

# Mavi Gezegen

Popüler Yerbilimleri Dergisi

Yıl: 1999 Sayı: 1

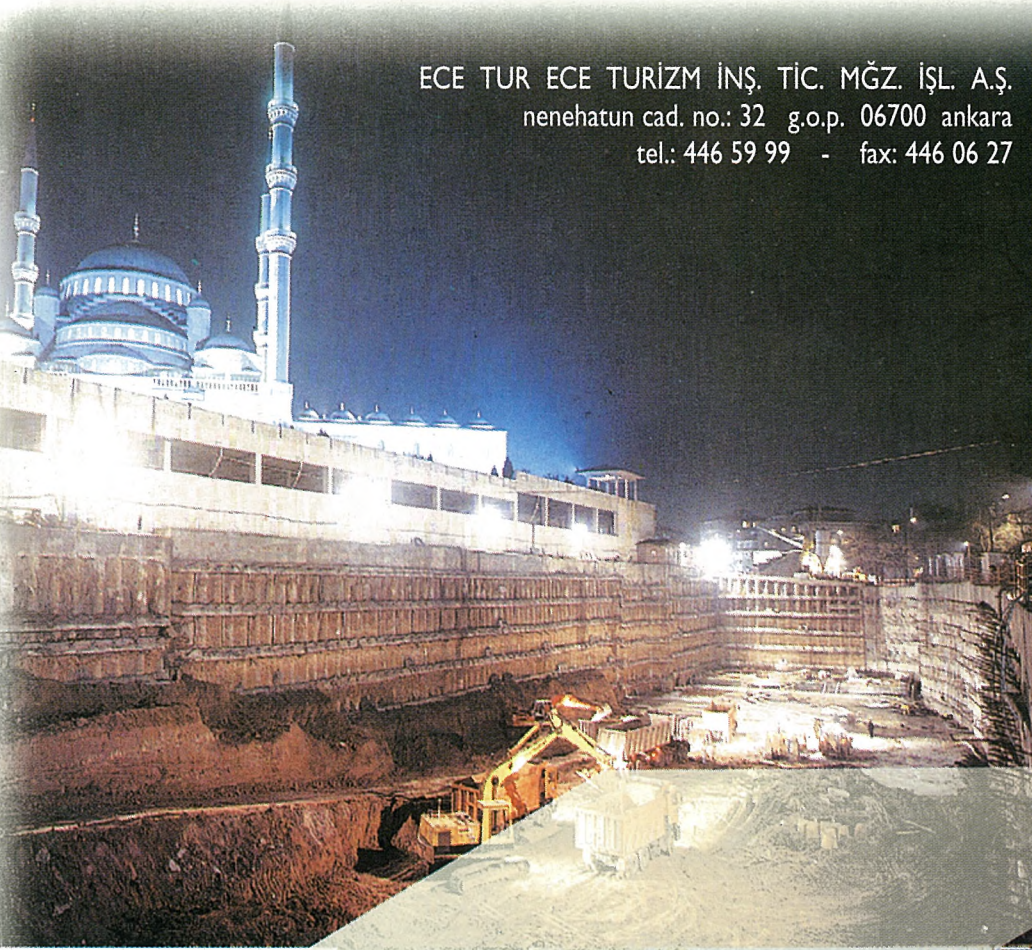
ISSN 1302-4108



TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınıdır



ECE TUR ECE TURİZM İNŞ. TİC. MĞZ. İŞL. A.Ş.  
nenehatun cad. no.: 32 g.o.p. 06700 ankara  
tel.: 446 59 99 - fax: 446 06 27







**Yılı: 1999 Sayı: 1**

**ISSN 1302-4108**

**Sahibi**

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası  
Adına  
Ayhan Kösebalaban

**JMO Yönetim Kurulu**

Ayhan Kösebalaban  
Aydın Çelebi  
Mutlu Gürler  
Ali Kayabaşı  
Faruk Ocakoğlu  
Cumhur Gazioğlu  
Rıza Soypak

**Yayın Yönetmenleri**

Ayhan Sol  
Candan Gökçeoğlu

**Yayın Kurulu**

Adil Binal  
Ahmet Apaydın  
Ayhan Aydın  
Ece Gökpınar  
Engin Öncü Sümer  
Ergün Tuncay  
Harun Sönmez  
Huriye Demircan  
Jülide Yapmış  
Koray Törk  
Murat Dirican  
Serkan Sevim

**Bilim Danışmanları**

Prof. Dr. K. Erçin Kasapoğlu  
Doç. Dr. Gültekin Kavuşan  
Prof. Dr. Hasan Bayhan  
Doç. Dr. Mehmet Ekmeççi  
Doç. Dr. Reşat Ulusay  
Prof. Dr. Vedia Tokar

**Dil Danışmanları**

Ahsen Esatoğlu  
Enver Deveciler  
Yunus Üye  
Dr. Yusuf Ziya Özkan

**Yazışma Adresi**

Mavi Gezegen Dergisi  
P.K. 464 Yenışehir 06444  
Ankara

**Dergi Merkezi**

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası  
Mithat Paşa Cad. 56/8 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

**Tasarım & Mizanpai & Dizgi**

*etki tanıtım*

Tel.: 0 312 433 23 58 - 424 11 05  
Fax: 424 11 06  
Yüksel Cd. 11/8 Kızılay/Ankara  
E-posta: etkiajans@usa.net

**Baskı**

Prizma Ofset Matbaacılık Ltd. Şti.  
Kâzım Karabekir Cad. No: 72/32 Ankara  
0 312 309 69 63 - 64

**Kapak Fotoğrafı**

Ömer Aydan

17 Ağustos sabahı 03:02'de Kocaeli-Sakarya-İstanbul metropol alanını sarsan şiddetli deprem, bilimin önemini bir kez daha gözler önüne sermiştir. Türkiye'nin bir deprem bölgesi olduğu bilimsel olarak ortaya konulmuş olmasına rağmen, depreme bu kadar hazırlıksız yakalanmamız ve çok ağır bir şekilde etkilenmemiz yalnızca kurum ve bireylerin kötü niyetleri, ahlaksal çöküntüleri ve ilgisizlikleriyle açıklanamaz. En az bunlar kadar önemli olan diğer bir konu ise her düzeyde kendini gösteren bilgisizliktir. Hem kurumlar hem de bireylerin kendi çıkarlarından bu kadar habersiz olması sonucunda, bu tür yıkımların yaşanması ülkemizde bilimsel düşüncenin yeşermediğinin çok acı bir göstergesidir.

İşte tam bu noktada, ülkemizin bilimcilerine, özellikle de yerbilimcilerine, reddedemeyecekleri bir görev düşmektedir; doğal olayların anlaşılmasında bilimin gerekliliğini halkımıza anlatmak. Bunun en iyi yollarından biri bilimi popülerleştirmektir. Şu anda okuduğumuz bu dergi, böyle önemli bir görevi üstlenmek için düşünülmüş bir projedir. Bu nedenle Jeoloji Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu'nu bu projenin hayata geçirilmesi için aldığı karardan dolayı kutlamak ve desteklemek gerekir.

Buna ek olarak, Mavi Gezegen Dergisinin iki önemli işlevi daha olacaktır. Birincisi, çoğunluğu genç jeoloji mühendisleri ve jeoloji mühendisliği öğrencilerinden oluşan 12 kişilik Yayın Kurulu kadrosunun bu tür bir derginin hazırlanmasında deneyim kazanacak olmasıdır. İkinci olarak da yerbilimcilerin popüler bilim yazıları yazmaya teşvik edilmesiyle bu konudaki eksikliğimizin giderilmesi sağlanacaktır.

Mavi Gezegen Dergisinin ilk sayısında deprem konulu yazıların yer alması kaçınılmazdı. Bu nedenle depremlerin Levha Tektoniği Kuramı ile ilişkisini irdelleyen bir makale ile İzmit Körfezi depreminin etkilerini inceleyen bir diğer makaleye yer verdik. Okurlarımız, iki felsefecinin yerbilimseverler için hazırladığı felsefe yazılarını da Dergimizde bulacaklardır. Özellikle yerbilimcilerin yararlanacağını sandığımız çevirilerin yanısıra, tüm okurlarımızın severek okuyacağı Erciyes Volkanı, Peribacaları'nın Oluşumu, Kömürün Zararlı Etkileri, Mağaralar ve Memeli Fosilleri gibi yazılar da ilk sayıda yer almıştır. Popüler yerbilimi yazıların gereğine değinen ve Kaya-Zemin Mekaniği'nin en önemli kişilerinden biri olan Karl Terzaghi'nin yaşam üzerine sözlerinin derlendiği yazıların da zevkle okunacağına inanıyoruz.

Mavi Gezegen Dergisinin finansmanının odamıza yük getirmeden reklam, abone gelirleri ve Derginin satılmasıyla sağlanabileceğini düşünmekteyiz. İlk sayının çıkmasıyla birlikte abone ve reklam gelirlerinin daha da artacağını umuyoruz. Bu şekilde ikinci sayıdan itibaren elbirliğiyle 15000 adetlik bir baskı hedefine ulaşmaya çalışacağız. Bunun tüm yerbilimciler ve yerbilimseverlerin gerek yazarak gerekse okuyarak sağlayacakları destekleriyle ulaşılabilir gerçekçi bir hedef olduğuna inanıyoruz.

Bu derginin çıkması için karar veren JMO Yönetim Kurulu'na ve Yayınlarından Sorumlu Üyesi Dr. Faruk Ocakoğlu'na teşekkürü bir borç biliyoruz. Ayrıca Müge Akçoşkun, Servet Açıkgöz ve Süheyla Yerel'e yardımları için teşekkür ediyoruz.

Saygılarımızla

**Yayın Kurulu**

# İÇİNDEKİLER



İnsanlığın yaklaşık son ikibin yıllık tarihi boyunca, ikibin veya daha çok sayıda ölüme yolaçan ve büyüklüğü  $M=6.0$  ile  $M=8.9$  arasında değişen toplam 130 depremde yaklaşık 850000 insan yaşamını yitirmiştir. Bu depremlerin bölgelere ve yıllara göre dağılımı, belirtilmiş olan plaka sınırları ile uyumluluk gösterir.

## Mavi Gezegen'le Sınırlara Yolculuk .4

JMO Yönetim Kurulu

## Tübitak Başkanı'ndan: Mavi Gezegen . . . . .5

Prof. Dr. Namık Kemal Pak

## Popüler Yerbilimi: Gerek ve Amaçları . . . . .6

Prof. Dr. A. M. Celal Şengör

## Deprem ve Plaka Tektoniği . . . . .10

Dursun Bayrak

## 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi . . . . .16

Ramazan Demirtaş

## Orta Anadolu'nun En Büyük Dağı: Erciyes Volkanı . . . . .27

Erdal Şen

## Volkanoloji'de Bulanık Mantık . . . . .31

Çevirenler: Dr. Faruk Ocakoğlu - Pınar Alıcı

## Günlük Hayatta Karşılaştığımız Önemli Endüstriyel Hammaddeler .34

Engin Öncü Sümer

## Jeolojiden Oikosolojiye . . . . .38

Prof. Dr. Ahmet İnam



Çiğ, volkan, heyelan, tsunami, kasırga, hortum ve sel baskını gibi doğal afetlerden biri olan deprem en

yıkıcı olanıdır. Yer kabuğu içinde faylar boyunca biriken enerjinin kayaçların direncini aşmasıyla aniden boşalarak karmaşık elastik dalgalar şeklinde yayılması sonucu yeryüzünün titreşmesine deprem denir.



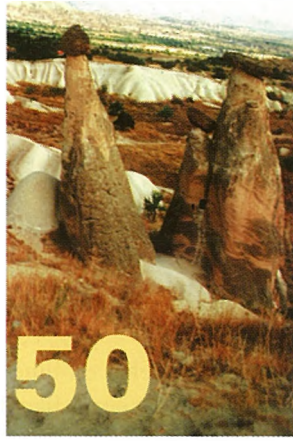
Günlük yaşamımızda kullandığımız birçok eşyada endüstriyel hammaddeleri görmek mümkündür.

Mutfaklarımızdaki cam bardak ve seramik

tabaktan diş macunlarına, mutfak fırınlarından küvet, klozet ve lavabolara; küpe, yüzük gibi takılardan otomobil lastiğine; üzerinde yürüdüğümüz merdiven ve kaldırımlardan yazı yazdığımız tükenmez ve kurşunkalem kadar çok sayıda eşyanın üretiminde endüstriyel hammaddeler kullanılır.



İç Anadolu'nun Nevşehir-Niğde-Kayseri illeri arasında bulunan bölgesi "Kapadokya" olarak bilinmektedir. Bu bölge, peribacaları ile süslenmiş olağanüstü doğal güzellikleri, eski uygarlıklardan kalan çok değerli kültür varlıkları ve yoğun bir turizm potansiyeli ile tüm dünyanın ilgisini çekmektedir.



Olağanüstü renk ve desenleriyle düş gücünün sınırlarını zorlayan mağaralar, doğanın en gizemli harikalarıdır. Uzun ve daracık tünellerde çekilen çile aniden ortaya çıkan göller ve damla taşların muhteşem görüntüleri yanında unutulup gider. Mağara araştırmacılığı, ancak yeni yıldız sistemlerini keşfederken yaşanabilecek, bir tatmin duygusu verir size.

Kuvars, diğer minerallerden farklı olarak, mineralojinin temel taşı ve mineralojik kavramların denektaşıdır. Günümüzde elektronikten kimyaya, cam sanayinden yapı endüstrisine kadar geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Eski çağlardan beri, değişik renklerdeki kuvars türleri, insanların dikkatini çekmiş ve süs eşyası olarak kullanılmaya başlanmıştır.



Memeliler yeryüzünde yaklaşık olarak 220 milyon yıl önce ortaya çıktılar. Yarasalardan balinalara, farelerden insanlara, fillerden kaplanlara, develere, kangurulara, mastodonlara kadar çok çeşitli olan memeliler 220 milyon

yıl öncesinden bugüne kadar evrimlendi veya yok oldu.

