (şimşekleri): Deprem öncesi, sırası ve sonrasında göğün renginin olağandışı kızıl-ışığı bilinmektedir. Düzce-Bolu Depremi sırasında gökte ışıkların (şimşeklerin) oluştuğu yerel halk tarafından gözlenmiştir. Deprem

oluştugu yerel saat gözönüne alındığında, depremden kaynaklanacak ışıkların görülmesi için oldukça iyi bir ortam olması nedeniyle, yerel halkın gözlemleri oldukça inandırıcıdır. Deprem ışıkları 1999 Kocaeli Depremi'nde de ilk yazar tarafından İstanbul'da ve deprem bölgesindeki yerel halk tarafından da gözlenmiştir. İstanbul'da gözlenen gökteki ışık depremden sonra yaklaşık 5-7 dakika sürmüştür. 1976'daki Çaldıran Depremi'nde deprem ışıklarının dış merkezden 300 km uzaklıkta bile görüldüğü belirtilmektedir^[3].

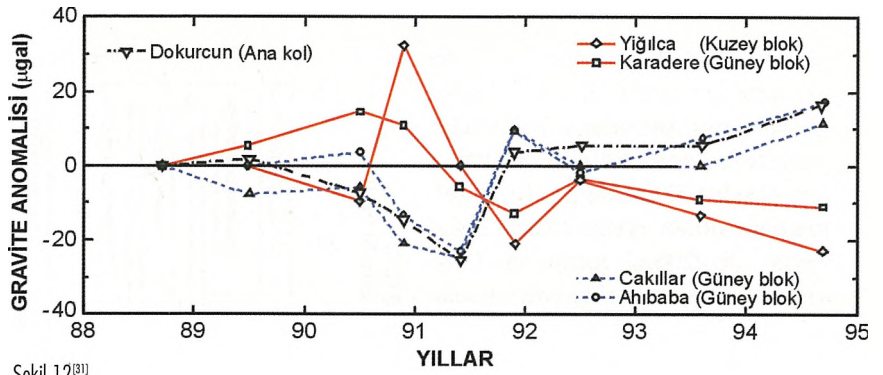
Jeomanyetik ve yerçekimi alanındaki olağandışı gözlemler: Marmara Bölgesi'nde daha önce meydana gelen depremlerde jeomanyetik ve yerçekimi alanında bazı değişimlerin olduğu bildirilmektedir^[29]. Ayrıca deprem bölgesindeki faylarda daha önce yapılan ölçümlerde oldukça yüksek jeomanyetik alan değişimleri saptanmıştır. Olağandışı manyetik alanın Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzeyinde -700nT ve güneyinde ise 1000nT olduğu ve faya dik bir kesit boyunca çok büyük bir manyetik alan eğiminin varlığı bilinmekte olup, manyetik alan değişiminden çekilme geriliminin yönü 63-66°, en yüksek sıkıştırıcı gerilimin yönü ise 145-155° olarak hesaplanmıştır^[30].

1988 ile 1998 yılları arasında deprem bölgesinde Kuzey Anadolu Fayı ve yakın çevresinde yerçekimi alanındaki olağandışı değişimlere ilişkin ölçüm sonuçları^[31] değerlendirildiğinde (Şekil 12), jeomanyetik alandaki değişime benzer olarak, Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzeyinde yerçekimi alanında azalma, güneyinde ise artma görülmektedir.



Şekil 11^[27]

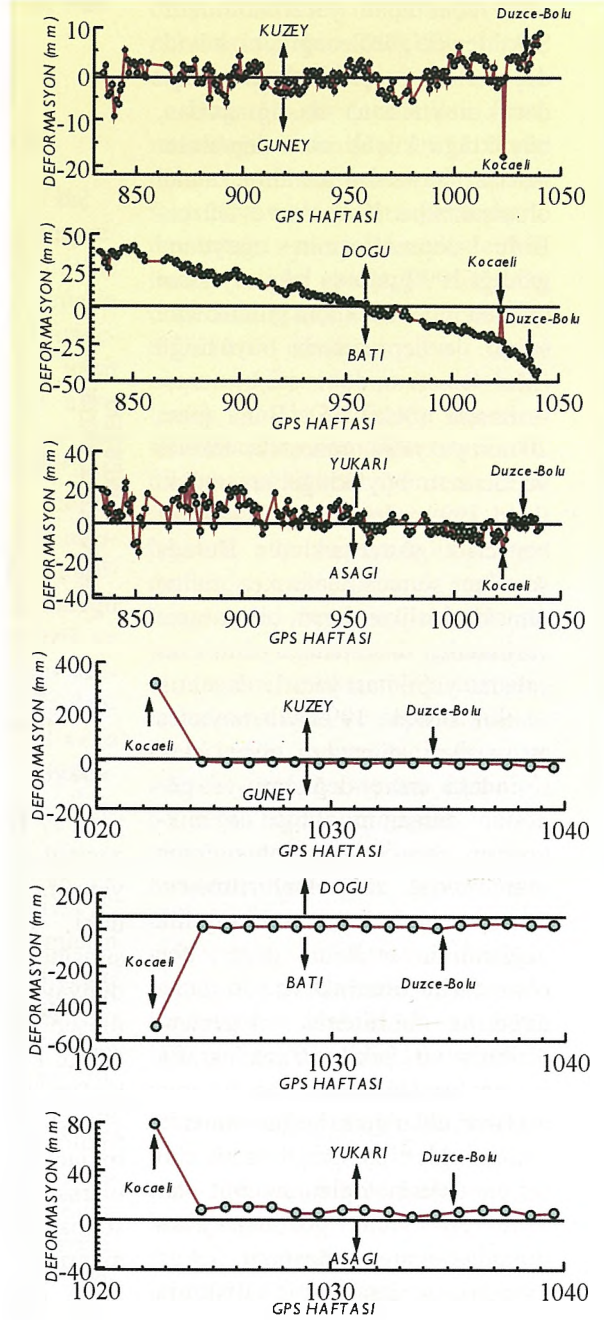
Yerkabuğunun eğilmesi ve deformasyonu: Marmara deprem bölgesinde yerkabuğunun eğilmesi ve deformasyonu ile ilgili ölçümler yapılmakla birlikte, bu ölçüm sonuçlarına bu aşamada ulaşılması mümkün değildir. Bu nedenle, bu yazıda Avrupa GPS ağına bağlı olan ve verilere anında ulaşılabilen Ankara ve Gebze'deki GPS ölçüm merkezlerindeki ölçümlere değinilmiştir. Şekil 13, Ankara ve Gebze'de üç yönde alınan "zaman - yerdeğiştirme" ilişkilerini göstermektedir. TÜBİTAK'ın Gebze ölçüm merkezi, Avrasya (veya Karadeniz) Plakası üzerinde bulunmakta olup, Avrupa GPS ağına 8 Ağustos 1999'da bağlanmıştır. Ankara ölçüm merkezinin ise, Anadolu Plakası üzerinde bulunduğu varsayılmaktadır. Ankara'da alınan ölçümler gözönüne alındığında, bu ölçüm noktası yatay yönde kuzey-batı yönünde hareket etmekte ve düşey olarak alçalmaktadır. Ankara'nın batı yönündeki yerdeğiştirmesi doğrusal olmakla birlikte, kuzeye doğru olan yerdeğiştirmesi 1999 Kocaeli Depremi'nden yaklaşık üç ay önce kuzeyden güneye doğru değişmiştir. Bu depremden sonra yerdeğiştirme yine kuzeye doğru olmaya başlamaktadır. Ancak Düzce-Bolu Depremi'nden yaklaşık 12 hafta önce kuzeye doğru olan yerdeğiştirme, yine güneye dönmektedir. Deprem sonrası hareket yönü tekrar kuzeye yönelmektedir. Diğer yandan, Ankara'nın alçalmakta olan düşey yöndeki yerdeğiştirmesi, Kocaeli Depremi'nden 12 hafta önce yükselmeye başlamış ve deprem sonrası yine alçalma konumuna dönüşmüştür. Süre kısalmasıyla birlikte, aynı durum Düzce-Bolu Depremi öncesinde de gözlenmektedir. Kocaeli Depremi'nin olduğu anda Ankara ve Gebze ölçüm noktalarındaki ani sıçramalara bir açık-



Şekil 12⁽³¹⁾

lama getirilmesi mümkün olmamakla birlikte, bunların dış etmenlerden kaynaklandığı düşünülebilir. Gebze ölçüm noktasının yatay yöndeki yerdeğiştirmesi hemen hemen sabit olmasına karşın, düşey yönde bir yükselme gözlenmektedir. Bölgedeki depremler gözönüne alındığında, özellikle Ankara ölçüm noktasının yerdeğiştirme şekli oldukça ilginç olup, bu noktadaki ölçüm sonuçlarının fiziksel anlamının yorumlanması konusunda daha ayrıntılı düşünülmesi ve değerlendirme yapılması yararlı olacaktır.