<b>Kömürün Göremediğimiz Zehirleri</b> .....	<b>42</b>
Dr. Selami Toprak	
<b>Granitler</b> .....	<b>46</b>
Çevirenler: Dr. Kemal Türel - Ercan Kuşçu	
<b>Kapadokya Jeoloji, Turizm ve Koruma</b> .....	<b>50</b>
Yrd. Doç. Dr. Tamer Topal	
<b>Güneydoğu Anadolu Bölgesi İçin Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Planlaması Yapılırken Jeoloji Gözardı Edilmemelidir</b> .....	<b>54</b>
Prof. Dr. K. Erçin Kasapoğlu	
<b>Terzaghi ve "Hayat Hakkında" Birkaç Sözü</b> .....	<b>56</b>
Murat Dirican	
<b>Mağaralar</b> .....	<b>60</b>
Dr. Lütfü Nazik	
<b>Jeoloji Haritaları Yerbilimcinin Görsel Anlatım Dili</b> .....	<b>68</b>
Doç. Dr. Gürol Seyitoğlu	
<b>Kuvars</b> .....	<b>71</b>
Nurdan Çelebioğlu - Zühre Bektur - Dr. Kemal Türel	
<b>Petrol Madenciliği</b> .....	<b>76</b>
Çeviren: A. Hakan Saka	
<b>"Kaynak"tan "Düşünce Yatağı"na Felsefe Tarihi'nde Dolaşan Düşünce İzleklerindeki Yerbilgisi</b> .....	<b>79</b>
A. Baki Güçlü	
<b>Memeliler ve Karasal Tersiyer Çökeller</b> .....	<b>86</b>
Doç. Dr. Engin Ünay	
<b>Dönüş Gerçek mi?</b> .....	<b>91</b>
Çevirenler: Dr. Selami Toprak - Ayhan Aydın	
<b>İnternette Sörf</b> .....	<b>93</b>
Adil Binal	



# Mavi Gezegen'le Sınırlara Yolculuk

Jeoloji Mühendisleri Odası yönetimine seçtiğimiz günlerde üzerinde düşündüğümüz ve daha sonra gönüllü arkadaşların disiplinli ve özverili çabaları sonucunda ortaya çıkan "Mavi Gezegen"i dönemimiz içerisinde yayınladığımız için sevinçliyiz. Tamamen amatörlerden oluşan bir yayın kurulunun ekip çalışmasının güzel bir örneğini oluşturdukları sürecin tanığı olmak bizler için de oldukça öğreticiydi. Doğrusu mekanımızın bir odasında Mavi Gezegen grubu, bir diğerinde Jeoloji Mühendisliği ve Türkiye Jeoloji Bülteni grupları çalışırken bir başka odada Türkiye Jeoloji Kurultayı hazırlıklarının sürdürüldüğü bir ortamı yaşamak, kurumsallaşmanın ürünlerinin derlendiği bir harmanyeri coşkusu yarattı zaman zaman. Sağolsunlar...

Yaşadığımız son deprem deneyimi bilimin anlaşılabilir bir dille kitlelerce bilinebilir kılınmasının yaşamsal önemini ortaya koymuştur. Bu gereksinime kendi alanımızdan bir yanıt verme fikri bilincimize düştüğünde oldukça tedirgin ve ikircikliydik. Oluşturacağımız yayın sadece yerbilimcilere değil, özellikle de konuya yabancı kesimlere hitap edebilmeliydi. Sıkıcı ve soğuk metinlerle okuyucuyu itmemeli, öz ve biçimiyle de ilgi çekici olmalıydı. Ancak bunu yaparken magazinsel bir sığılma da düşülmemeliydi. Sınırlı maddi olanaklara az sayıda gönüllü katılımcıya sahip bir örgütlenmede bu projeyi gerçekleştirebilmenin önemli zorlukları olduğu açıktı.

Ancak zorunluyduk. Kararımızı vermiştik. Hurafenin, dinsel dogmaların, kaderci umursamazlıkların, cehalet istismarının ve bilimsel sefaletin örgütlü çabalarla yaygınlaştırmaya, toplumsal geleceğimizin karartılmaya çalışıldığı bir ortamda bir ışık da biz yakmalıydık. Toplumun doğayla ilişkisinin akıl ve bilimin yol göstericiliğiyle düzenlenmesi savaşımında yerimizi almalıydık.

Dergide biçim, içerik ve üslup açısından "tutmadığımız", katılmadığımız, doğru bulmadığımız yazılar bulunabilir. Doğru, iyi ve güzelin eleştiri ve özeleştirici yöntemlerinin kullanıldığı demokratik süreçlerle yaratılabileceğini düşünüyoruz. Örnek olsun, bu sayıda yayınlanan bir yazıyla ilgili olarak, yazarının bilgisi dahilinde metni gören yönetim kurulumuz, yazının içeriğine ağırlıklı olarak katılmadığını, tartışılmak istenen sorunun bu dergide gündeme getirilmesini, derginin amaç ve ilkeleri açısından doğru bulmadığını, bu haliyle yayınlanmaması ağırlıklı eğilimini "tavsiye" olarak yayın yönetmenlerine iletmış, ancak bu konudaki kararın kendilerinin yetkisinde olduğu da vurgulanmıştır. "Tavsiye" Yayın Kurulunca paylaşılmamış, Yayın Kurulu metni yayınlamıştır.

Farklı düşünenlerin kendilerini ifade etmesine olanak sağlayacak platformlar yaratacağını savunarak seçilen bir yönetim için bu mekanizmada bir olağandışılık yoktur. Tahakkümcü, monolitik, totaliter bir yönetim anlayışı bizden irak olsun. Kendimize ya da tarihimize ait olguların sorgulanmasından endişe etmiyoruz. Tam tersine bunu demokratinin asgari ölçütü olarak kabul ediyoruz. Yönetim Kurulunun bu konuyla ilgili kaygısı sadece bu eleştiri-özeleştirici sürecinin yeriyle ilgilidir. Yazının olası yanıtlarıyla yüklenecek bir sonraki sayının, hacim, biçim ve içerik açısından, en azından konuyla doğrudan ilgisi olmayan hedef kitle için, çekiciliğinin azalacağı endişesidir. Onca emekle yeşertilen filizin çiçek açmadan kurumaya yönelmesi tehlikesine dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

Ancak bir demokratik kitle örgütünde Yönetim Kurulu herşey demek değildir. İlgili organlar ya da diğer çalışma grupları görece bağımsız veya özerk bir alanda çalışabilmelidir. Yönetim kurulu gruplar ve organlar arası iletişim, yönlendirme, eşgüdüm, ortaklaştırma, paylaşırma çabasında bulunur. Ancak hiyerarşik bir kademe gibi emredici, yasaklayıcı, otoriter bir konumda olmamalıdır. Yönetim Kurulu sadece seçimde kendisini destekleyenlerin değil, gönüllü katılımcıların da en genel eğilimlerinin sözcüsü ve yansıtıcısı olmalıdır. Eleştiri ve özeleştirici yöntemleriyle ortaklaşmaya yönelik çabaların yoğunlaştırıldığı bir iklim örgütsel dinamizmi artırır, katılımını yaygınlaştırır. Bu süreç belki ağır işler, karar mekanizmalarını yavaşlatırsa da, daha sağlıklı ve katılımlı kararlar alınması, uygulanması daha olasıdır. Unutulmamalıdır ki en hızlı karar alınan ve uygulanan devlet biçiminin adı faşizmdir.

Yönetim kurulu olarak, alanında önemli bir boşluğu dolduracağına inandığımız "Mavi Gezegen"in yeşerip gelişmesine katkıda bulunacak tüm yerbilimcilerin, eleştiri, özgün yazı, çeviri ve derlemelerinde bu yaklaşım ve "tavsiye"lerimizi dikkate almalarını dileriz.

Emeği geçen ve geçecek olan kişi ve kuruluşlara teşekkürlerimizi sunuyoruz. Saygılarımızla...



# MAVİ GEZEGEN

Güneş Sistemi'nin uzağındaki düşsel bir uzay gemisinden Sistemdeki gezegenlere bakıyoruz... Gözümüze çarpanlar, turuncu gezegenle kızıl gezegen arasında "Mavi Gezegen"; kızıl gezegenin ötesinde bir gezegenin sayısız taş kümeleri halinde Güneş'in etrafındaki dönüşlerini sürdüren kalıntıları, onların ötesinde sıralanan gazdan oluşan devler ve Güneş Sistemi'nin üvey bir çocuğu olduğu sanılan Plüton...

Güneş Sistemi'ne bu ilk bakışta bile ailenin her üyesinin birbirinden farklı geçmişleri olduğu, onları büyük bir olasılıkla birbirine benzemeyen geleceklerin beklediği görülmektedir. Bu satırların yazarının bir kuramsal fizikçi olması nedeniyle, ilgisini ayrılıklarda değil benzerliklerde, "varoluş"u yöneten temel yasaları aramakta yoğunlaşmaktadır. O'nun için Güneş etrafındaki yörüngelerinde "varolan" gezegenler tüm kütleleri tek bir noktada toplanmış kuramsal nesnelere ve bu noktadan hareketle tüm davranışları basit bir denklemle dile getirilebilir.

Rastlantsal olarak düşsel uzay gemimiz rotasını Güneş Sistemi'nin üçüncü gezegenine çevirsin. Yolumuzun üzerinde dördüncü gezegenin yüzeyinin kocaman bir çölden ibaret olduğunu görüyoruz, bu yüzeyde bir sıvının açtığı pek çok kanal var ama o sıvı artık ortada görünmüyor. Mars'ın kutuplarında yalnızca mevsimsel karbondioksit buzları görülüyor. "Mars'ın bugünkü terkedilmişliği geçmişte yaşadığı ortamsal bir felakete işaret ediyor olabilir" yorumu şimdiye dek yapılan gözlemlerle destekleniyor.

Varsayalım ki, uzay gemimizin üçüncü gezegene yaptığı yolculuk bir nedenle ikinci gezegene de yakın bir geçişi gerektirmiş olsun. Sistemin ikinci gezegeni Venüs, atmosferindeki kalın sülfürik asit tabakasıyla yolcularımıza çıplak gözle kendisini izleme şansını vermiyor. Radar teknolojisi kullanarak gezegenin yasaklarını kırdığımızda hareketli bir jeolojik geçmişin izleri gözler önüne seriliyor. Dev platolar, coronae denilen dairesel garip yapılar, rift yapıları... Gezegen yüzeyinde göktaşı çarpması sonucu oluşmuş krater yoğunluğu o kadar az ki, yüzeyin en çok 500 milyon yaşında olduğu sanılıyor. Mars gibi suyu olmayan Venüs, bu özellik hariç Mars'tan çok değişik bir geçmişe sahip görünüyor. Uzaktan bakıldığında yalnızca iki nokta gibi görünen ve birbirine hiç benzemeyen geçmişlere sahip bu iki gezegen, geçmişlerindeki bir felaket nedeniyle ısıl tarihlerinin dünyamızinkinden çok farklı kılınmasında benzeşiyor.

Yolculuğumuzun ana durağına, diğer gezegenlerden mavi yüzeyiyle ayrılan Dünya'ya gelince, görüntüsü giderek büyüyen gezegen renkleniyor ve yüzeyinin uzaktan görüldüğü gibi tekdüze olmadığı anlaşılıyor. Yüzeyinin üçte ikisi kadar bir alanın masmavi okyanuslarla yani suyla kaplandığı Dünya, üzerinde suyun her üç halini; buharı, suyu ve buzu bulunduruyor ve bu özelliğini hem boyutuna hem de Güneş'ten uzaklığına borçlu bulunuyor. Kuramsal fizikçi, gezegenin boyutlarının aslında bir uçucu olan H<sub>2</sub>O'nun yerçekimi sayesinde tutulduğunu, Güneş'e olan uzaklığın da yüzey sıcaklığının suyun her üç halinin de aynı anda gezegen yüzeyinde bulunabilmesini olanaklı kıldığını kolayca söyleyebilir. Bundan sonrası kuşkusuz yerbilimcinin işidir. Yerkürede suyun tarihi nedir? Hangi süreçler suyun gezegenin diğer kısımlarıyla etkileşmesini sağlar? Bu etkiler gezegenin jeolojik davranışını nasıl yönlendirir veya yönetir? Dünya, komşuları gibi bir felaket sonucu suyunu birgün yitirecek midir? Mavi Gezegen de turuncuya veya kızıla boyanacak mıdır? Bu sorular doğal olarak bir fizikçinin hemen ilginç bulduğu jeolojik problemleri dile getirir. Ama aynı zamanda iklim değişimleri, içecek suyun geleceği, yaşadığımız yere yönelik deprem tehdidi, çarpık şehirleşmenin yarattığı çevre sorunları gibi gündelik yaşamı etkileyen ve ancak yerbilimleriyle yanıtlandırılabilir bir yığın soru da bu gezegenin bir sakini olarak bu satırların yazarını ilgilendirmektedir.

İşte tüm bu sorular "Mavi Gezegen" gibi popüler bir yerbilimi dergisinin ne denli gerekli olduğunu vurgulamaktadır. Tüm jeolog dostlarımla yıllardır bana ülkemizin bir jeoloji cenneti olduğuna dair söyledikleri, ülkemizin en tanınmış bilim insanları arasında jeologların bulunmasıyla desteklenmektedir. 17 Ağustos'ta yaşanan deprem jeolojinin halk yaşamında aslında ne denli önemli olduğunu ve yaygın bilinmesi gerektiğini ne yazık ki büyük boyutlu bir trajedi ile gözler önüne sermiştir.

Tüm düşüncelerle, TÜBİTAK olarak yayınladığımız Bilim ve Teknik adlı popüler genel bilim dergisinin yanısıra Jeoloji Mühendisleri Odası'nın çıkartmaya karar verdiği "Mavi Gezegen" adlı popüler yerbilimi dergisinin yayına başlamasını çok olumlu bir gelişme olarak görüyoruz. Jeoloji Mühendisleri Odası'nın bir meslek odası olarak, temsil ettiği meslek dalının bilimsel temellerini halka anlatma isteğini gerçekten alkışlanmaya değer buluyoruz. "Mavi Gezegen" in halkta yerbilimi bilincini arttırarak her yıl yaşadığımız, ya da yazılı ve görsel basın aracılığıyla tanıklık ettiğimiz çığ, heyelan, sel, deprem gibi doğa olaylarına daha hazırlıklı; tarım yaptığımız toprağına daha duyarlı, içinde yaşadığımız şehirlere daha saygılı nesiller yetiştirilmesinde katkıda bulunacağı inancı ve umuduyla...