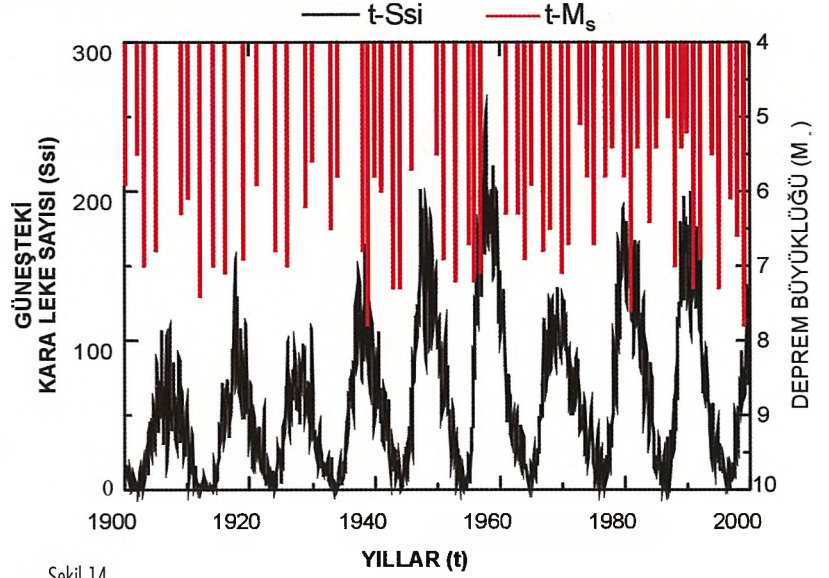
Güneş ve aydaki olgular ile Türkiye'de depremlerin oluşumu arasındaki ilişkiler: Güneşin ve ayın yerküredeki depremler üzerindeki etkilerinin olabileceği çok eskiden beri öne sürülmektedir. Türkiye'de meydana gelen depremlerle ilgili olarak bu konuya bir açıklık getirilebilmesi amacıyla bu yazıda bazı bilgiler sunulmuştur. Önce güneşin aktifliğini



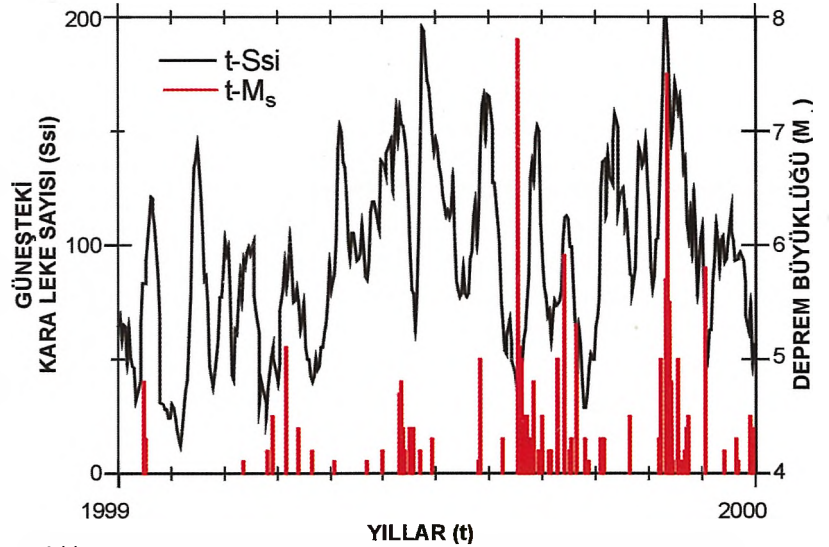
Şekil 13

gösteren kara leke sayısı (Ssi) ile deprem oluşumu incelenmiştir. Uluslararası Astronomi Topluluğu güneşteki kara leke sayısını uzun bir süredir ölçmektedir. Bu kaynaktan alınan yıllık kara leke sayısı ile 20'nci yüzyılda Türkiye'deki deprem oluşumu ilişkisi Şekil 14'te gösterilmiştir. Bu amaçla deprem verileri için hazırlanan bir veri tabanı^[32] ile NEIC'in veri tabanından yararlanılmıştır. Şekilden de görüleceği gibi, büyük depremler güneşteki leke sayısının doruk noktalarına ulaştığı zaman, büyüklüğü küçük olan depremler ise leke sayısının azaldığı zaman oluşmaktadır. Kocaeli ve Düzce-Bolu depremlerinin meydana geldiği 1999 yılında leke sayısının etkisini incelemek için günlük leke sayısı ile depremlerin büyüklüğü ($M_s > 4$) arasındaki ilişki araştırılmıştır (Şekil 15). Buna göre, 20'nci yüzyılda güneşteki lekeler ve deprem büyüklüğü arasındaki ilişki 1999 yılındakiyle büyük bir benzerlik göstermektedir. Burada sunulan sonuçlar oldukça ilginç olmakla birlikte, kesin bir yargıya varılmadan önce daha ayrıntılı bir çalışma yapılması yararlı olacaktır.

Son olarak, 1999 yılı boyunca ay evreleri, dünyanın güneş çevresindeki ivme değişimi ve güneşten dünyanın aldığı ısı miktarının depremlerin oluşumuna olan etkisi değerlendirilmiştir. Sonuçlar, her bir etmenin yıllık değişiminin ortalama değerinden olan farkı alınmış ve ortalama değerine bölünerek değerlendirilmiş ve Şekil 16'daki grafik çizilmiştir. Güneşteki kara lekenin etkisine ek olarak herbir etmenin etkisi farklı olup, oluşabilecek etki bu etmenlerin toplamına eşit olacaktır. Ay evreleri gözönüne alındığında, deprem oluşumu ile ay evreleri arasında bir ilişkinin olduğu şekilde ilk bakışta görülmektedir. Özellikle büyük depremler,



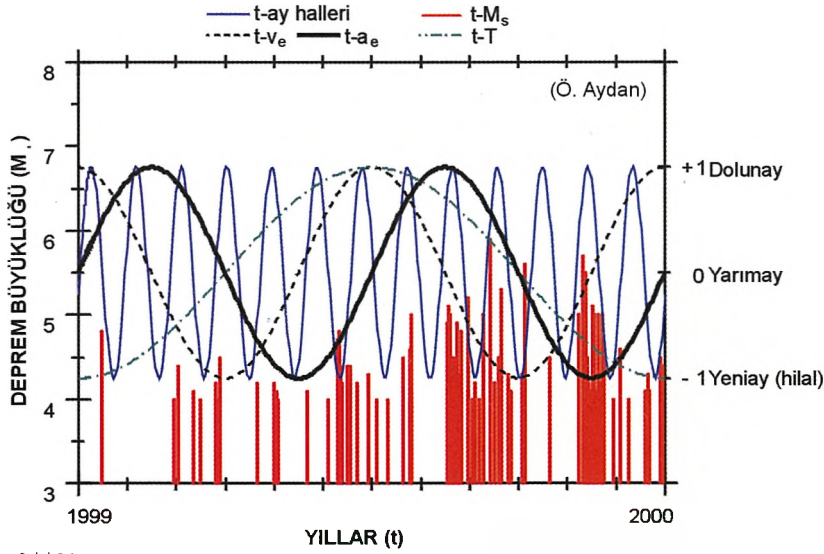
Şekil 14



Şekil 15

yeni ay (hilal) ve dolunaya yakın zamanlarda oluşmaktadır. Bunun yanı sıra, dünyanın güneş etrafındaki yörüngesindeki hareketi sırasında oluşan ivme değişimi ile dünyaya giren ısıya bağlı olarak oluşan gerilimlerin etkisi de olacaktır. Dünya yaz ve kış aylarında hızlanırken, ilk ve sonbaharda yavaşlamaktadır. Dolayısıyla bu hızlanma ve yavaşlamaya bağlı olarak oluşan ivme, ilkbahar ve sonbaharda en yüksek, kış ve yaz aylarında en küçük olacaktır. Bu ivme değişimleri yerkabuğunda gerilim değişimine neden olacak ve faylanmanın türü ile sözkonusu

yerin uzaysal konumuna bağlı olarak depremlerin oluşumu değişecektir. Şekil 16'da, faylanmanın türüne göre bir ayırım yapılmakla birlikte, dünyanın hızı ve ivmesinin doruk noktaları ile depremlerin sayısı arasında belirgin bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Güneşten dünyaya giren ısıya göre yerküresinde ek gerilimler oluşacaktır. Türkiye'nin bulunduğu kuzey yarımkürede düşüldüğünde, sıcaklığın artışı yaz aylarında yerkabuğunda sıkışma gerilimini arttıracak ve kış aylarında ise çekme özelliğine sahip olması nedeni ile gerilim azalacak-



Şekil 16

tır. Diğer yandan, güney yarımkürede durum tersine olacaktır. Dolayısıyla faylanmanın türüne bağlı olarak, fay yüzeyine etkileyen makaslama gerilimleri ve normal gerilimler değişecektir. Faylanmanın türüne göre burada bir ayırım yapılmamakla birlikte, yaz ve kış aylarında Türkiye'de deprem oluşumunun yüksek olabileceği söylenebilir. Burada sunulan yorumlardan ve sonuçlardan, güneş ve ayın yaptığı etkiler ile depremlerin oluşumu arasında bazı ilişkilerin olduğu izlenimi elde edilmiş olmakla birlikte, bu olayın fiziksel anlamda neden-sonuç ilişkileri mevcut koşullarda net olarak açıklanamamaktadır.

Sonuç

Depremlerin önceden tahmini demek; depremin zamanını, yerini ve büyüklüğünü saptayabilmektir. Bunu başaramayan bir yöntem, hiçbir zaman eksiksiz ve güvenilir bir yöntem olarak tanımlanamaz. Bu nedenle, yukarıda özetle açıklanan yöntemlerin hiçbirinin depremin zamanını, yerini ve büyüklüğünü saptayabilecek düzeyde olduğunun ileri sürülmesi mümkün değildir.

Dolayısıyla "depremler önce-

den haber verilebilir mi?" sorusunun yanıtı şu anda kesinlikle "HAYIR" olmaktadır. Depremlerin önceden haber verilmesini amaçlayan bilimsel çalışmaların uzun yıllar ve büyük kaynaklar ayrılarak sürdürülmesine karşın, bunun başarılması mümkün olmamıştır. Bununla birlikte, bilimsel anlamda yeterli düzeyde araştırılan ve yeterli veri toplanan bölgelerde oluş zamanı ve büyüklüğü bilinmemekle birlikte, jeodezik ve nümerik analiz tekniklerinin kullanılmasıyla, en azından, bir depremin meydana gelebileceği veya yakın gelecekte depreme aday olabilecek bölgeler hakkında fikir yürütülebilmektedir.

Sismik aktivite konusuna ilk eğilen sismologlardan Charles F. Richter, 1964 yılında depremlerin önceden tahmin edilmesi konusunda yaptığı bir konuşmasında, "deprem tahminine yönelik iddia sahiplerinin genellikle art niyetli, medyatik, ya da geleceği tahmin etme eğilimindeki kişiler" olduğunu belirtmiştir. Richter'in depremlerin tahmin edilemez olduğu şeklindeki düşüncesine karşın, günümüzde bilim adamları depremlerin önceden tahmin edilebilirliği konusunda olumlu ve olumsuz görüşlere sahiptirler ve

bu konuda bir görüş birliği olmadığı anlaşılmaktadır. Depremlerin tahmin edilebilirliği konusu, Şubat-Nisan 1999 tarihleri arasında dünyanın önde gelen saygın bilim dergilerinden Nature tarafından tartışmalar köşesinde bilim adamlarının görüşlerine açılmıştır. Bu tartışmanın genel sonucu "depremler hakkında güncel bilgi birikiminin son derece sınırlı olmasından dolayı bugün için depremlerin tahmin edilebilir olmadığı" şeklindedir^[33].

Doğanın ve depremlerin karmaşıklığı nedeniyle, bu konuda daha somut sonuçlara ulaşılması için daha uzun yıllara gereksinim duyulduğu açıktır. Bu nedenle "bilimin bugün ulaştığı düzeyde önceden tahmini kesin olarak mümkün olmayan bu doğa olayının karşısında ümitsizce beklemek, ya da gelecekte depremlerin önceden kesinlikle tahminine olanak sağlayacak yöntem veya yöntemlerin geliştirilmesini bekleyerek, yapılarımızı bilimsel temellerden yoksun olarak seçilmiş bölgelerde, zeminin jeolojik ve jeoteknik özellikleri gözönüne alınmadan, mühendislik hizmetlerinden yoksun ve deprem yönetmeliklerine aykırı biçimde inşa ederek yaşamaya devam etmenin" ne denli hatalı bir yaşam biçimi olduğunun idrak edilmesi gerekmektedir. Gelecekte depremlerin tahmini önceden mümkün hale gelse bile, belki sayısı önemli ölçüde azalmakla birlikte, yine can kayıplarının olabileceği ve kötü inşa edilmiş yapıların yıkılmasının ve/veya hasar görmesinin engellenemeyeceği gerçeğinden hareketle, depreme duyarlı bölgelerdeki tüm dünya ülkelerinde uygulandığı gibi,

♦ üzerinde ve içinde yapılarımızı inşa ettiğimiz zeminlerin jeolojik, yapısal ve mühendislik özellikleri ile dinamik yükler altın-

daki davranışlarının önceden belirlenmesi,

♦ yer seçimi ve yapı tasarımını çalışmalarının, mühendislik hizmetlerinin esas alınarak yapılması ve depreme dayanıklı yapı inşasına önem verilmesi gibi iki önemli ilke her zaman ön planda tutulmalıdır.