*Prof. Dr. Nâmik Kemal Pak*



# POPÜLER YERBİLİMİ

## GEREK ve AMAÇLARI

*Popüler bilim kendisine, tüm insanlığın bilimci yapılması ideal-fakat gerçekçi olmayan- amacıyla, bugün içinde bulunduğumuz, ezici ekseriyetin bilimin ne olduğunu dahi bilmediği tehlikeli vaziyet arasında gerçekçi olabilecek bir amaç seçmelidir. Herşeyden önce, popüler bilimin ilk hedefi halka bilimin temel belirtecini öğreterek neyin bilim neyin bilim dışı olduğunu bilinmesini sağlamak, bilimin insan yaşamı için tüm diğer düşünce sistemlerine nazaran avantajlarını gözler önüne sermektir.*

**P**opüler yerbilimi konusunda bir derginin çıkmaya başlamış olması çok mutluluk verici bir olay. Yıllar önce Türkiye Jeoloji Kurumunun *Yeryuvarı ve İnsan* adı altında çıkarmaya başladığı derginin kısmi görevi yerbilimleriyle ilgili popüler yazılar yayınlamaktı. Bu görevini Kurum, kapatılana kadar belirli bir başarıyla yerine getirdi. Fakat Kurumun kapatılmasıyla hem bilimsel yerbilimleri yayıncılığı hem de onun çevresinde gelişecek ve bilimci olmayan, meslekten olmayan yetişkinlere, her düzeyden öğrenciye, çocuklara, kısacası halkımıza hitap edebilecek yayınları üretebilecek bir yayıncılık ortadan kalktı. Yerbilimcilerimiz bulgularını, fikirlerini birbirlerine anlatabilecek bir ortamdan mahrum kaldıkları gibi, halkımız da yirmibirinci yüzyıla doğru gidilirken önemi eskisine nazaran kat kat artan çevre, enerji, tatlı su kaynakları, global değişimler (iklim ve ona bağlı parametreler) uzayın iskişafı ve hattâ pek yakın bir gelecekteki iskânı gibi kendi yaşamını doğrudan ve çok yakından ilgilendiren konularda bilgisiz kaldı. En üzücüsü, halk ile yerbilimleri konusundaki en ehliyetli Türk bilimcileri arasındaki köprüler yerbilimleri dışındaki kurum ve *Tübitak Bilim ve Teknik* veya *Cumhuriyet Bilim Teknik* gibi yayın organları sayesinde ancak kurulabildi.

Bütün bu talihsiz gelişmelerden Jeoloji Mühendisleri Odasını seksenli yılların ortalarında her nasılsa ellerine geçirmiş, politik ihtirasları yerbilimi bilgilerinin kat kat üstünde, buna mukabil toplumsal sorumluluk duyguları hizip dürtülerinin fersah fersah ardında bir grup mes'uldü. Bu kişiler nedeniyle nihayet bir meslek odası

olan JMO ağır bir töhmet altında bıraktı, saygınlığını yitirdi ve tarihe temsilcisi olduğu mesleğin bilimsel temelini simgeleyen ve büyük ölçüde oluşturan bir kurumun tahrip eden akla ve bilime ihanet etmiş bir yuva olarak geçti. Doğaldır ki bu pek feci mirası JMO'nun içerisinde bulunan akıllı ve bilgili jeologlar sonsuza kadar taşımak istemezler. Bu mirastan kurtulmak ise kolay değildir. Herşeyden önce bu kadar büyük bir ayıbı kabullenmek psikolojik olarak, o ayıbın yaratılmasında hiçbir dahili olmayan kişiler için pek zordur. Geçmiş kişisel olarak suçlamak ne kadar kolaysa, o suçlamayı kuruma ve dolayısıyla o kurumun içinde bugün faaliyet gösteren dürüst ve bilgili insanlara bulaştırmamak o denli müşküldür. Kolay yol geçmiş görmezden gelmektir. Fakat bu, geçmişin yıktıklarını artık tekrar yapmak zamanı geldiğine inananlarca tabii ki kabul edilemez. Geçmiş tamamiyle görmezden gelmek veya geçmiş herşeyiyle kabullenip tüm mirası sırtlamak çok zor, hatta imkansız görüldüğüne göre ne yapılmalıdır?

JMO her düzeyde *meslek* sorunlarıyla uğraşmak olan gerçek görevlerine rücu edip, onurlu ve saygın bir meslek odası olarak, mesleğin temelini temsil edecek bir bilimsel alt yapının artık tekrar kurulması gerektiğini Türkiye yerbilimleri camiâsına duyurmaya başlayabilir. Kanımca bugün ilk sayısını elinizde tuttuğunuz Mavi Gezegen bu mutlu başlangıcın ilk müjdesidir. Bu dergiyle, JMO yalnız ülkemizde değil, bütün dünyada artan yerbilimi sorunlarına rağmen yerbilimlerine olan ilginin azalması karşısında duyduğu kaygıyı dile getirmektedir, yerbilimleriyle olan ilgisi yalnızca

merakından ibaret olan yurttaş, yerbilimlerine yönelme potansiyeli olan veya olmayan öğrenciye ve geleceğin yerbilimcilerini ve yerbilimlerinden faydalanacak halk kütlesini oluşturmaya çocuğa seslenmektedir. Bu pek doğaldır ki bir meslek odasının en temel görevleri arasındadır. JMO yalnız mevcut jeologların sorunlarıyla ilgilenmez, gelecekteki jeolog camiasının da olabileceği kadar iyi bir kütle içinden seçilebilmesi için çaba harcar. Bu nedenle JMO mesleği, o mesleğin temelini oluşturan bilimi, o bilimin temel sorunlarını ve bilimin topluma neler verdiğini ve verebileceğini teknik dile boğmadan halka anlatmak zordur. Bir popüler yerbilimi dergisinin temel amaçları da bunlardır.

Benim yazımın amacı da bir önsöz şeklinde popüler yerbilimin ve genelde popüler bilimin özelliklerini anlatmaktır. Bu amaçla önce kısaca "popüler bilim" terimini oluşturan iki sözcüğün anlamlarını hatırlatmak istiyorum: "Popüler", insanlar, halk, büyük insan topluluğu anlamına gelen Latince *populus* kelimesinden türetilmiş olan *popularis*'den gelir ki bu da insanlara, halka ait demektir. Buradan popüler bilimin topluma dönük, yalnızca bilimi yapanlara, onunla doğrudan ilgilenenlere, yani bilimcilere değil, olabildiğince geniş bir halk kütlesine hitap eden bilim olduğunu görürüz. *Popüler bilim, bilimin, bilimle doğrudan ilgili olmayan, belki yetişme yolları bilimi veya yalnızca belirli bir bilim dalını profesyonel düzeyde anlamalarına imkân vermeyen kişilere de ulaştırılması amaç edinmiş bir uğraştır.*

Peki, bilim nedir? Bilimin ne olduğunu bilmek, onu tanımlamak önemli midir? Bilim, giderek yaşamı-



mıza daha çok yön veren, onu giderek daha çok idare eden bir düşünce sistemi olduğu için, neyin bu sistemin içinde, neyin onun dışında olduğunu bilmemizin toplumumuzun bekası açısından hayati bir önemi vardır.

Topluma hastanelerden, doktor muayenahanelerinden, mühendislik bürolarından hatta bazen okullardan, üniversitelerden bilim diye satılan şartlanlıklar hemen her gün gazetelerimizin sayfelerini, televizyonlarımızın programlarını işgal etmektedir. Çevreyi bir daha temizlenemeyecek şekilde kirleten bilim yoksunları ile güya onu korumak bahanesiyle şiddet üreten "yeşil" cahiller bilime sığındıklarını iddia etmektedirler. Sağlımızdan güvenliğimize, eğitimimizden eğlencemize kadar her türlü ihtiyacımızı kendilerine emanet ettiğimiz politikacılarımızın her iki lafın başı içeriğini anlamadan ve öğrenmek için de en ufak bir çaba dahi sarfetmeden dile getirdikleri "bilim" lafı hemen her gün oturma odalarımıza kadar gelmektedir. Yukarıdaki paragraflarda, bilim adının altına gizlenerek hatta bilimsel bir mesleği temsil eden bir meslek odasının içine sızıp, onun idaresini eline geçiren ve onu suistimal ederek bilim düşmanlığı yapanlardan da pek çarpıcı bir örnek verdim. Tüm bunlardan korunabilmenin ilk şartı bilimin ne olduğunu ve ne olmadığını bilmektir.

*En kısa ve açık tanımıyla bilim, ifadeleri gözlemlenilebilir olan düşünce sistemlerinin tümüne topluca verilen addır.* Evreni gözleyip bunu aklın eleştirel süzgecinden geçirmek, gözlemin yardımıyla aklın ürettiği yanlışları ve bu arada gözlem yanlışlarını da olabildiğince elemek ve bu sayede hem evren hakkındaki bilgilerimizi hem de aklımızı geliştirmek dışında bilimin kendine has hiçbir özel yöntemi yoktur. Bilimin en önemli özelliği hem bilgi içeriği, hem de yöntemleriyle beraber sürekli bir yenilenme, sürekli bir gelişme içinde olmasıdır. İnsanlık tarihi boyunca sürekli gelişen tek insan uğraşı bilim olduğu gibi, gerçekten tam bir uluslararası karakteri haiz tek uğraş da bilimdir. (Bazıları sanata da bilim kadar uluslararası olduğunu söyler. Ancak sanat bilimden çok daha fazla kültür bağımlıdır). İfadeleri gözlemlenilebilir olan düşünce sistemleri yaşamımızın hemen her yanına ve her safhasına uygulanabileceği ve uygar ülkelerde uygulandığı için de bilim yaşamla iç içe geçmiş demektir. Bu durumda, doğrudan popüler bilimin konusu olan

şu soru önem kazanmaktadır: Bilim olduğu gibi halk topluluğuna öğretilebilir mi?

Her ne kadar ideal, bilimi halka olduğu gibi öğretmekse de bu, aşağıdaki nedenlerden ötürü ne yazık ki imkansızdır:

1- Bilim hemen her dalında belirli bir eğitim sonucu kazanılmış beceriler gerektirir. (Ör. Matematik, mineralerin tanınması vb.)

2- Bilim giderek artan bir hızla ilerlediğinden her an kendisiyle temasta olunmasını gerektirir. Bu ise artık ancak ulusal ve uluslararası bilimsel kurumlar aracılığıyla yapılabilir olmuştur.

3- Toplum, bekası ve rahatı gereği yapmış olduğu dahili iş bölümü nedeniyle insanlığın çok büyük bir kesimini bilimi bilimci düzeyinde öğrenip uygulamaktan alıkoymaktadır.

4- Bilim giderek daha gelişmiş beyinlere ihtiyaç göstermekte, bu da bilimi hem kalıtsal, hem de kültürel olarak en iyi teçhiz edilmiş beyinlerin bir yarış haline getirmektedir. David Faust'un gösterdiği gibi, bilimin kavram hazinesi pek çok bilimcinin dahi algılama kapasitesinin üzerine çıkmış durumdadır. (Bir diğer deyişle, kültürel evrim, biyolojik evriminin burada da önüne geçmiştir).

Bu dört noktanın ortak sonucu, bilimin topluma eşit bir şekilde öğretilmesinin mümkün olmadığıdır. Dolayısıyla, popüler bilim kendisine, tüm insanlığın bilimci yapılması ideal - fakat gerçekçi olmayan- amacıyla, bugün içinde bulunduğumuz, ezici ekseriyetin bilimin ne olduğunu dahi bilmediği tehlikeli vaziyet arasında gerçekçi olabilecek bir amaç seçmelidir. *Herşeyden önce, popüler bilimin ilk hedefi halka bilimin temel belirtecini öğretmek neyin bilim neyin bilim dışı olduğunu bilinmesini sağlamak, bilimin insan yaşamı için tüm diğer düşünce sistemlerine nazaran avantajlarını gözler önüne sermektir.*

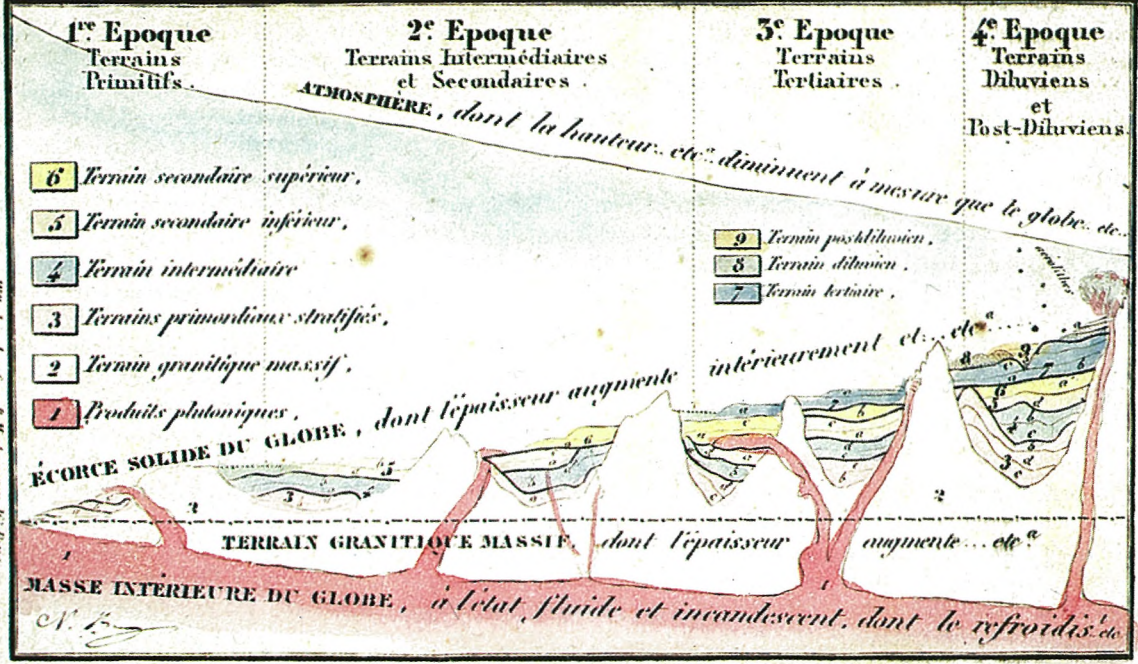
Popüler bilim bunu iki vasıta grubu ile yapabilir. Bunlardan biri benim burada "*kurgusal olmayan popüler bilim*" adını vermek istediğim, bilimi halka doğrudan anlatmayı amaç edinmiş elinizdeki gibi dergiler, bilimi basitleştirerek anlatan, son yıllarda TÜBİTAK'ın (maalesef kötü tercümeyle olsa bile) yayınladıkları türden kitaplar, belgesel filmler ve televizyon programları ve bir zamanlar Orhan Bursalı'nın TRT - 2'de sunmakta olduğu "*Bilim Gündemi*" gibi belgesel/talk show karmaşığı prog-