Kaynaklar

- [1] Aydan, Ö., (1995). The stress state of the earth and the earth's crust due to the gravitational pull, 35th US Rock Mechanics Symposium, Lake Tahoe, 237-243.
- [2] Nur, A. (1972). Dilatancy, pore fluids and premonitory variations of Vs/Vp travel times. Bulletin of the Seismological Society of America, 62 (5), 1217-1222.
- [3] Toksöz, M.N. (1977). Earthquake prediction research in the United States. Predicting Earthquakes, Panel on Earthquake Prediction of the Committee on Seismology, NRC, 37-50.
- [4] USGS (1999). Crustal deformation measurements at Parkfield. (<http://quake.wr.us-gs.gov/QUAKES/crustaldef/park.html>)
- [5] Aggarwall, Y.P., Sykes, L.R., Armbruster, J., and Sbar, M.L. (1973). Premonitory changes in seismic velocities and prediction of earthquakes. Science, 180, 632-635.
- [6] Barsukov, O., and Sorokin, O.N. (1973). Variations in apparent resistivity of rocks in the seismically active Garm region. Phys. Solid Earth, 10, 685.
- [7] Yasui, Y. (1973). A study of luminous phenomena accompanied with earthquake. Mem. Kakioka Magn. Observ., 13, 25-61.
- [8] Derr, J.S. (1973). Earthquake lights: a review of observations and present theories. Bull. Seismol. Soc. Am., 63(6), 2177-2187.
- [9] Pierce, E.T. (1976). Atmospheric electricity and earthquake prediction. Geophysical Res. Letters, 3(8), 185-188.
- [10] Geller, R. (1997). Earthquakes cannot be predicted. Science, 275, 161.
- [11] Sultankhodzhaev, A.N. (1984). Hydrogeoseismic precursors to earthquakes. Int. Symp. on Earthquake Prediction, Paris, 181-191.
- [12] Tsunogai, U., and Wakita, H. (1995). Precursory chemical changes in ground water: Kobe earthquake, Japan, Science, 61-63.
- [13] Walsh, J.B. (1975). An analysis of local changes in gravity due to deformation. Pure Applied Geophysics, 113, 97-106.
- [14] Ikeya, M., Matsumoto, H., and Huang, Q.H. (1998). Alignment of silkworms as seismic animal anomalous behaviour (SAAB) and electro-magnetic model of a fault: a theory and laboratory experiment. Acta Seismologica Sinica, 11(3), 365-374.
- [15] Buskirk, R.E., Frohlich, C., and Latham, G.V. (1981). Unusual animal behaviour before earthquakes: a review of possible sensory mechanisms. Reviews of Geophysics and Space Physics, 19 (2), 247-270.
- [16] Hamada, M., and Aydan, Ö., (1992). The site investigation of the March 13 Earthquake of Erzincan, Turkey. ADEP, Association for Development of Earthquake Prediction, 86pp.
- [17] Aydan, Ö., and Kumsar, H. (1997). A site investigation of Dinar Earthquake of October 1, 1995. Turkish Earthquake Foundation, TDV/DR 97-003, 166 pp.
- [18] Aydan, Ö., Ulusay, R., Kumsar, H., Sönmez, H., and Tuncay, E. (1998). A site investigation of Adana-Ceyhan Earthquake of June 27, 1998. Turkish Earthquake Foundation, TDV/DR 006-30, 131pp.
- [19] Aydan, Ö., Ulusay, R., Hasgür, Z., and Taşkın, B. (1999a). A site investigation of Kocaeli Earthquake of August 17, 1999. Turkish Earthquake Foundation, 180pp.
- [20] Hürriyet Gazetesi, 15 Kasım 1999
- [21] Milliyet Gazetesi, 12 Aralık 1999
- [22] Emre, Ö., Duman, T.Y. Doğan, A., Ateş, S., Keçer, M., Erkal, T., Özalp, S., Yıldırım N. ve Güner, N. (1999). 12 Kasım 1999 Düzce Depremi saha gözlemleri ve ön değerlendirme raporu. MTA. (<http://www.mta.gov.tr/dzc.htm>).
- [23] Igarashi, G., Sacki, S., Takahata, N., Sumikawa, K., Tasaka, S., Sasaki, Y., Takahashi, M., and Sano, Y. (1995). Groundwater radon anomaly before the Kobe earthquake in Japan, Science, 269, 60-61.
- [24] Friedman, H., Arıç, K., King, C.Y., Altay, C., and Sau, H. (1988). Radon measurements for earthquake prediction along the North Anatolian Fault Zone; a progress report, Tectonophysics, 152, 209-214.
- [25] Şimşek, Ş., and Yıldırım, N. (2000). Observations, measurements and evaluations of the geothermal fields located at 17 August and 12 November 1999 Eastern Marmara Earthquake Region of Turkey. IGA Bulletin (in press)
- [26] Şimşek, Ş. ve Yıldırım, N. (2000). İzmit ve Düzce depremlerinde jeotermal değişimler. TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi, 387, 70-73.
- [27] Tezcan, L., Doğdu, N. ve Kırmızıtaş, H. (2000). Sismik aktivitelere bağlı yeraltı suyunun değişimi. 53. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 21-25 Şubat, 2000 Ankara, Bildiriler Kitabı, s.164.
- [28] Fleegeer, G.M., and Goode, D.J. (1999). Hydrologic effects of the Pymatuning Earthquake of September 25, 1998, in Northwestern Pennsylvania. U.S. Department of Interior, USGS, Water-Resources Investigations Report 99-4170.
- [29] İspir, Y., Uyar, O., Güngörmüş, Y., Orbay, N., and Çağlayan, B. (1976). Some results from studies on tectonomagnetic effect in NW Turkey. J. Geomag. Geoelectr., 28, 123-135.
- [30] Büyüksaraç, A., Reiprich, S., and Ateş, A. (1998). Three-dimensional magnetic model of amphibolite complex in Taşkesti area, Mudurnu valley, North-West Turkey. J. of the Balkan Geophysical Society, 1 (3), 44-52.
- [31] Gerstenecker, C., Akın, D., and Demirel, H. (1999). Gravity changes along the western part of the North Anatolian Fault. (<http://www.gfz.potsdam.de/pb2/pb21/Mudurnu/gravity.html>)
- [32] Aydan, Ö., Sezaki, M., and Yarar, R. (1996). The seismic characteristics of Turkish Earthquakes. 11th World Conference on Earthquake Engineering., Acapulco, Mexico, 1-8.
- [33] Main, J., 1999. Is the reliable prediction of individual earthquakes a realistic scientific goal. Nature (<http://helix.nature.com/debates/earthquake/earthquakecontents.html>)

Ömer Aydan

Prof. Dr., Tokai University,
Dept. of Marine Civil Engng., Shimizu, Japan
aydan@scc.u-tokai.ac.jp

Reşat Ulusay

Doç. Dr., Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
resat@hacettepe.edu.tr

PALEOSİSMOLOJİK ÇALIŞMALARA BİR ÖRNEK: İZMİT-KULLAR HENDEK ÇALIŞMASI

250^{-300 yıl gibi göreceli olarak daha uzun aralıklarla tekrarlanan büyük depremleri üreten fayların geçmişteki davranışlarını inceleyen ve gelecekteki deprem tehlikesini belirleyen bilim dalına PALEOSİSMOLOJİ adı verilmektedir. Deprem üreten diri faylar boyunca hendek açma yöntemi, paleosismolojinin en çok kullandığı yöntemlerinden biridir. Bu yöntem, yüzey kırığı oluşturmuş eski depremlerin genç çökeller içindeki izlerinin araştırılıp bulunmasına dayanır.}

Aşağıda, 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi sonrası Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) İzmit-Sapanca arasındaki segmentinin orta kesiminde yapılmış olan hendek çalışması örnek uygulama olarak verilmiştir.

Hendek yerinin tektonik konumu

KAFZ'nun İzmit-Sapanca arasındaki segmenti üzerinde büyük depremlerin hangi sıklıkta olduğunu ve gelecekte ne zaman bir deprem olabileceğinin kestirimi amacıyla, 2 Ekim 1999 tarihinde, 17 Ağustos 1999 Kocaeli depreminin oluşturduğu yüzey kırığının Kullar-Rahmiye köyü arasında (Gölcük'ün 10 km doğusu), (4m genişliğinde x 4m derinliğinde x 15m uzunluğunda) bir hendek açılmıştır (Şekil 1).

Yüzey kırığı, hendek yeri ve civarında 1 km'lik bir hat boyunca sürekli olarak izlenebilmektedir. Kırık boyunca ağaç dizileri, içme suyu boruları ve küçük debili dereler ve bir caminin duvarı yanal yönde 2.5-3 m ötelenmiştir. Burada yüzey kırığı sola basamak yaparak



Hendek çalışmasından görünüm.

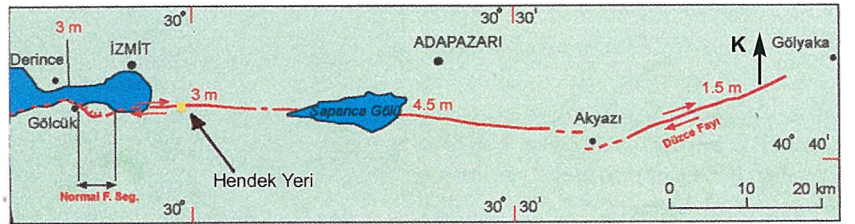
20-30 m genişlikte bir zon içinde uzanmaktadır (Şekil 2). Basamağı oluşturan her bir segment, sağ yönlü doğrultu atımlı faylara özgü sağa basamak yapan daha küçük fay segmentlerinden oluşmaktadır. Bu kademeli fay segmentleri arasında Riedel yırtılma şekillerinin her biri belirgin olarak gözlenmektedir. Özellikle sıkışma yönünü veren 20-30 cm yükseltilmiş küçük basınç sırtları (mole-track) çok açık olarak görülmektedir (Şekil 2).

Hendek yeri ve civarında tek-

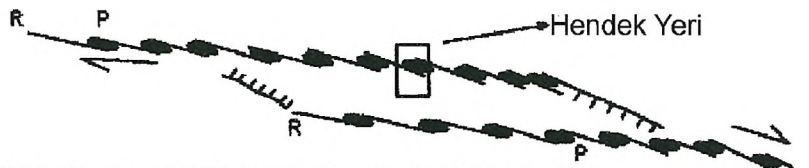
rarlı fay hareketi sonucu, 1999 yüzey kırığının güneyinde kalan bölge, kuzeyine göre daha düşük seviyede bulunmaktadır.