ramlar. Diğeri de bilim-kurgu tipi eserlerle edebiyat ve sinemadan yararlanarak halkı eğlendirirken dolaylı olarak bilgilendiren "*kurgusal popüler bilim*". Her iki tür popüler bilimde de bilimin temel belirtecine, yani bilimin bilimselliğine saygı en önemli şarttır. Bu nedenle örneğin Jules Verne'in bilim kurgu eserleri ile önce televizyon dizisi olan, sonra da sinemaya ve kitaplara sıçrayan *Uzay Yolu (Star Trek)* türlerinin şaheserleri arasında yer alırken (Jules Verne'in 1866'da yayınlanan *Arzın Merkezine Seyahat* zamanının jeoloji bilgi düzeyinin gerisinde olmasına rağmen!), Michael Crichton'un *Jurassic Park* ve *The Lost World* gibi biz yer bilimcileri doğrudan ilgilendiren eserleri, kanaatimce, bilim kurgu addedilemezler. Popüler bilim bu her iki vasıta grubunu kullanarak elinden geldiğince toplumu bilim konusunda bilgilendirmeye gayret eder. Hatta, bazen toplumdaki özellikle genç bireylerin bilimci saflarına katılmasını sağlar. Örneğin, böyle bir duruma ben kendi mesleğimdeki şahit oldum: Birkaç yıl önce, İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Bölümüne yabancı liselerden gelen bazı öğrencilere, bu bölümü niçin seçtiklerini sorunca, bölüm elemanlarının *Cumhuriyet Bilim Teknik*'de yaptıkları yayınların kendilerinin ilgisini çektiği gibi çok sevindirici bir cevapla karşılıştık. Umudumuz, elinizdeki yeni derginin de bu tür "tavlama" işlerinde başarılı olması, yer bilimlerine yeni değerler kazandırmasıdır.

Demokratik bir toplumda, bilimin nitelik ve faydalarını öğrenmemiş, çoğunluğun görüşünü gerçek sanan bir çoğunluk toplumu felakete sürükleyebilir. Hele 20. yüzyılın ikinci yarısında post-modernizm dalgaları arasında "gerçekçi kişiye göre değişebileceği" safatasını "rölativizm" gibi şık bir ad altında topluma sunan örneğin Paul Feyerabend gibi entellektüellerin, bilimin gerçeği arayışında keyfi tercihlerin akılcı seçimlerin önünde olduğunu savunan mesela Thomas Kuhn gibi bilim tarihçilerinin veya bir metinle yazarını ayıran ve bu şekilde iletişimin güya olanaksız olduğunu savunan bir Jacques Derrida gibi edebiyatçıların bulunduğu bir toplumda aynı zamanda orta çağdan, hatta ilk çağdan kalma irrasyonel, mitolojik fikirler sosyal yaşamı tehdit eder hale gelmişlerse, toplumun yaşamını sürdürebilmesinin en önemli şartlarından biri, bireylerine içinde yaşadığı evrenin, *yani bilimin* gerçekleriyle saf-



## Réduction abrégée du Tableau de l'État du Globe à ses différents âges.



Nérée Boubée'nin *Géologie Élémentaire Appliquée à l'Agriculture et à l'Industrie avec un dictionnaire des Termes Géologiques, ou Manuel de Géologie*

satının farkını en kesin çizgilerle öğretebilmesidir. *İşte popüler bilimin en önemli görevi budur.* Bu bağlamda, popüler bilimin başarısı toplumun bekası üzerinde birinci derecede rol oynayacaktır. Bu nedenle tüm bilimciler mutlaka popüler bilimde kalem oynatarak kendi varlıklarının neden ve sonuçlarını kendilerini besleyen topluma anlatmak mecburiyetindedirler. Bu, bilimciler kümesinin yaşamı için önemli olduğu gibi, toplumun bekası için de hayatidir. Popüler bilim yapmak, yalnız bilimcinin mesleki bir yükümlülüğü değil, aynı zamanda en önde gelen vatandaşlık görevlerinden biridir.

Popüler bir jeoloji dergisinin başarısının en önemli şartlarından biri de jeolojiiyi aynen geçen yüzyılda kullanıldığı anlamıyla anlaması, yani jeoloji sözcüğünün altında tüm yerbilimlerini birleştirmesidir. Dar ve bilim dışı bir meslek şovenizminin hem jeolojiye hem de tüm yerbilimlerine verdiği korkunç zararın yetmişli ve seksenli yıllarda yaşadık. Bunun tam tersi bir davranışı merhum İhsan Ketin'in coğrafyacı Sırrı Erinç ve jeofizikçi Kâzım Ergin'le bir ömür boyu yakın

arkadaşlık ilişkileri içinde yürüttüğü verimli bilimsel ortaklıkta görüyoruz. Bilmem meslek şovenizmini körükleyenlerle bilimin en geniş sınırları içinde serbestçe dolaşabilenler arasındaki derin uçurumu daha çarpıcı bir örnek betimleyebilir miydik? Mavi Gezegen okuyucusuna, bu yüzyılda büyük bir talihsizlik sonucu ve görüşü dar jeologlarca yaygınlaştırılmış olan dar anlamdaki "jeoloji" konularının yanında, fiziki coğrafya, klimatoloji, jeomorfoloji, jeokimya, jeofizik, hatta prehistorya ve bazen astronomi (meteorlar, kometler, bunların yörüngeleri, dünyamızın yörüngesi ve bunun geçirdiği değişiklikler vs.) konularında ve bazen tüm bu konuları birden kapsayan sentez nitelikli yazılar da sunulmalıdır. Bilimin kuru bir gözlem raporu değil, bir düşünce sistemi olduğu yayıncılarınca takdir edilmeli ve sık sık bilim felsefesi, bilim tarihi gibi konular da dergimizin sayfelerinde boy göstermelidir. İlk yayın yönetmenlerinden birinin jeolog bir felsefeci (veya felsefi bir jeolog!) olması bu açıdan herhalde çok sevilecek bir durumdur. Dergimizi okuyan orta öğretim öğrencileri yerbilim-

lerini ilk elden tanıyarak heveslenecekler ve daha şimdiden yukarıda bahsettiğim pek hoş örneklerini gördüğümüz gibi üniversite imhitanlarına, iş ve para peşinde koşan heyecansız zavallılara olarak değil, yaşamlarının, karın doyurmanın yanında bir de insan onuruna yakışan yüce bir amacı olan, saygı değer kişiler olarak gireceklerdir. Gençlerin amaç, yaşama anlam arayışları akli başında bir şekilde yönlendirilemezse, karşımıza ülkemizde her geçen gün daha sık gördüğümüz akıl dışı safsata resmi geçitleri çıkar! Bunların da kuşkusuz önüne geçecek olan popüler bilim hem toplumun hem de kendi düzeyini yükseltmiş olacak, bilimin en önemli belirteci olan sürekli gelişmeyi kendi bünyesinde de hissedecektir. Yerbilimlerinde bu görevi bugün yayın hayatına atılan Mavi Gezegen üstlenmektedir.

Mavi Gezegen tercüme yayınlamaktan asla çekinmemelidir. Türkiye'deki yerbilimleri üretiminin muntazam çıkan bir popüler dergiyi, bu dergi yılda alışı gelmiş boyutlarda tek bir sayı olarak çıksa bile doyurucu bir şekilde besleyebileceğini sanmıyorum. Kaldı ki, ilginçlik açısından da



کره ارضک ادوار اربعه مهوره سنک مختصر صورتیدر



1852 yılında Meclis-i Maarif üyesi Rusçuk'lu Mehmet Ali Fethi Efendi tarafından Arapça'dan (Al-Aqwāl al-Murdiya fi Ilm Bunyat al-Kura al-Ardiyya. Kahire H1257 / M1841-42) Türkçe'ye çevrilmiş olan *Ilm i Tabakatü-l Arz* başlıklı eserin içindeki tek şekil. Bu eserin orijinali 1832 yılında paris'te Nérée Boubée tarafından yayınlanmış olan *Géologie Élémentaire Appliquée à l'Agriculture et à l'Industrie avec un Dictionnaire des Termes Géologiques, ou Manuel de Géologie* dir. Bu kitap Türkçe'de yayınlanmış ilk jeoloji kitabıdır. (Bir önceki sayfadaki resim.) Şekilde Élie de Beaumont'un 1829-1830 yıllarında Annales des Sciences dergisinde yayımladığı meşhur eserindeki dağ oluşum fazlalarının özel şemasının doğrudan etkisi görülmektedir.

Türkiye'de üretilen yerbiliminin uyar dünyada üretilen yerbilimi ile rekabet edebileceği kanaatinde değilim. Bu nedenle, her yıl uyar dünyada yapılan önemli buluşları, sentezleri, dile gelen çarpıcı görüşleri basitleştirerek çevirmek veya bunlar hakkında *Scientific American, Earth, Geology Today, La Recherche* vb. dergilerde yayınlanan popüler makaleleri yasal yoldan çevirerek yayınlamak çok yerinde bir hareket olacaktır.

En son olarak da dergimizde hakem konusuna değinmek istiyorum. Mavi Gezegen her ne kadar popüler bilim dergisi olsa da, her yazı mutlaka en az iki hakemden geçmelidir. Burada sayın hocam, ülkemizin en önde gelen bilim adamlarından biri olan Prof. Dr. M. Cengiz Dökmeci'nin bir sözünü tekrar etmek istiyorum: "Ben, hiçbir konuya Türkçe yayım yapacak kadar hakim değilim". Cengiz Bey'in burada dile getirdiği, Türkiye'de hakem sisteminin işlemediği, dolayısıyla yazar ciddi bir yanlış yaptığı takdirde onu uyaracak bir kimsenin bulunmamasıdır. *Türkiye Jeoloji Kurumu*

*Bülteni*'ne bir yazı gönderen "meşhur" (ancak "şöhreti" yalnız Türkiye ile sınırlı) bir jeoloji profesörünün, hakemlerin bazı soruları ve teklifleri karşısında "onlar kim oluyormuş da benim yazımı düzeltiyorlarmış!" gibi ilkel ve akılsızca bir tavır takındığını hatırlıyorum. Pek çok işte oluğu gibi, bilimsel yazı yazma konusunda da bir eğitimin gerekli olduğunun pek azımız farkındayız. Bu nedenle ciddi dergilerden makalesi reddedilen bazı Türk bilimcileri, "zaten bizim yazılarımızı basmazlar", "canım dışarıda da bu işler dost ahbap işidir", "bastır parayı bak nasıl basıyorlar" gibi gülünç, gülünç olduğu kadar da bunları söyleyenin dünyadan ne derece kopuk, ne derece zavallı bir birey olduğunu ve dolayısıyla Türk Bilim camiasının kalitesine ne feci etkiler yaptığını gösteren zıvalıkları ifade edebilmektedir. Ümid ederim ki, bu tür akılsızlıklar ve görgüsüzlükler dönemi ülkemizde artık kapanmış olsun, dergimiz bilgili ve sorumlu hakem ve yazar ve çevirmen bulmakta ve kullanmakta

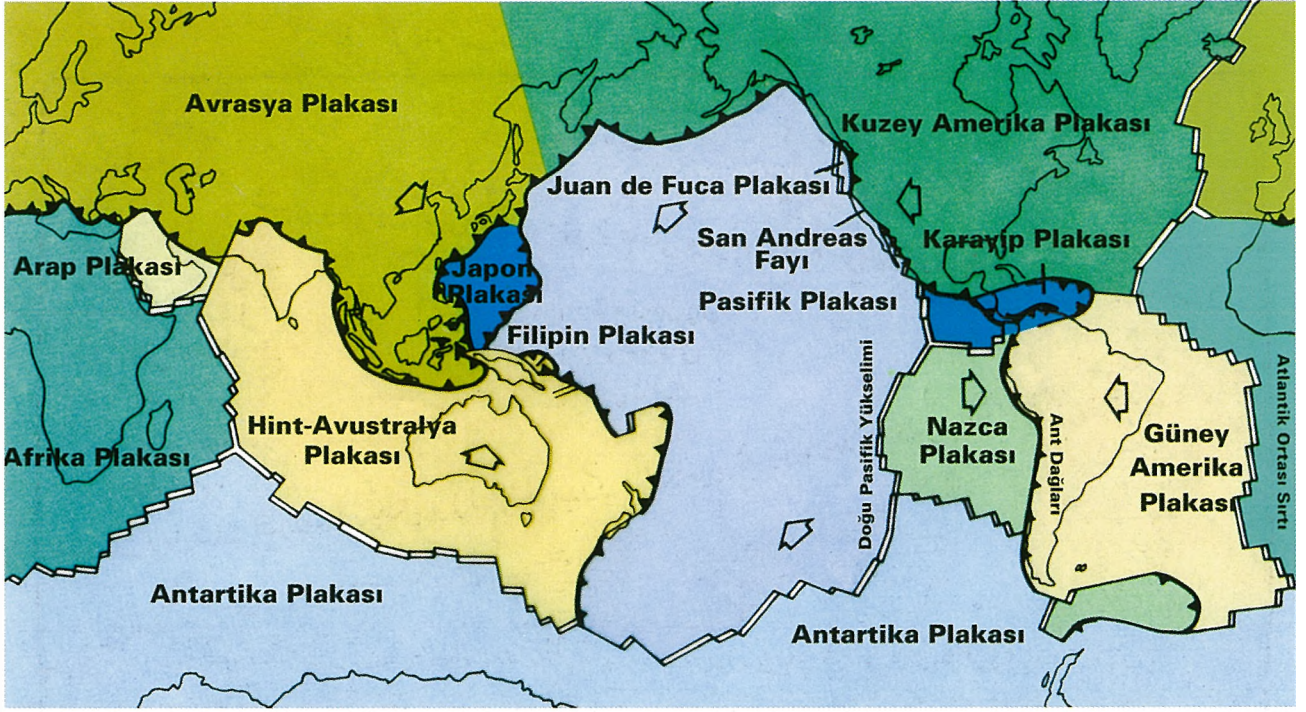
zorlanmasın. Zira hakem, Cengiz Bey'in vurguladığı gibi, önce yazarın, sonra da okuyucunun koruyucudur.

Bu kısa önsöz yazısına önce bu yazıyı yazmam için vuku bulan davetin beni son derece mutlu etmiş olduğunu ve bundan büyük şeref duyduğumu belirterek ve bu dergiyi çıkarma kararı alan Jeoloji Mühendisleri Odasının idarecileriyle, Mavi Gezegen Dergisinin son derece güç olan yönetimini cidden kahramanca bir tutumla üstlenen meslektaşlarımı tebrik ederek son vermek istiyorum. İlk sayısından bir adet satın alıp 10 yaşındaki oğluma okumasını tavsiye ederek hediye edeceğim. Onun göstereceği reaksiyonu da yayın yönetmenlerine bildireceğim.

A. M. Celal Şengör

Prof. Dr., İTÜ Maden Fakültesi Jeoloji Bölümü  
Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü  
Katu Yer Anabilim Dalı





# DEPREM VE PLAKA TEKTONİĞİ

*İnsanlığın yaklaşık son ikibin yıllık tarihi boyunca, ikibin veya daha çok sayıda ölüme yolaçan ve büyüklüğü  $M=6.0$  ile  $M=8.9$  arasında değişen toplam 130 depremde yaklaşık 850000 insan yaşamını yitirmiştir. Bu depremlerin bölgelere ve yıllara göre dağılımı, belirtilmiş olan plaka sınırları ile uyumluluk gösterir.*

Yeryuvarının taşküre adı verilen ve yerkabuğu ile üst mantonun katı ve kırılğan en üst kesimlerinden oluşan en dış tabakası bir mozayik oluşturacak şekilde plakalara bölünmüştür. Bu plakalar üst mantonun yumuşakküre (astenosfer: astenos Yunanca'da yumuşak anlamına gelmektedir) katmanı üzerinde birbirlerine göre hareket ederler. Her ne kadar yumuşakküre de katı olarak kabul edilmekteyse de uzun süreli basınçlar altında akabilir, sünebilir. Bu özellik yumuşakkürenin ergime sıcaklığında olmasına rağmen yüksek basınç altında katı özelliği de göstermesindedir. Ancak basınç düşmeleri olduğu zaman yumuşakküre içinde kısmi ergimeler olur ve bunlar magmanın da esas kaynağıdır. Yumşakküre içinde ısı ve

madde akımları şeklinde binlerce kilometre ile ifade edilebilecek boyutlarda sorguçlar da oluşmaktadır. Taşküre plakaları yumuşak kürenin bu özellikleri sayesinde bu katman üzerinde kayarak hareket edebilir.

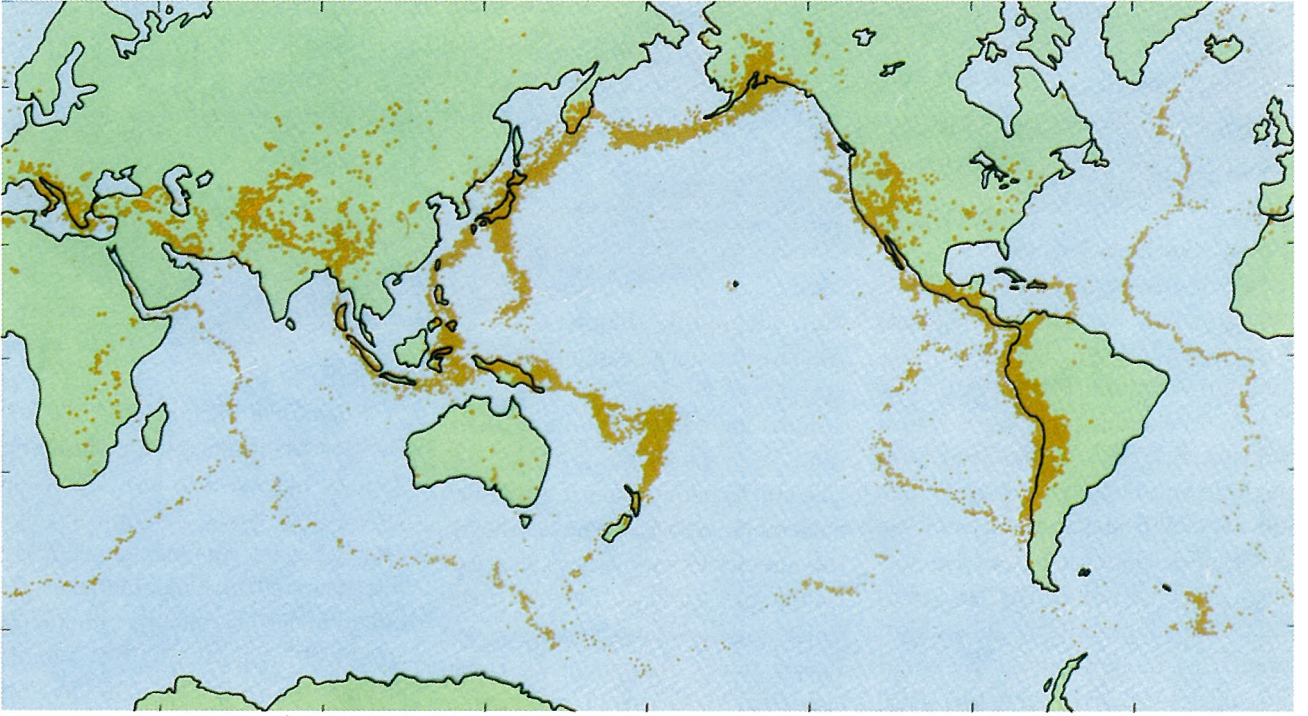
Bunların bazıları Avrasya, Anadolu, Arabistan, Afrika, Hint-Avustralya, Filipinler, Japonya, Pasifik, Juan de Fuca, Kuzey Amerika, Karaipler, Nazca, Güney Amerika ve Antartika plakalarıdır. Kıta sınırları plaka sınırı ile birebir örtüşmez. Bir plakanın kapsadığı alan kara ve denizi kapsayabildiği gibi (örneğin Afrika Plakası), sadece kara alanını (Arabistan Plakası) ya da sadece deniz alanını (Nazca Plakası) kapsıyor da olabilir. Manto üzerinde bu plakalar birbirlerine göre sürekli yer

değiştirirler ve onbinlerce-milyonlarca yıl içinde, yeryüzü coğrafyasının değişmesine yolaçarlar.

Plakaların birbirlerine göre sürekli yerdeğiştirmesi ile oluşan gerilmeler yerkabuğunun bazı kesimlerinde enerji yoğunlaşmasına neden olur. Bu yoğunlaşmış enerjinin boşalımı ise depremleri oluşturur. Yılda birkaç mm-birkaç cm'lik düşey ya da yanal yerdeğiştirmenin ürettiği gerilim ve enerji onlarcayüzlerce yıllık bir süre içinde yoğunlaşarak yüzeyde birkaç metreye ulaşabilen kayma ve çökmeler yaratabilir. Kırılmanın yarattığı enerji dalgaları saniyede birkaç km'lik bir hızla yerkabuğunda yayılır ve yüzeye ulaşır.

Bu süreçlerin yoğun olarak geliştiği alanlar depremsellik açısından





aktif bölgeler olarak tanımlanır. Bu bölgeler kimi plaka sınırları boyunca uzanan diri (aktif) fay kuşaklarında yoğunlaşır. Yeryuvarının derinliklerindeki kayaç kütlelerinin dengede olduğu alanlar ise asismik (depremselliği düşük) olarak adlanır. Bu bölgeler çoğunlukla plakaların, sınırlardan uzak, iç bölümlerindedir. Plakaların yıllık yer değiştirme hızları birkaç mm ile birkaç yüz mm arasında olduğundan, enerji yoğunlaşması ve boşalımı onlarca-yüzlerce yıllık bir süre içinde gerçekleşebilir. Enerjinin boşalımı iki türde gelişebilir:

*Nabız atışı türünde;* Göreceli olarak kısa bir dönemde birikmiş olan enerji dışa boşaltılır, ancak kütleler denge konumuna ulaşmadığı için, yeniden denge yönünde hareketlenme, gerilim ve enerji depolanması sözkonusu olur ve yakın bir gelecekte aynı bölgede yeniden boşaltılır. Büyük, yıkıcı bir depremde enerjinin tümü ile, bir anda boşaltılamayışı sonucu ana depremden sonra gelişen artçı depremlerdeki enerji boşalmaları da bu türdendir. Bu, göreceli düşük enerji yoğunlaşmasının boşaltıldığı depremler (çok) sık oluşur ve genellikle de küçük depremlerdir. Yıkıcı ana depremden

sonra gelişen artçı depremler, ana depremde hasar görmüş yapıların ve tesislerin çökmesine neden olur.

*Ansızın;* Bir bölgede onlarca-yüzlerce yıllık bir dönem boyunca birikmiş gerilimden kaynaklanan aşırı enerjinin ansızın boşalımı sonucu gelişir. Yıkıcı etkileri ilk gruba göre oldukça yüksektir ve yıkıcı depremleri oluşturur.

Bu iki tür enerji boşalımında da yeryüzünde faylanmalar, çatlaklar, yarılmalar, kütle kaymaları, bir yörenin yükselmesi ya da çökmesi, kaya düşmeleri, dev dalgalar, denizin geçici olarak çekilmesi ya da ilerlemesi, yüzeyde ve yapılarda kaymalar-ötelenmeler ve bükülmeler, kumlu ve suya doymuş alanlarda sıvılaşmalar ve insan-ürünü yapıların çökmesi türünde olaylar gelişebilir.

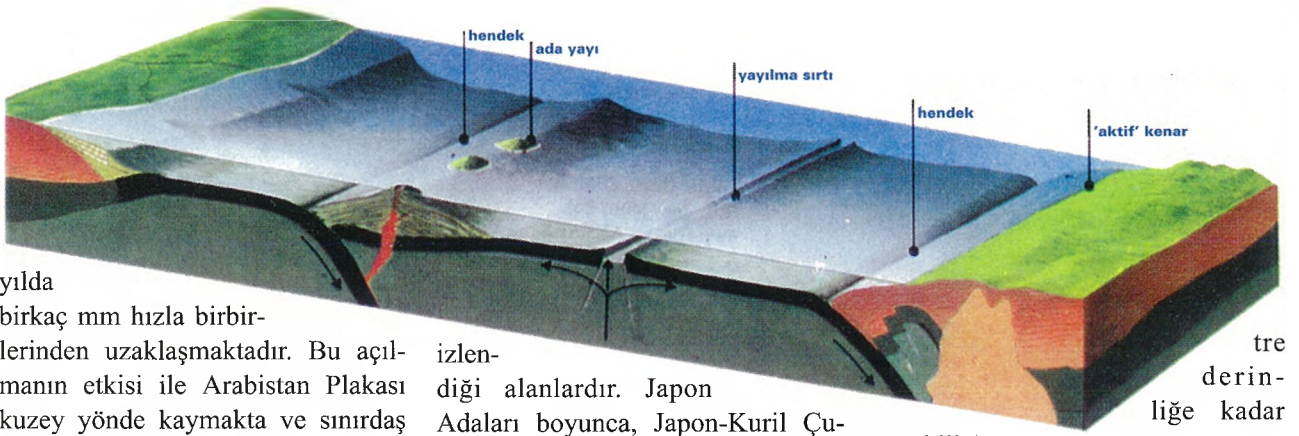
Depremler yeryüzünün tüm bölgelerinde eş büyüklüklerde, şiddette, sıklıkta oluşmazlar. Bu nedenle, depremlerin yoğunlaştığı alanları ve bu yoğunlaşmaya neden olan süreçleri açıklayabilmek için, yerkabuğunu oluşturan plakaların birbirlerine göre davranışlarını gözden geçirmek yararlı olacaktır.

## Yerkabuğunda plakaların (birbirlerine göre) yer değiştirmesi

Plakalar arasında (birbirlerine göre) üç tür yer değiştirme sözkonusudur. Bu yer değiştirmeler sırasında, herbir plakanın kendi içinde de kırılmalar ve kıvrılmalar gelişir ve bunun sonucunda büyük plakalar plakacıklara bölünebilir.