Hendek duvarlarının stratigrafisi

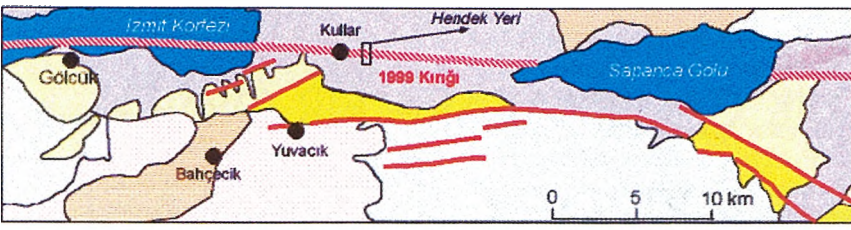
Hendek ve civarında neotektonik döneme ait birimlerin temelini Eosen yaşlı volkanik kayalar ve fliş oluşturmaktadır. İzmit Körfezi ile Sapanca Gölü arasında Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı birimler geniş bir alanda KAFZ boyunca yüzey-



Şekil 1. 17 Ağustos 1999 depremi yüzey faylanması ve hendek yeri. Rakamlar, yüzey kırığının farklı segmentlerinde ölçülmüş en büyük yatay atımları göstermektedir.



Şekil 2. Hendek yeri civarında 1999 deprem kırığı boyunca gelişmiş Riedel yırtılma formları.



Şekil 3. İzmit-Sapanca segmenti'nin basitleştirilmiş jeolojik haritası. Çapraz kırmızı-beyaz çizgiler, 1999 yüzey kırığını göstermektedir.

lenmektedirler. Bu birimler, bataklık, akarsu ve göl ortamı çökeltilerine temsil edilmektedir (Şekil 3).

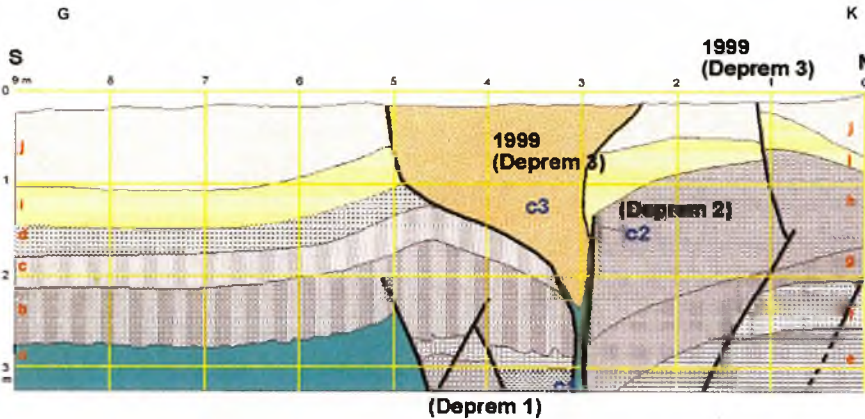
Şekil 4 ve Şekil 5 incelendiğinde, hendek duvarlarında bataklık (a), akarsu (e-h) ve toprak (i ve j) gibi üç farklı çökelin olduğu anlaşılır (Şekil 4 ve 5). Bataklık ortamında körfez çamuru depolanmıştır. Kuzey Anadolu Fayı'ndaki tekrarlı hareketler (depremler) sonucu, fayın güney bloğundaki körfez çamurları yükselmiştir. Yükselmiş çamur tabakası, bir fay dikliği oluşturmuştur. Tekrarlanan fay hareketiyle bu dikliğin yüksekliği artmış ve diklik tabanında akarsu çökeltileri (Şekil e-h) oluşmaya başlamıştır. Daha sonra devam eden yükselme sonucu, akarsu yatağını değiştirmiş ve ayrışma seviyesi ile güncel toprak içeren kalın bir birim, fayın hem kuzey, hem de güney bloğundaki akarsu

ve bataklık çamurlarının üzerine uyumsuz olarak gelmiştir.

Hendek duvarlarındaki eski deprem izlerinin yorumlanması

Hendek duvarlarının görüntüsü ölçekli olarak Şekil 4 ve Şekil 5'te çizilmiştir. Aşağıda verilen yorumlar sözü edilen bu şekillerin değerlendirilmesiyle elde edilmiştir.

Hendek duvarlarındaki en eski deprem izi (Deprem 1), fayların belirli seviyelerde sona ermesi ve düşey atımlardaki ani artışlar kullanılarak tanımlanmıştır. Bu deprem sonucu, fay zonu boyunca körfez çamurları (a) ile akarsu çakılları (e) yanyana gelmiştir. Bu depremle güney blokta körfez çamurları 60 cm yükselerek kuzey blokta birimlerin üzerine bindirmiştir. Bu nedenle, güney blokta



Şekil 4: Hendeğin batı duvarı. (a-j harfleri hendek duvarlarında gözlenmiş tabakaları ve c1, c2 ve c3 suskunluk dönemlerinde fay sarplığının aşınması sonucu fay zonu boyunca birikmiş malzemeleri (kolüvyal kamaları) göstermektedir)

Hendek Açma Yöntemi

Deprem üreten diri faylar boyunca hendek açma yöntemi, paleosismolojik çalışmalarda en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemin esası, yüzey kırığı oluşturmuş eski depremleri kaydeden genç çökeltiler içinde deprem izlerinin araştırılıp bulunmasına dayanır.

Hendek açılırken aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır.

(a) Fayın izi birkaç metrelik bir hassasiyetle saptanır,

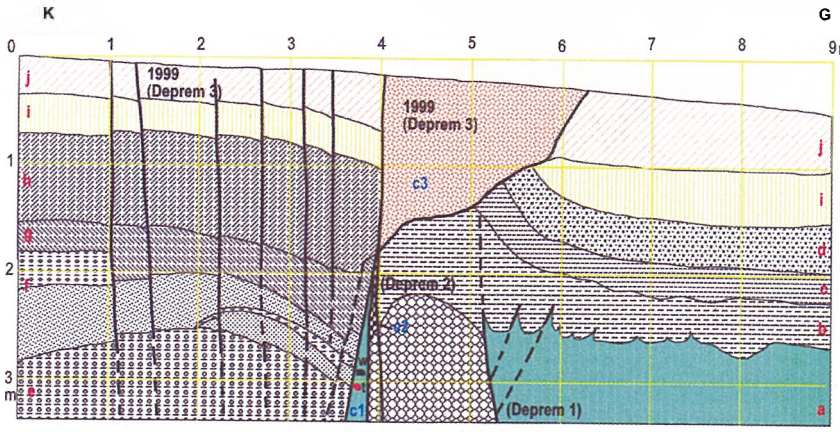
(b) Deprem izlerinin jeolojik kayıtlarda saklanmasını sağlayacak uygun çökeltilme alanları seçilir,

(c) Bu izleri tarihlendirebilecek odun parçaları ve organik malzeme içeren alanlar araştırılır.

Bu nedenle, hendekler genellikle fayın her iki tarafında çökelmiş alüvyon istifinde, fayın tipine bağlı olarak farklı şekillerde açılır. Hendek Eğim atımlı faylarda (normal ya da ters faylar) düşey yer-değiştirme miktarını saptamak için fay izine dik, doğrultu atımlı faylarda ise deprem öncesi yanyana bulunan izlerin yatay ve düşey yönde ne kadar yer-değiştirdiğini belirlemek için fayın izine dik ve paralel olacak şekilde açılır.

Hendekler, genellikle 20-30 m uzunlukta, 3-4 m derinlikte ve 1-4 m genişlikte açılır ve fay tarafından etkilenmemiş yerlere ulaşılan değin açılmaya devam edilir. Hendek açıldıktan sonra, deprem izlerinin belirgin olarak görülmesini sağlamak için, el araçları ya da kürekle düzgün yüzeyler elde edilinceye kadar hendek duvarları sıyırılır ve düzeltilir. Deprem izleri, renkli çivilerle süslenecek görünür hale getirilir. Daha sonra beyaz ipler kullanılarak hendek duvarları 1 metrelik karelere ayrılır. Kareyaj ağı, duvarlardaki kesitlerin çizilmesi ve aynı yerde açılmış diğer hendeklerdeki yapıların karşılaştırılması amacı ile oluşturulur. Bu kesitler 1:20 ölçekli olarak milimetrik kağıtlara çizilir. Aynı zamanda duvarlardaki çökeltiler ve yapılar arasındaki ilişkiler yorumlanır. Hendekte belirlenen her bir eski depremin jeolojik kayıtları incelenir ve fay izlerinin geometrisi, hareketin tipi ve deformasyon miktarı değerlendirilir. Eski bir deprem sırasında zemin yüzeyi, o depremin horizonu olarak kabul edilir. Hendek çalışmalarında son ve en kritik aşama, eski deprem horizonlarının tarihlendirmektir. Her bir eski deprem horizonunun yaşı, o horizonun alt ve üstündeki çökeltiler yaşı ile sınırlıdır.