*Plakaların Uzaklaşması:* Derinlerdeki manto malzemesinin yüzeye çıktığı Okyanus-ortası Sırtlar boyunca gelişir. İyi bilinen örnekleri Atlantik-ortası Sırtı ve Doğu Afrika-Ölü Deniz (İsrail) Yarılımı (Rifti)'dir. Atlantik-ortası Sırt tüm Atlantik Okyanusu boyunca kuzey-güney yönünde uzanır ve doğusundaki Afrika ve Avrasya plakaları ile batısındaki Kuzey Amerika ve Güney Amerika plakalarının birbirlerinden uzaklaşmasına ve günümüzdeki konumlarına gelmelerine neden olmuştur. Bu sırt boyunca uzaklaşma günümüzde de devam eden bir süreçtir. Bu süreçte yüzeye çıkan magma volkanik adaları da oluşturabilir. Doğu Afrika-Ölü Deniz Yarılımı'nda ise batıdaki Afrika ve doğudaki Arabistan plakaları





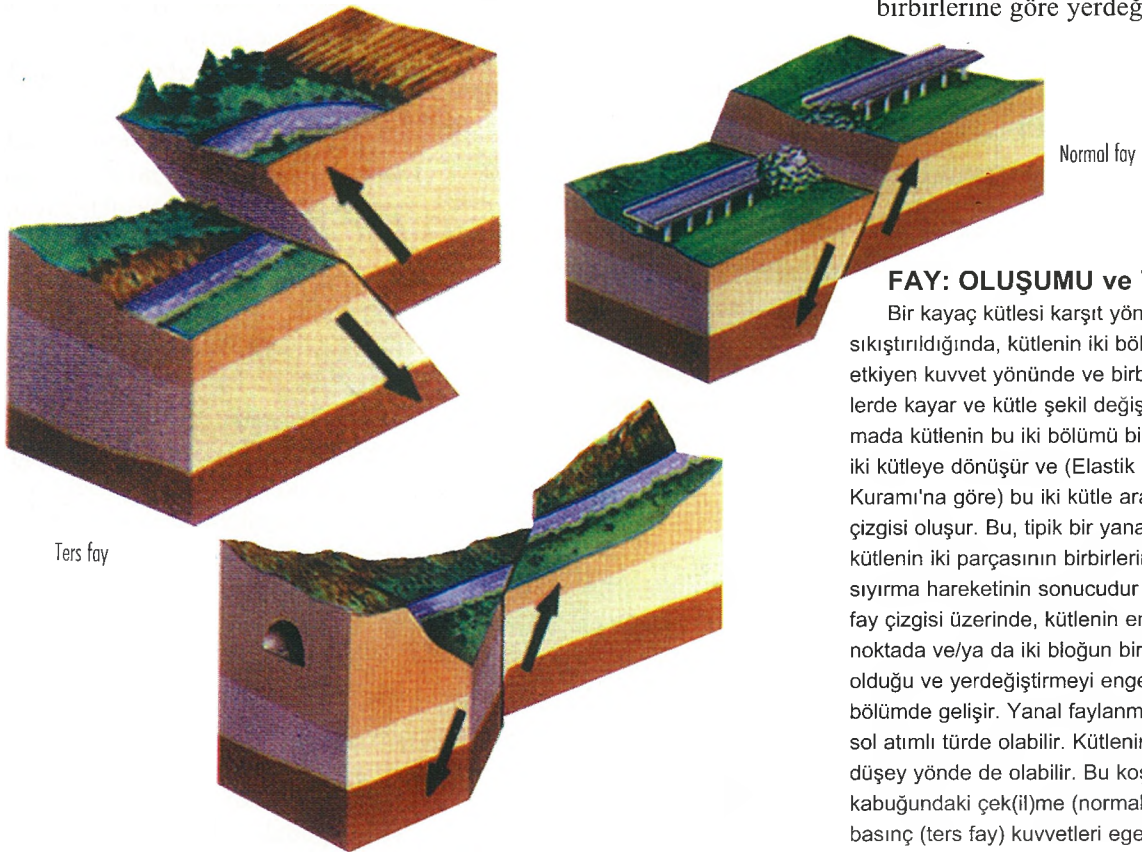
yılda birkaç mm hızla birbirlerinden uzaklaşmaktadır. Bu açılmanın etkisi ile Arabistan Plakası kuzey yönde kaymakta ve sınırdaş olduğu Anadolu Plakası'nı batıya doğru itmektedir. Bu sırtlar boyunca transform faylar gelişir. Transform fayların sınırladığı ve sırt uzanımına dik yöndeki plaka bloklarının ise birbirlerine göre yanıl yer değiştirmesi sözkonusudur. Bu sırt alanlarındaki depremlerin oluştuğu alanlar ise bu bölümlerdir. Bu sırtlar boyunca sığ odaklı depremler (100 kilometreden az) meydana gelir.

**Plakalardan Birinin Diğerinin Altına Dalması:** Yerkabuğunu oluşturan plakalardan ikisi birbirine yaklaşıp çarpıştığında gelişir. Daha yoğun plaka, daha az yoğun plakanın altına dalar. Bu alanlar en derin deniz çukurluklarının (hendek)

izlendiği alanlardır. Japon Adaları boyunca, Japon-Kuril Çukurluğu ve Nankai Çukurluğu alanlarında Pasifik ve Filipin plakalarının Avrasya Plakası, Afrika Plakası'nın Anadolu Plakası altına dalması bu tür yer değiştirmeye örnektir. Bu süreçler Güney Amerika'da And Dağları'nı, Avrasya Plakası doğusunda Japon Adaları'nı ve Avrasya Plakası güney bölümünde ise Himalayalar'ı (Avrasya-Hint plakalarının çarpışması sonucu) oluşturmuştur. Tonga Çukurluğu boyunca Pasifik Plakası'nın Hint-Avustralya Plakası altına dalma hızı yılda yaklaşık 100-240 mm'dir. Bu tür levha sınırları depremselliğin en yoğun olduğu bölgelerdir. Buradaki depremler çoğunlukla derinlerde oluşur. (700 kilome-

tre derinliğe kadar varabilir.)

**Plakaların Sürtünmeli Kayması:** Bu yer değiştirme iki türde oluşabilir. Komşu plakalardan biri diğeri ile ters yönde kayar. Bunun iyi bir örneği Kuzey Anadolu Fayı'dır. Bu fay, güneyindeki Anadolu Plakası ile kuzeyindeki Karadeniz Plakası (Avrasya Plakası'nın bir bloğu) arasında sınır oluşturur. Bu Fay tüm yirminci yüzyıl boyunca da diriliğini korumuş, çok sayıda depremin geliştiği bir sınır olmuştur. 17 Ağustos 1999 tarihindeki Gölcük dış merkezli son deprem de bu fay kuşağında oluşmuştur. Bu fay boyunca güneydeki Anadolu Plakası ile kuzeydeki Karadeniz Plakası'nın birbirlerine göre yer değiştirmesi yıl-



## FAY: OLUŞUMU ve TÜRLERİ

Bir kayaç kütlesi karşı yönde sıkıştırıldığında, kütle iki bölümü kendisine etkileyen kuvvet yönünde ve birbirine ters yönde kayar ve kütle şekil değiştirir. İleri aşamada kütle iki bölümü birbirinden ayrı iki kütle dönüşür ve (Elastik Geri-Tepme Kuramı'na göre) bu iki kütle arasında bir fay çizgisi oluşur. Bu, tipik bir yanıl atımlı faydır, kütle iki parçasının birbirlerine göre yatay sıyırma hareketinin sonucudur ve deprem bu fay çizgisi üzerinde, kütle en zayıf olduğu noktada ve/ya da iki bloğun birbirine yapışık bölümde gelişir. Yanıl faylanma sağ ya da sol atımlı türde olabilir. Kütle iki bölümüne düşey yönde de olabilir. Bu koşulda ise, yerkabuğundaki çek(il)me (normal fay) ve/ya da basınç (ters fay) kuvvetleri egemendir.

Doğru atımlı fay



da 16-24 mm'dir ve Anadolu Plakası batı yönde kayar. Bu sınırlarda oluşan depremler sığ odaklı depremlerdir.

Komşu plakalardan ikisinin de yaklaşık aynı yönde, ancak değişik hızlarda yerdeğiştirdiği sürtünmeli kaymaya örnek ise Pasifik Plakası ile Kuzey Amerika Plakası'nın sınırını oluşturan, Kaliforniya'da (ABD) yüzlerce km uzanımlı San Andreas Fayı'nın bir bölümüdür. 1906 San Fransisco depremi bu fay kuşağında gelişmiştir.

Yeryüzüne bir bütün olarak baktığımızda depremlerin, plakaların birbirlerine göre yerdeğiştirdikleri (uzaklaştıkları, yakınlaşıp çarpıştıkları ve sürtünmeli olarak kaydıkları) kuşaklarda sıklıkla ve yıkıcı büyüklükte olduğu gözlenir. Buna karşın, göreceli olarak duraylı olan plaka-içi alanlarda ise çok az ve küçük depremler oluşur.

Yeryüzünde depremlerin yoğun olarak geliştiği asıl kuşak Kuzey ve Güney Amerika batı kıyıları, Asya ve Japonya doğu kıyıları ile Avustralya'nın doğu-kuzeydoğu açıklarını dolanan ve Pasifik Okyanusu'nu çevreleyen kuşaktır. Bu kuşak Pasifik Plakası'nın Avrasya, Japonya, Filipin, Hint-Avustralya, Kuzey Amerika, Karaippler, Nazca ve Güney Amerika plakaları ile sınırdışı olduğu kuşaktır ve yaşadığımız yüzyılda depremlere yolaçan enerji yoğunlaşmasının %80'inin bu kuşakta geliştiği düşünülür. Bu kuşak, volkan püskürmelerinin de yoğun olması nedeni ile, "Ateş Halkası" adı ile anılır. Bir ikinci kuşak Azor Adaları'ndan başlayıp İspanya-Fransa, Orta ve Güney Avrupa, Anadolu, İran, Hindistan boyunca Çin'e kadar yayılan Alpin-Himalaya Kuşağı'dır. Bu kuşak içinde Avrasya, Afrika, Messina, Adriyatik, İyonya, Ege, Sina, Anadolu, Karadeniz, Van, Arabistan,

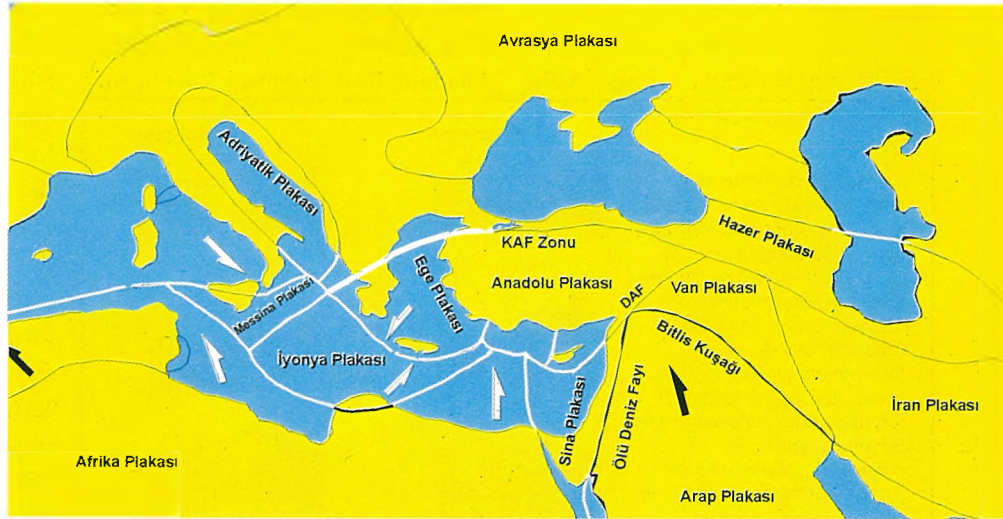
Hazer, İran ve Hint-Avustralya plaka ve plakacıklarının birbirleri aralarındaki sınırlar yer alır. Bu kuşakta ise dünyadaki tüm deprem oluşturucu enerji yoğunlaşmasının % 15'inin içerildiği söylenebilir.

## Anadolu Plakası'nın depremselliği

Anadolu Plakası'nda depremlerin oluşumu Atlantik-Ortası Sırt açılımı ve Afrika ile Arabistan plakalarının davranışı ile yakından ilişkilidir. Atlantik-Ortası Sırt açılımı sonucunda güney bölümde Güney Amerika ve Afrika plakaları birbirlerinden uzaklaşmakta, Afrika Plakası bu açılma etkisi ile batı bölümünde kuzeybatı, doğu bölümünde ise kuzey yönde kaymakta ve kuzeyindeki Avrasya Plakası ve/veya diğer plakalar (Anadolu, Ege ve

olan ve Güneydoğu Anadolu sınır çizgisi ile çakışan Bitlis Kuşağı boyunca sınırdışı olduğu Van Plakası'nı kuzey-kuzeybatı yönde iter. Bu itmenin ve sıkıştırmanın etkisi ile Van Plakası'nda kıvrılmalar olur, kabuk kalınlaşır ve kısalır. Van Plakası Anadolu Plakası ile sınırdışıdır ve bu sınır Doğu Anadolu Fayı'dır. Karlıova'da Doğu Anadolu Fayı'nın kuzey ucu, Anadolu Plakası'nın kuzeydeki sınırı olan Kuzey Anadolu Fayı ile kesişir. Bu nedenle Karlıova üç plakanın (Anadolu, Van ve Hazer plakaları) kesişme noktasıdır.

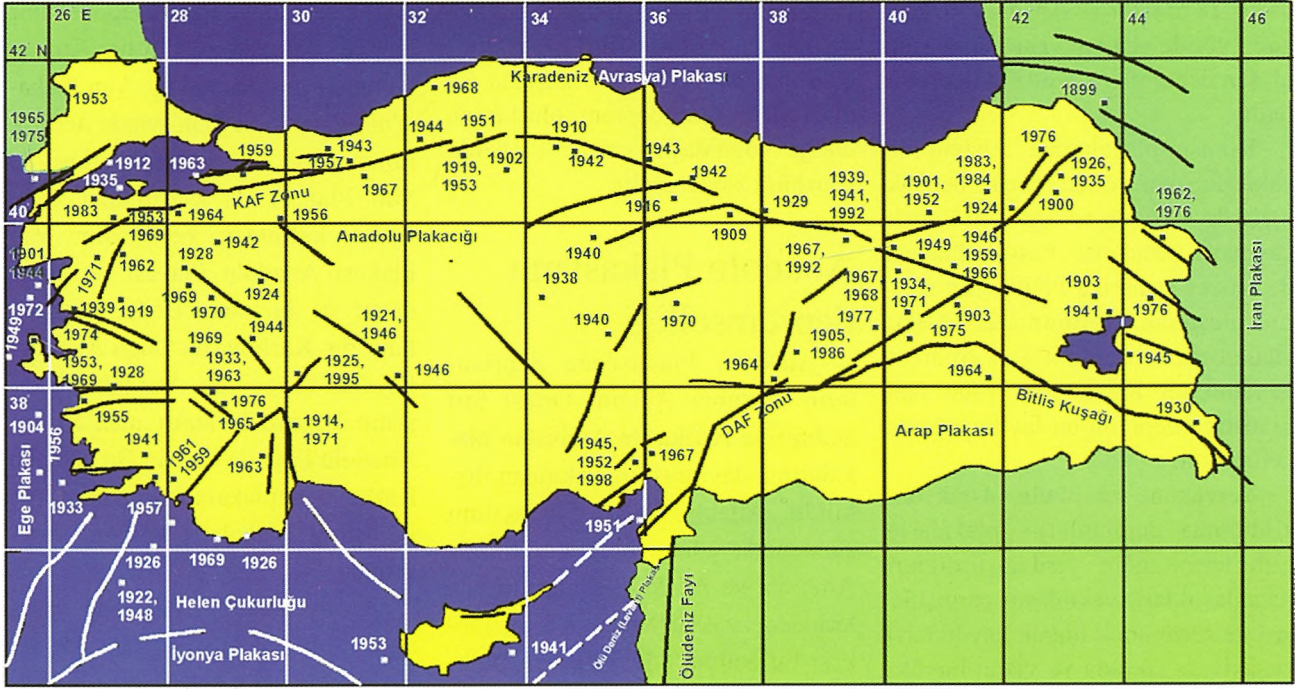
Kuzey Anadolu Fayı sağ yanal atımlı bir faydır. Bu fay Akyazı (Adapazarı)-Göynük (Bolu) arasında iki kola ayrılır. Kuzey kol Sapanca Gölü yolu ile İzmit Körfezi (güneyi) ve Marmara Denizi'ne girer, Gaziköy'de yeniden yüzeyle



İyonya plakaları) ile yakınlaşmaktadır. Bu arada Afrika Plakası'nın doğu bölümünde, Etiyopya'da da bir yarıma (okyanus-ortası sırtın erken dönemi) gelişmektedir. Bu açılım ve Kızıldeniz Yarılımı Afrika Plakası ile sınırdışı Arabistan Plakası'nın birbirlerinden uzaklaşmasına neden olur. Bu açılmanın sonucunda Arabistan Plakası kuzey yönde kayar ve günümüzden ~15-20 milyon yıl önce kapanmış bir okyanus kolu

izlenir ve Saros Körfezi'ni sınırlayıp Kuzey Ege Çukurluğu içine dalar. Bu kol ayrıca Marmara Denizi içinde Çınarcık açıklarında yeniden kollara ayrılır. Fayın güney kolu İznik Gölü yolu ile Gemlik Körfezi'ne ulaşır ve İznik dolaylarında yeniden iki kola ayrılıp Ege Denizi orta bölümlerine ulaşır. Van Plakası'nın Arabistan Plakası'nca, itilmesi sonucunda Anadolu Plakası, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay ku-



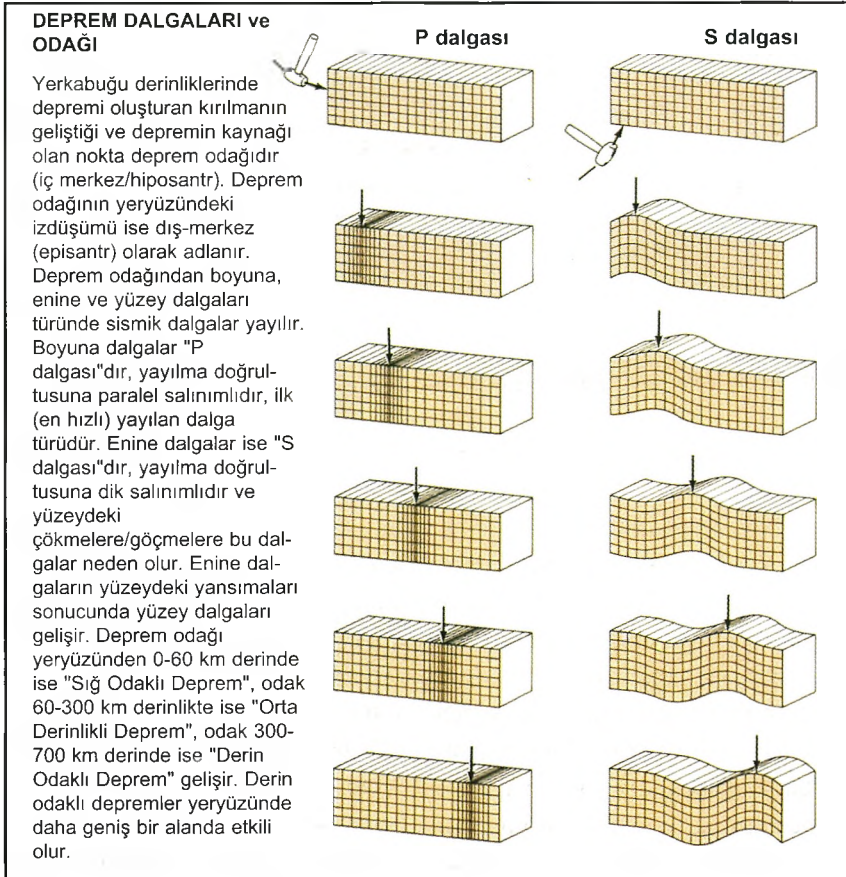


şakları arasındaki doğu bölümünden batıya doğru kaçar. Bu yerdeğiştirme Kuzey Anadolu Fay Kuşağı boyunca gelişir ve Anadolu Plakası Ege Denizi yönünde kayarken, kuzeydeki Karadeniz plakası ise görelî olarak doğu yönde kalır

görünür. Bu kayma doğuda Erzin-can, ortada Niksar, batıda Düzcce do-laylarında yılda ~24 mm, İzmit Kör-fezi çevresinde ise yılda ~16 mm hızında gerçekleşir. Doğu Anadolu'da Karlıova dolaylarında ise Doğu Anadolu Fayı boyunca kayma hızı

yılda ~18 mm'dir. Öte yandan, Akdeniz'deki Helen Çukurluğu boyunca Afrika Plakası Anadolu Plakası altında gömülür. Böylece, Anadolu Plakası'nın kuzey bölümü batı yönde kayarken, güney bölümü ise güneybatı yönünde kayar. Bunun sonucunda Anadolu Plakası Ege kıyılarında, İzmir-Aydın dolaylarındaki Ege Graben Sistemi alanında farklı yönlerde kayan iki parçaya dönüşür.

Gerek Kuzey Anadolu Fay kuşağı ve gerekse de Doğu Anadolu Fay Kuşağı tek bir fay yerine birbirlerine bağlanan bir dizi faydan oluşur. Bu iki kuşakta da faylar arasında kırılmamış bölgeler, fayların sürekli bir tek faya dönüşmesi eğilimi nedeni ile deprem riski taşıyan alanları oluştururlar. Plaka'nın kuzey ve güney bölümlerindeki değişik yönlü kaymalar ise Batı Anadolu Graben Sistemi'nde de depremlere yolaçar. Bunun yanısıra Anadolu Plakası'nın kendi içinde, bu değişen yerdeğiştirme hızlarına ve yönlerine bağlı olarak gerilimin yüklenmesi Tuzgölü, Ecemiş ve Kırıkkale ve Doğu Anadolu fayları gibi riskli alanları da oluşturur.





## **DEPREM ŞİDDETİ**

Depremlerin yeryüzünde can kaybı, yapı ve tesisler üzerinde oluşturmuş olduğu hasara göre sınıflandırılması "Deprem Şiddeti" adı verilen bir ölçeklemeye göre yapılır. Bu ölçekleme deprem-ölçerlerin bulunması öncesinde oluşturulmuş, yaşadığımız yüzyıl içinde geliştirilmiştir. Şiddet, büyüklükten farklı olarak, doğrudan yeryüzü zemin yapısı ve yapılaşma koşulları ile ilişkilidir. Deprem şiddetini ölçmede birçok yöntem (Rossi-Forel, Mercalli-Sieberg, Omori-Cancani, Mercalli-Cancani, Değiştirilmiş Mercalli, Medvedev-Sponheur-Karnik ve Japon yöntemleri) bulunmakla birlikte yaygın uygulananı Mercalli yöntemidir. Değiştirilmiş Mercalli ölçeklemesinde 12 aşama sözkonusudur.

- ŞİDDET I:** İnsanlar tarafından hissedilmez, sadece deprem-ölçerler kaydedebilir.
- ŞİDDET II:** Asılı eşyalar sallanır.
- ŞİDDET III:** Yapıların içindekiler tarafından hissedilebilir, asılı eşyalar ve duran motorlu araçlar sallanabilir, süresi algılanabilir.
- ŞİDDET IV:** Pencere ve kapılar ile duran motorlu araçlar sallanır, duvarlarda gıcırdamalar oluşur, yapıların içinde ve açık alanda hissedilebilir.
- ŞİDDET V:** Herkes tarafından hissedilebilir, eşyalar düşer, cam eşyalar kırılır, sıvalar çatlıyabilir/dökülebilir; ağaçlar, direkler ve yüksek binalar sallanır, sallantının yönü izlenebilir; bahçe duvarları yıkılabilir.
- ŞİDDET VI:** Herkes tarafından hissedilir, yürümek zorlaşır, ağır eşyalar kayar ve kitaplar raflardan dökülebilir, sıvalar dökülür, bazı yapılar yıkılabilir.
- ŞİDDET VII:** Ayakta durmak güçleşir, eşyalar hasar görür, sıva ve yapı dekorasyon malzemeleri dökülür ve kırılır; yapılarda çatlamlar ve hasar, su birikintilerinde çamurlanma oluşur.
- ŞİDDET VIII:** Binalarda hasar ve kısmi yıkılma oluşur, su kuleleri ve bacalar yıkılır, ağır eşyalar devrilir; kumlu ve suya doygun zeminlerde sıvılaşma (kum fıskırmaları), yüzeyde faylanmalar ve heyelanlar gelişir; su kaynaklarının debisi ve sıcaklığı değişir.
- ŞİDDET IX:** Yapıların çoğunda hasar ve yıkılma olur; zeminde büyük çatlak ve yarılmalar ve kum fıskırmaları meydana gelir; yer altı boru sistemleri kırılır.
- ŞİDDET X:** Yapıların çoğu yıkılır, betonarme yapılarda ağır hasar ve kırılma başlangıcı izlenir, barajlarda büyük hasar ve çatlamlar oluşur, zeminde büyük çatlaklar oluşur, raylar bükülür, kütle kaymaları ve sıvılaşma gelişir.
- ŞİDDET XI:** Çok az yapı yıkılmadan kalabilir, köprüler yıkılır, yer (kütle) kaymaları oluşur, yer-çi boru sistemlerinin tümü ile devre dışı kalır.
- ŞİDDET XII:** Tüm yapılar yıkılır, coğrafya değişir, yüzeyde deprem dalgalarının ilerleyişi izlenebilir.

## **DEPREM BÜYÜKLÜĞÜ (MAGNİTÜD)**

Deprem dalga genliğinin mikron türünden değerinin logaritması ilkesine dayanan bir ölçekleme 1935 yılında Richter tarafından geliştirilmiştir. Bu, depremin yüzeyde yolaçtığı hasardan (deprem şiddetinden) bağımsız bir ölçeklemedir. "Deprem Büyüklüğü (Magnitüd)" olarak tanımlanır ve "M" ile simgelenir. Günümüze değin saptanabilmiş en büyük deprem, M=8.9 büyüklüğündedir.

Büyüklüğü 6.0 ve daha fazla olan depremler yıkıcı depremlerdir, yüzeyde süreklilik gösteren fay (yüzey kırığı) oluştururlar. Bu büyüklükteki depremlerin tekrarlanma dönemi (bu büyüklükte bir depremin oluştuğu bir bölgede yeniden oluşma aralığı) 300-400 yıl dolaylarındadır. Büyüklüğü 5.0 ile 5.9 arasında olan depremler de yüzeyde önemli yıkıcı etki yaparlar, ancak oluşturdukları faylar (yüzey kırıkları) sürekli değildir. Bu tür depremler, varolan bir fayın hareketlenmesi sonucunda oluşurlar ve yeni faylar (yüzey kırıkları) üretmeyebilirler. Tekrarlanma dönemleri 10-30 yıl arasında değişir. Büyüklüğü 4.0'dan küçük olan depremler ise yüzey kırığı oluşturmaz, bilinmeyen bir diri (aktif) fay ile ilişkili olmayabilir ve yeryüzünün tüm bölgelerinde (özellikle de plaka içi alanlarda) oluşabilir.

Bu bulgulara göre, geçtiğimiz yüzyıl içinde M=7.0 dolayında bir deprem olmuş bir (diri) fay alanında yakın gelecekte bu büyüklükte yeni bir deprem oluşma olasılığı, geçtiğimiz iki yüzyıl boyunca yıkıcı depremlere sahne olmamış (diri) fay alanlarına göre çok düşüktür. Buna karşılık, günümüzden yaklaşık üç yüzyıl önce bu büyüklükte depreme uğramış bir (diri) fay alanında yakın bir gelecekte deprem oluşma olasılığı çok yüksektir.