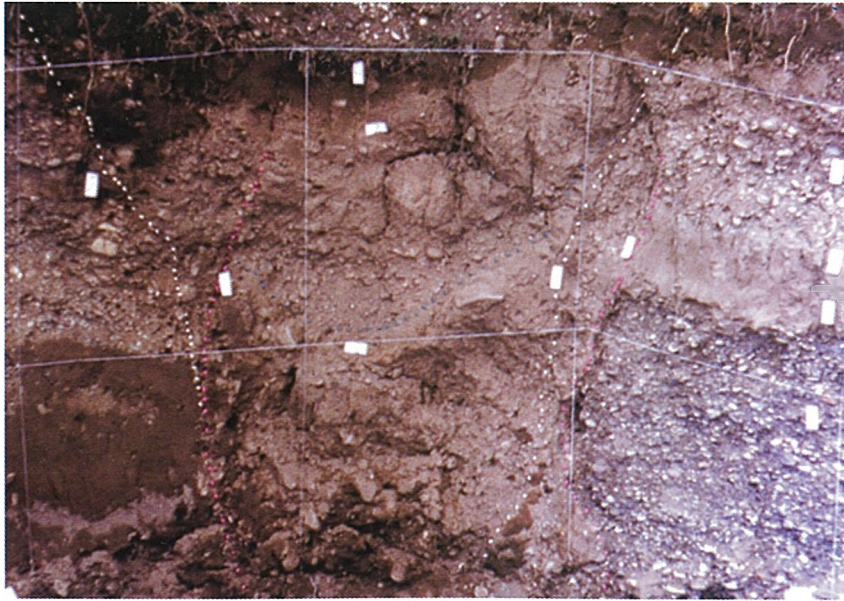
Bu yöntemle her bir fay parçasığında geçmişte kaç büyük depremin olduğu, bu depremlerin hangi sıklıkla tekrarlandığı ve bir sonraki depremin ne zaman (yaklaşık ± 10 yıl) olabileceği konusunda bilgiler elde edilebilir.



Şekil 5: Hendeğin doğu duvarı.

yüzeyin 4 m altında bulunan çamurlar, kuzey blokta daha derinlerde yer aldığı için gözlenememiştir. Bu ilişki, sağ yönlü doğrultu atımlı faylanmanın önemli bir ters bileşeninin olduğunu belgelemektedir. Birkaç fay kolcuğu, çamurun üstünde bulunan killi ve siltli birimler (b-d) içinde sona ermiştir. Ayrıca bu deprem sonucu, fay zonu boyunca çamurlar alev yapısı sergileyecek şekilde çakıl seviyesinin üzerine kadar yükseltilmiştir.

İkinci deprem izi (Deprem 2) tabakaların bükülmesi, kolüvyal kamalar (c2) ve tabakaların sürüklenmesi gibi jeolojik ölçütler kul-



Abant hendeği (doğu duvarı) (Dereceören-Abant Gölü arası) Hendeğ duvarlarında 1944, 1957 v e 1967 deprem izleri dahil 6 deprem saptanmıştır. Egemen sağ yönlü doğrultu atımın olduğu deprem izlerinin önemli miktarda ters bileşenleri bulunmaktadır.

lanılarak tanımlanmıştır. İkinci deprem, güncel toprak seviyesinin (j) altında yer alan, canlı izlerinin bulunduğu, açık renkli toprak (i) depolandıktan sonra meydana gelmiştir. Çünkü bu deprem sonucu açılmış yarığın içine bu eski toprak seviyesinden aşınma sonucu oluşan malzeme (kolüvyal kama c2) dolmuştur. Ayrıca bu deprem ve önceki depremde kuzey blokta tabakalar aşağıya, güney blokta tabakalar ise yukarıya doğru bükülerek sürüklenmişlerdir.

Üçüncü deprem (Deprem 3),

yani 17 Ağustos 1999 depremi, hendek duvarlarında gözlenen tüm tabakaları keserek yüzeye kadar erişmiş birkaç paralel fay kolcuğunun izleri kullanılarak tanımlanmıştır. Bu deprem izi, hendek duvarlarında 6 metrelik bir zon içinde gelişmiştir. Bu deprem sonucu, fayın güneyindeki tabakalar, kuzeydeki tabakalar üzerine 20 cm civarında bindirmiştir. Killi tabakalar içinde 17 Ağustos 1999 depreminin hareketini gösteren kayma çizikleri çok belirgin olarak gözlenmiştir. Fay düzlemi ve kayma çiziklerinin yönelimleri K 70 B 80 GB ve R (Rake: kayma açısı)= 20KB ölçülmüştür. 20°lik KB'ya yanyatım, doğrultu atımlı faylanmadaki ters bileşene işaret etmektedir. 17 Ağustos 1999 ve öncesin-

deki depremler, yüzeye yakın kesimde büyük bir yarık oluşturarak, daha sonraki izleyen suskunluk dönemlerinde fay sarplığından türemiş malzemelerle (c3) doldurulmuştur.

Eski depremlerin tarihlendirilmesi

Hendek duvarlarında 1999 öncesinde meydana gelmiş eski depremlerin tarihlendirilmesi için belirlenen deprem seviyelerinden dört örnek alınmıştır. Ancak örneklerin C14 yöntemiyle tarihlendirilmesi henüz yapılamamıştır. Ana fay zonu boyunca bu deprem izlerinin tarihlendirilmesinde kullanılacak bolca odun ve seramik parçaları ve ayrıca kömürleşmiş malzeme ile organik maddeler alınmıştır. Tarihlendirme yapıldıktan sonra bu depremlerin ne zaman oluştuğu ve hangi sıklıklarla tekrarlandıkları konusunda ayrıntılı bilgiler elde edilebilecektir.

Hendek duvarlarından elde edilen bulgular

Özetle yukarıda belirtilen bu hendek çalışmasından elde edilen saha bulguları çerçevesinde aşağıdaki ön değerlendirmeler yapılmıştır:

(1) Hendek duvarlarında 17

Yaşlandırma (Tarihlendirme) Teknikleri

Eski depremleri ve yamulmayı kaydeden çökeller ile jeomorfolojik yapıların yaşlandırılması, paleosismolojik araştırmaların en önemli kısmını oluşturur.

Paleosismolojide yaşlandırmada kullanılan en yaygın yöntem, C14 tekniğidir. Kuvaterner yaşlı kıtasal çökeller, C14 yaşlandırılması için uygun kömür parçaları, organik tabakalar ve toprak seviyeleri içerir. Genellikle C14 yaşlandırma tekniğinde birkaç gram kömürlü kısım veya her zaman bulunmayan bolca zenginleşmiş malzemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Yakın geçmişte paleosismolojik araştırmalarda, özellikle C14 yaşlandırmasında önemli gelişmeler, İvme Kütle Spektrometrelerin (İKS) kullanılmaya başlanmasıyla olmuştur. İKS yaşlandırması, geleneksel yaşlandırma tekniklerinden daha pahalı olmakla birlikte, sadece birkaç miligram karbon kullanmasını gerektirmektedir. Laboratuvarda yapılan C14 ölçümleri, genellikle C12 / C13 oranı esas alınarak düzeltilmektedir. Bu oran, genç malzemelerden türeyen örneklerin muhtemel kirlenmesi hakkında bilgiler sağlamaktadır. Ayrıca C14/C12 atmosferik oranı, zaman içerisinde sabit olmadığı için laboratuvarda elde edilen radyokarbon yaşı, yaşı bilinen odun örneklerinden türetilmiş olan kalibrasyon eğrilerinin kullanılmasıyla takvim yıllarına dönüştürülmektedir. Ancak kalibrasyon eğrilerinde büyük düzensizlikler bulunmakta ve gerçek radyokarbon yaşı elde edilememektedir. Yaşlandırmada kullanılan örneğin rezervuardaki C12/C14 oranında sonraki değişiklikler veya normal bir başlangıç oranı, ölçülen yaş üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilmektedir. Gerçekten, rezervuarlar karbonatlı anakayalardan veya özellikle göller veya buzul dönemleri esasındaki su kütlelerinin büyüklüğünden yüksek derecede etkilenir. Ayrıca, güncel ya da eski karbonlu örneklerin gömülme sırasında

muhtemel kirlenmesi de sözkonusudur. Özellikle kirlenme, örneğin gerçek yaşına, kirlenmenin tipine ve miktarına bağlı olarak eşit olmayan etkiler meydana getirebilir. Son olarak, kabukların yaşlandırılmasında birincil aragoniti, daha sonraki rekristalize olmuş olanlardan ayırmak çok ince bir iştir. Bu yüzden bazen gerçek yaş, çok daha genç bir yaş olarak elde edilebilir.

Faylanmış yüzeylerin yaşlarının tahmin etmede önemli gelişmeler, toprak gelişimi ve toprak kimyasının çalışılmasıyla sağlanmıştır. Toprak kimyası, dokusu, kalınlığı esas alınarak birkaç bölgeden toprak krono-serisi elde edilmiş ve bazı örneklerde bazı kesin yaşlandırılmalarla sınırlandırılmıştır. Bazı bölgeler için pedojenik kalsiyum karbonatın gelişme derecesi, toprak gelişiminin bir belirtisi olarak kullanılmaktadır.

Faylanmış çökellerin yaşlandırılmasında ümit verici diğer bir yöntem, termolüminesans (TL) yöntemidir. Bu yöntem, güneş ışığını iyonize eden termolüminesans özelliği gösteren kuvars ve feldispat gibi minerallere dayanmaktadır. TL yaşı, laboratuvarda, termolüminesans özelliği sıfır oluncaya kadar örnek ısıtılarak ölçülür ve yaşlandırmaya hassas mineral tanelerinin gömülme zamanından başlayarak yeniden inşa edilir. Faunalı kıyasal çökellerde amino-asit rasimizasyonu ve epimerizasyonu Kuaterner kronolojisi hakkında önemli bilgiler sağlayabilir. Bununla birlikte, belli bir türün rasimizasyonu sıcaklık ve kinetik modele bağlı olduğundan, bu yöntemde sayısal yöntemlerle tanımlanan iyi kalibrasyon noktalarına ihtiyaç duyulur.

Son olarak, ağaç halka analizleri, eski depremlerin yaşlandırılması için kullanılabilir. Bu yöntem, sismojenik bir fayın yakınında yer alan ağaçlardaki halkaların, faydaki büyük bir depremin oluşumu esnasında gelişiminde görülen karışıklıkların incelenmesi esasına dayanır. Ağaç halka gelişiminde karışıklıklar meydana getirebilen kuraklık, fırtınalar, seller gibi diğer tüm sebeplerin elenmesi zorunluluğu vardır. Bu tür bir çalışmaya, ağaç halkası gelişimini doğrudan eş-sismik deformasyondan ileri gelen karışıklık belirtileri durumunda yaş, büyüklük, topoğrafik ve jeolojik konumlara dayanarak seçilen çok sayıda ağaçların tahrip olmayan çekirdek kısımlarından örneklerin alınması ile başlanır. Bu çalışmada ne az iki ağaçta, eş zamanlı olarak gelişen karışıklıkları belgeleyecek birkaç numune denetimli yaşlandırma ve dikkatli kontroller yapılır. Bu yöntemin uygulanabilirliği, eski depremlere göre ağaçların yaşları, faya olan yakınlıkları, fayın lokasyonu gibi birkaç faktörle sınırlı kalır. Fakat bu yöntem, dünyanın bazı bölgelerinde oldukça ümit verici sonuçlar vermektedir.



Üçtepeler-Yarma tipi hendek (Bolu havzası güneyi-Üçtepeler basınç sırtı) Bu henekte 1944 öncesi iki büyük deprem saptanmıştır. Deprem kırıkları, sağ yönlü doğrultu atımlı faylanma karakterinde olup önemli miktarda ters bileşen içermektedir.

Ağustos 1999 Kocaeli Depremi'nden önce meydana gelmiş en az iki depremin izi tanımlanmıştır.

(2) Bu belirleme, KAFZ'nun bu bölümünün en azından birkaç bin yıldır aktif olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, bu depremde yeni bir fay oluşmamıştır. Ancak 1999 Kocaeli depremi 20 metre genişlikte bir zon içinde gelişmiştir. Bu zonda önceki deprem izleri bir sonrakinin güneyinde yer almış ve gençleşme kuzeye doğru gelişmiştir.

(3) 1999'daki ve önceki depremleri üreten tekrarlanan fay hareketi sonucu yüzeyde zonun orta kesimi aşağıya doğru düşmüş görünmektedir. Ancak bu görüntü hendek derinliklerinde düşme yerine, bindirme şeklinde görünmektedir. Aslında her üç depremde de güney blok yükselerek kuzey üzerine bindirecek şekilde pozitif bir çipek yapısı oluşturmuştur (Şekil 6). Doğrultu atımlı faylanmanın ters bileşeninden kaynaklanan bu yükselen, parçalanmış ve ezilmiş orta kesim, depremleri izleyen uzun suskunluk dönemlerinde aşınmaya uğrayarak ve sanki yüzeyde orta kesim çökmüş görüntüsünü veren bir topoğrafya geliştirmiştir (Şekil 6). Bu oluşuma çok benzer görüntüler, 1980 yılında Cezayir'de meydana gelen El-As-



Mudurnu Hendeği-2 (Taşkesti-Çayköy; Bolu) Hendeğinde 1967 depremi öncesi 4 büyük deprem saptanmıştır. Deprem kırıklarında egemen doğrultu atımın yanında önemli miktarda ters bileşen bulunmaktadır.

nam depreminde de gözlenmiştir.

(4) Yukarıda belirtilen mekanizma, KAFZ'nun İzmit-Sapanca arasındaki segmentinin transtansiyonel karakterden daha çok transpresyonel bir karakterde olduğuna ve bu bölümün genişlemeden daha çok, sıkıştığına işaret etmektedir. Bu sıkışma sonucunda bölgesel bir yükselme başlamıştır. Ancak, çok yavaş bir şekilde gelişen bu yükselme devam etmektedir. 17 Ağustos 1999 depreminde yüzey kırığında 20 cm'lik ters bileşen gözlenmiştir. 1999 benzeri depremlerin bu segmentte 280 yıl aralıklarla (tarihsel deprem kayıtlarından bu segmenti kırmış son

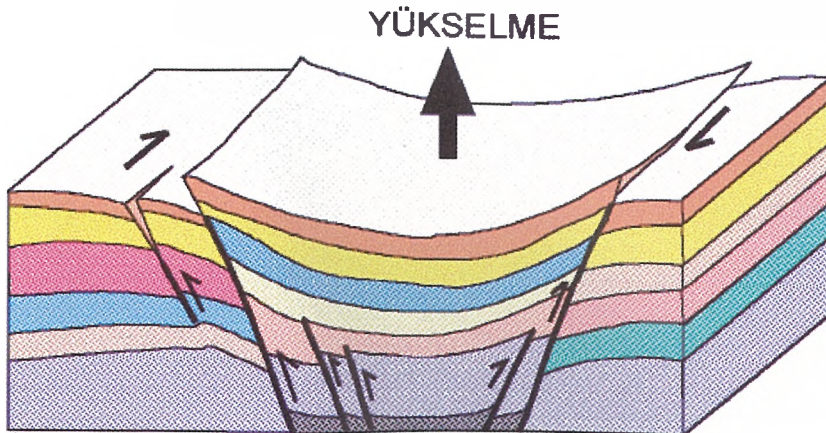
depremin 1719'da olduğu saptanmıştır) tekrarlandığı varsayılırsa, hendek duvarlarından, yıllık yükselme 0.7 mm olarak elde edilir.

CSEM, HARWARD ve DAD tarafından verilen ana şoka ait odak mekanizması çözümleri ters bileşenli (kayma açısı = 15°) doğrultu atımlı faylanmayı göstermektedir. Diğer yandan, hendek duvarlarında körfez çamurlarının yüzeyden 5 m derinlikte yer alması, bu bölgenin yükselmekte olduğunu gösteren bir kanıttır.

Ayrıca bazı araştırmacılar tarafından yapılmış olan çalışmalar ve hendek duvarlarından elde edilen bulgular bu savı desteklemektedir. Bunlar;

Micheal vd. (1989) Kuzey Anadolu Fayı'nın batı kesiminde 1999 Kocaeli Depremi'nin meydana geldiği bölge ve yakın civarında, arazideki fay düzlemleri ölçümlerinden elde edilmiş gerilim verileri, bu bölgede Erken Tersiyer ile günümüz arasında dört sıkışma döneminin olduğuna işaret etmektedir.

Kato (1988), Sapanca Gölü'nün güneybatısında ve Sapanca Gölü-İzmit Körfezi arasında D-B doğrultulu ters faylar boyunca yüzeylenen Pliyosen yaşlı birimlerin, bu

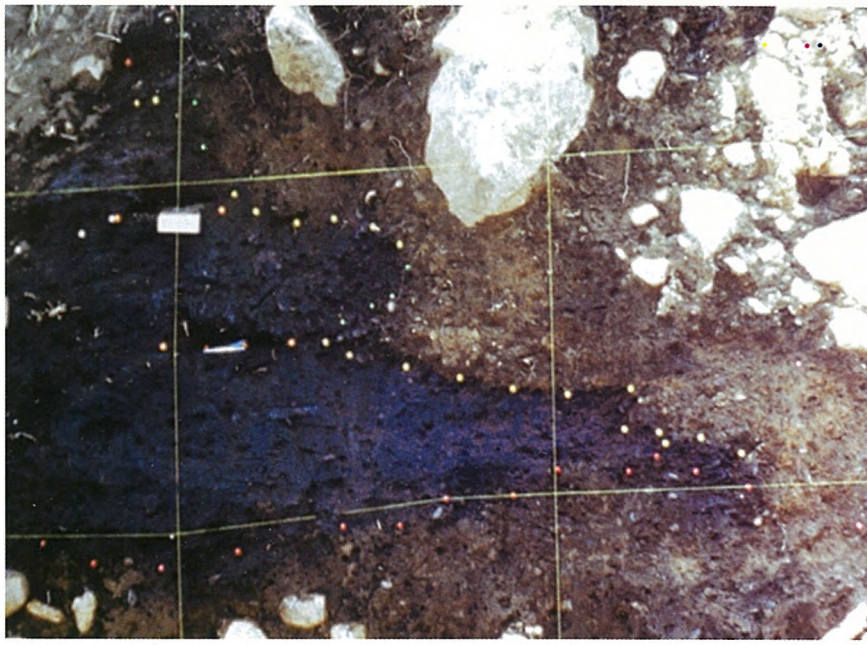


Şekil 6. Kullar yöresinde incelenen hendeğin duvarlarında gelişmiş pozitif çipek yapısını gösteren blok diyagramı.

bölgede en azından KAFZ'nun oluşumundan bu yana, genişlemeden öte, sıkıştığını ifade etmektedir. Ayrıca aynı araştırmacı, Gölçük doğusunda, Başiskele'nin 1 km batısındaki bir yol yarmasında faylanmadan dolayı genç çökellerin güneye doğru sürüklendiğini belirtmiştir.

Erendil vd. (1988), Armutlu bloğunda, özellikle doğu kesiminde, KD-GB doğrultulu uzanan bir dizi tepe ve çukurluk alanların bulunduğunu belirtmektedir. Araştırmacılar, bu bölgede, KD-GB doğrultulu kıvrım eksenlerinin ve bu doğrultuda uzanan birçok ters faylanmanın yer aldığını ve bu durumun bu bölgede KB-GD doğrultulu bir sıkışmaya işaret ettiğini ifade etmektedirler.

Özetle, ilk sonuçlar ve tarihsel deprem kayıtları (1719 depremi), KAFZ'nun İzmit-Sapanca fay segmentinde, 17 Ağustos 1999 (M=7.4) benzeri depremlerin 250-300 yıl aralıklarla tekrarlandığını göstermektedir. Ayrıca, 1999 depremi yüzey kırığında ölçülen 4.5 metrelik yanal atım ve GPS ölçüm-



İtoğgawa-Shizuoka hendeği (Merkezi Japonya) Hendekte koluvial kama kullanılarak üç ayrı deprem saptanmıştır. Egemen doğrultu atımın olduğu deprem ve izlerinde önemli miktarda ters bileşenler bulunmaktadır.

lerinden elde edilmiş 16 mm/yıl'lık kayma hızı, bu tekrarlanma aralığını doğrulamaktadır. Bu depremlerin oluşum tarihleri ve hangi sıklıklarla tekrarlandıkları hakkında daha ayrıntılı bilgiler ancak C14 yöntemiyle yapılacak tarihlendirme çalışmalarından sonra elde edilebilecektir.

Değerlenen Belgeler

- Demirtaş, R., Erkmén, C. and Yılmaz, R., 1999a. Preliminary results of the trench studies on the 1999 rupture of the İzmit Bay, İzmit, NW Turkey. Earthquake hazard and risk in the Eastern Mediterranean, Nicosia, Northern Cyprus, 1999 (in press).
- Erendil, M., Kuşçu, İ., and Kato, H., 1988. Tectonics of the Armutlu Peninsula (Turkey); Aspects of the western North Anatolian Fault Zone. Report of Int. Res. and Develop. Coop. ITIT Project no: 8513, 59-65.
- Kato, H., 1988. Some remarks on geologic and tectonic features of the western part of the North Anatolian Fault, NW Turkey. Report of Int. Res. and Develop. Coop. ITIT Project no: 8513, 1-16.
- Micheal, G., Neugebauer, J., and Bingöl, E., 1989. Paleostress changes at the North Anatolian Fault from the Earlier Tertiary to the Subrecent; The Dokurcun region, Turkey. Zschau and Ergünay (eds.), Turkish-German Earthquake Research Project, 18-83.

Ramazan DEMİRTAŞ

Dr., Afet İşleri Genel Müdürlüğü,
Deprem Araştırma Dairesi

Cenk ERKMEN

Jeoloji Mühendisi, Afet İşleri Genel Müdürlüğü,
Deprem Araştırma Dairesi



İsmetpaşa hendeği batı duvar (Kaluvial kamaların yakından görünümü) Deprem izlerinde egemen doğrultu atımın yanında önemli miktarda normal bileşen bulunmaktadır.

"Gidersen yıkılır bu şehir..."

Ne pembe düşler vaatetmişti gece, ne de karabasanlar... Kimbilir belki elleriyle yatırmıştı bizi, bir daha uyanamayacağımız uykulara... Pususundan çıkan yıkım geliyordu sinsice: saklanarak gecenin karanlığına, bir o kadar da gaddarca: sallayarak tabanımızda toprağı, üstümüzdeki kırk yıllık çatımızı... Uyku sersemliğiyle ne olduğunu anlayamadan daha, tonlarca yükün altında bulduk kendimizi, yüreğimizdeki farkına varmazdan evvel... Hep görüp, duymuştuk böylesi afetleri ama hiç konduramamıştık bahçelerinde ortancalar açan, yollarında nazlı genç kızların dolaştığı, sokaklarında cıvil cıvil, hep bayram sevinci gülüslü, güneş yüzlü çocukların oynadığı, ve her bir köşesinde kadim dostlarla yaşanmış en güzel anların olduğu, doğup büyüdüğümüz bu kente... Gel gör ki içindeydik şimdi başkalarının sandığımız kabusların... Ağladık önce kahredip kaderimize... sonra çaresizliğimize... Tükenen son umutla da düştü son kalemiz... Gün doğmadan neler doğmuştu: ölüm, gözyaşı ve tarifi imkansız acılar... Yer gök mühürlenirken kızıl mührüyle grubun, kimbilirdi ki son kez görüyoruz bu batışı...

Nereden bilebilirdik ki, gün gelip mutlu yuvamızın her tarafının bize

düşman olacağını: yanda duvarların, üstte tavanın, odada dolabın... Öfkeyle yere çarpılmış bir nar gibi binlerce taneye bölündük, her bir tanemiz yanarken kıyaslanamaz acılarla... Haramdı soluduğumuz hava, içtiğimiz su, yıkıntının altındakiler tutunmuşken bir cılız solukla, bir sessiz çığlıkla hayata... Şükrederken yaşadığımızı, sanki çekip alıyorduk ellerinden hayatı ve bir avuç toprak daha koyuyorduk üstlerine... Tükenen çarelerin acıydı bizi böyle yiyip bitiren.

Güneş "ben yokken neler olmuş burada?" dercesine dönüyordu başka ülkelerin sabahından. Oysa kaçımız kavilleşmiştik bugün için, kaçımız toplayıp cesaretini, ne zamandır söyleyemediklerimizi söylemeye karar vermiştik bugün; ama olmadı, olamadı. Erken geldi bu yıl sonbahar buralara, ne dalında yaprağı koydu, ne de yazdan bir hoş anı.

Hayat, yorgun bir tren gibi dönüp bakmadan ardına ayrıldı bu harap istasyondan. Ama yine gelecek bambaşka yolcularıyla... Yine sevdaya düşecek, yine ayrılığı yaşayacak birileri bu şehirde. Hani şair diyordu ya "gidersen yıkılır bu şehir", ama bu kez tersi oldu: önce yıkıldı bu şehir ve sonra sen gittin bir daha dönmek üzere...