Büyüklük	Yıllık Ortalama Deprem Sayısı
≥ 8.0	1
=7.0-7.9	18
=6.0-6.9	120
=5.0-5.9	800
=4.0-4.9	6 200
< 4.0	Binlerce

## **BÖLGE VE YILLARA GÖRE DEPREMLER**

Doğu Akdeniz Kıyıları, İsrail, Lübnan, Suriye (Sina Plakası): M.Ö. 140, 31, 1034, 1068, 1159, 1752, 1759, 1837 Doğu Anadolu (Anadolu ve Van Plakaları): 1268, 1444, 1458, 1482, 1584, 1784, 1939, 1992

Iran, Ermenistan, Kafkaslar (Iran ve Hazer Plakaları): 856, 872, 893, 1041, 1042, 1200, 1270, 1336, 1405, 1440, 1527, 1667, 1673, 1679, 1721, 1727, 1778, 1780, 1853, 1893, 1962, 1968, 1972, 1978, 1988, 1990

Güney Anadolu Kıyıları, Hatay (Anadolu Plakası): 342, 458, 526, 588, 1268, 1998

Anadolu Ege Kıyıları, Ege Adaları, G.Yunanistan (Ege, Anadolu ve İyonya Plakaları): 365, 856, 1609, 1688, 1881, 1995

Adapazarı, İzmit, İstanbul, Marmara Denizi, Trakya (Kuzey Anadolu Fay Kuşağı Batı Bölümü): 19, 29, 33, 120, 129, 170, 268, 350, 358, 359, 362, 446, 447, 488, 500, 715, 1509, 1668, 1719, 1894, 1901, 1912, 1935, 1943, 1944, 1953, 1957, 1959, 1963, 1964, 1967, 1983, 1999

Kuzey Anadolu Fay Kuşağı (Karlova-Adapazarı) (Anadolu Plakası-Karadeniz Plakası Sınırı): 1011, 1045, 1047, 1168, 1254, 1287, 1422, 1456, 1458, 1482, 1579, 1584, 1598, 1667, 1668, 1784, 1787, 1875, 1902, 1909, 1910, 1916, 1919, 1929, 1939, 1941, 1942, 1943, 1944, 1946, 1949, 1951, 1953, 1959, 1966, 1992

Doğu Anadolu Fay Kuşağı (Hatay-Karlova Arası) (Anadolu Plakası-Arabistan Plakası Sınırı): 342, 458, 526, 588, 847, 1159, 1268, 1444, 1789, 1874, 1893, 1903, 1905, 1934, 1951, 1964, 1967, 1968, 1971, 1975, 1986, 1998

Suriye, Irak (Arabistan ve Anadolu Plakaları): 844, 847, 1007, 1042, 1138, 1170, 1201, 1343, 1822,

Mısır, KD Afrika Kıyıları (Afrika, Arabistan ve Sina Plakaları): 1303, 1754

İtalya, K. Afrika Kıyıları (Messina, Adriatik, Avrasya ve Afrika Plakaları): 1169, 1456, 1693, 1783, 1857, 1908, 1915

İspanya, Portekiz, KB Afrika Kıyıları (Afrika ve Avrasya Plakaları): 1531, 1749, 1755, 1829, 1960

Hindistan, Güney Asya Kıyıları (Avrasya ve Hindistan-Avustralya Plakaları): 893, 1737, 1819, 1905, 1934, 1935, 1974, 1993

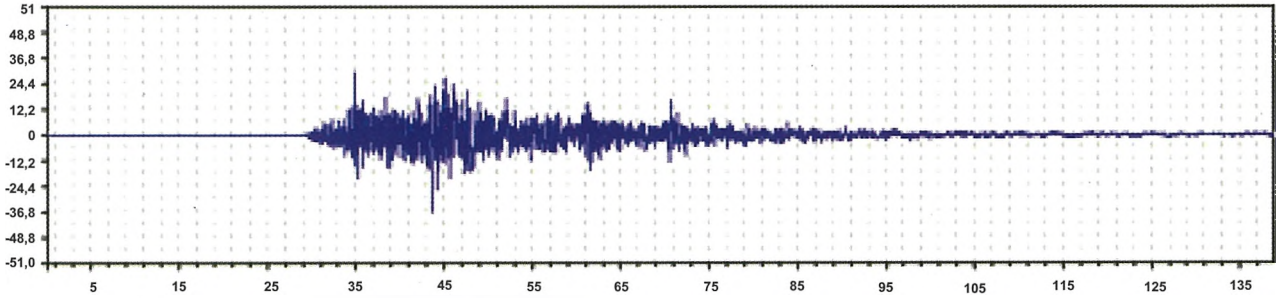
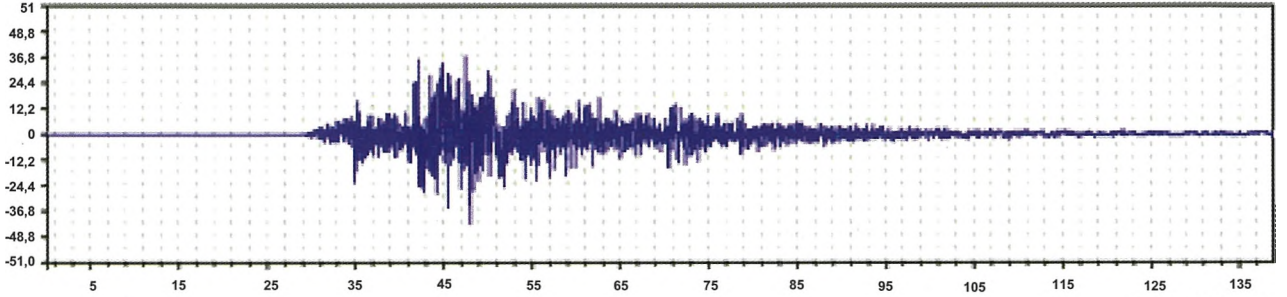
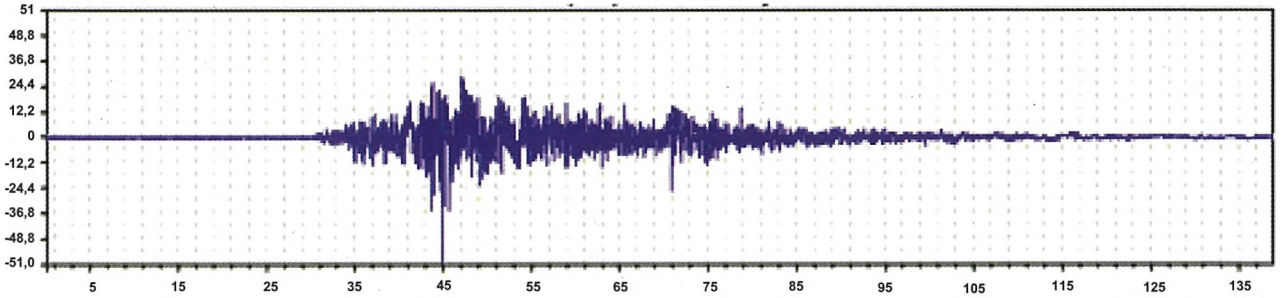
Çin, Doğu Asya Kıyıları (Avrasya ve Filipin Plakaları): 1037, 1057, 1290, 1556, 1668, 1731, 1918, 1920, 1927, 1932, 1970, 1976

Japonya ve Kamçatka Kıyıları (Avrasya ve Pasifik Plakaları): 1293, 1703, 1707, 1730, 1828, 1836, 1847, 1891, 1896, 1923, 1994, 1995

Amerika Batı Kıyıları ve Karaipler (Kuzey Amerika, Güney Amerika ve Pasifik Plakaları): 1700, 1797, 1811, 1812, 1868, 1886, 1906, 1932, 1970, 1971, 1972, 1976, 1985, 1989, 1994, 1995, 1999, 1939, 1960,

Orta Asya (Avrasya Plakası): 1907





# 17 AĞUSTOS 1999 İZMİT KÖRFEZİ DEPREMİ

Çığ, volkan, heyelan, tsunami, kasırga, hortum ve sel baskını gibi doğal afetlerden biri olan deprem en yıkıcı olanıdır. Yerkabuğu içinde faylar boyunca biriken enerjinin kayaların direncini aşmasıyla aniden boşalarak karmaşık elastik dalgalar şeklinde yayılması sonucu yeryüzünün titreşmesine deprem denir.

Her yıl dünyada 20 bin civarında can kaybı ile fiziksel ve ekonomik kayıplar oluşturan ortalama 10 yıkıcı deprem ve 12 milyon civarında da küçük depremler meydana gelmektedir. Sadece 1976 yılında, Guatemala, İtalya ve Çin'de olan yıkıcı depremler 300.000 den fazla insanın ölmesine neden olmuştur. Çin resmi

kayıtları, 23 Ocak 1556 tarihinde Shensi bölgesinde oluşan depremde 830.000 kişinin hayatını kaybettiğini yazmaktadır. 1939 Erzincan depremi ise (M= 7.9) 32.000 kişinin ölmesine neden olmuştur.

Depremlerin neden olduğu maddi kayıplar da hemen hemen can kayıpları kadar korkunç olmaktadır. Söz gelimi, 1985 Mexico depremi 4 milyar dolar, 1989 Loma Prieta (Kaliforniya) depremi 6 milyar dolar maddi kayba neden olmuştur. 1988 Spitak (Ermenistan) depremi, birkaç sanayi kentinin yıkılmasına ve tüm ulusal ekonominin iflasına sebep olmuştur. Bu deprem sonucu oluşan ekonomik kayıp 16 milyar dolara ulaşmıştır.

17 Ağustos 1999'da İzmit Körfezi'nde 03:02'de Richter ölçeğine göre 7.4 büyüklüğündeki depremde yaklaşık 16 bin kişi hayatını yitirmiş ve 30 bin kişiden fazla kişi yaralanmıştır. Depremde 100.000 den fazla binanın hasar gördüğü ve maddi kaybın 10 milyar dolar civarında olduğu tahmin edilmektedir. 17 Ağustos 1999 depreminin en büyük şiddeti X (MSK) ve en büyük yer ivmesi Adapazarı'nda 0.4g\* olarak belirlenmiştir. Depremde sırasıyla Adapazarı, Gölcük, Değirmendere, İzmit, Yalova, Çınarcık, Avcılar (İstanbul) ve Düzce'de çok sayıda bina tamamen çökmüştür. Deprem, elektrik, su ve iletişim hatlarının tamamen kesilmesine ve Ankara-

\* Depremde en büyük yer ivmeleri, İzmit'te K-G yönünde 1.62 mG, D-B yönünde 219 mG, Düşey (V) yönde 123 mG; Gebze'de K-G yönünde 261 mG, D-B yönünde 140 mG, Düşey (V) yönde 179 mG; Düzce'de K-G yönünde 363 mG, D-B yönünde 291 mG, Düşey (V) yönde 201 mG; Adapazarı'nda D-B yönünde 407 mG, Düşey (V) yönde 259 mG; İstanbul'da K-G yönünde 60 mG, D-B yönünde 42.7 mG, Düşey (V) yönde 36.2 MG kaydedilmiştir. adapazarı ve Düzce'deki ivme değerleri İzmit'e göre 2 ve 3 kat büyütülmüştür. Bundan dolayı Adapazarı ve Düzce'deki bina hasarı faydan değil zemin koşullarından kaynaklanmıştır.

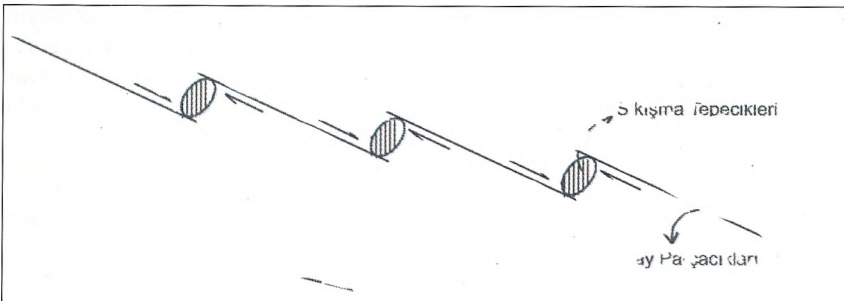


İstanbul demiryolu ve otoyolundaki sivilaşma ve zemin oturmasından dolayı, ulaşımın durmasına ve aksamasına neden olmuştur. Ayrıca altyapıda önemli oranda hasar oluşmuştur.

Deprem yeri	Büyükük (Richter)	Kırık Uzunluğu (km)	En büyük yatay atım miktarı (m)	Odak derinliği (km)	Ötü Sayısı
17 Ekim 1989 Loma Prieta depremi (Kalifornia)	7.1	35	1.9 - 2	19	62
16 Temmuz 1990 Luzon depremi (Filipinler Adası)	7.7	120	6.2	24.8	1666
17 Ocak 1995 Kobe depremi (Japonya)	7.2	40	1.6	14.3	5502



17 Ağustos 1999 depremine neden olan fayın yüzeydeki izi (Fotograf: Lütfü Nazik)



Bu yazıda, 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depreminin sonucunda ortaya çıkan yüzey faylanmasının özellikleri anlatılmakta ve depremin zemin üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir. Daha sonra depremlerde ortaya çıkan hasarların nedenleri incelenerek deprem riskinin belirlenmesi ve zararlarının azaltılması için yapılması gerekenler belirtilmektedir. Son olarak da

### GAZ / SU ÇIKIŞI

Depremle birlikte kabukta bazı değişimler olur. Bu değişimler deprem öncesi ve sonrasında da gözlemlenebilir. Deprem öncesi sürekli biriken gerilmeler sonucu bölgesel ölçekte kabukta yamulmalar ve mikro-ölçekte çatlaklar oluşur. Bu değişimler, ancak hassas eğim ölçer, deformasyon ölçer ve gerilim ölçer gibi aletlerle belirlenir. Deprem öncesi radon gibi gazlarda artışlar başlar ve deprem sırasında en yüksek değere ulaşır ve deprem sonrasında azalmaya başlar. Ayrıca yeraltısuyu seviyesinde ve kayaların öz-dirençlerinde değişimler olur. Bu nedenle deprem sonrası fay boyunca bazı kaynaklarda kurumalar meydana gelirken, bazı yeni kaynaklar oluşabilir. Hareketle birlikte sürtünme sonucu fay düzlemi boyunca yer alan kayalarda değişimler gözlenir. Deprem sonucu fay boyunca gaz çıkışları devam edebilir. Örneğin bu depremde Başiskele-Rahmiye köyü arasında gelişen yüzey kırığı boyunca otlarda sararma ve çürümeler olmuştur.

1999 İzmit Körfezi depreminde lav çıkışı kesinlikle mümkün değildir. Lav çıkışı olabilmesi için fayın, kalınlığı 100 km olan taşküreyi tamamen kesmesi gerekir. Bu depremin odak derinliği 15-20 km civarındadır. Diğer taraftan Kuzey Anadolu Fayı'nda (KAF) olan depremlerin hiç birinde lav çıkışı olmamıştır ve olması da sözkonusu değildir. Çünkü şimdiye kadar KAF'da olan depremlerin odak derinliği ortalama 10 km olarak saptanmıştır.





Marmara Bölgesi Aktif Fay Haritası ve 17 Ağustos 1999 deprem kırığı



depremlerin yıkıcı etkilerinden korunmak için, yerbilimleri açısından, öneriler sunulmaktadır.

## Yüzeysel faylanması

Dış-merkezi Başiskele-Kullar arasında yer alan 7.4 büyüklüğündeki (Richter) deprem, Kuzey Anadolu Fayı'nın Arifiye-Yalova arasında uzanan yaklaşık 100 km'lik bölümünü hareket ettirmiştir. Deprem kırığı, 1967 Mudurnu Vadisi ile 1943 Düzce-Hendek deprem kırıklarının batısında yer almıştır. 10 Temmuz 1894'de aynı fay segmentinde 100

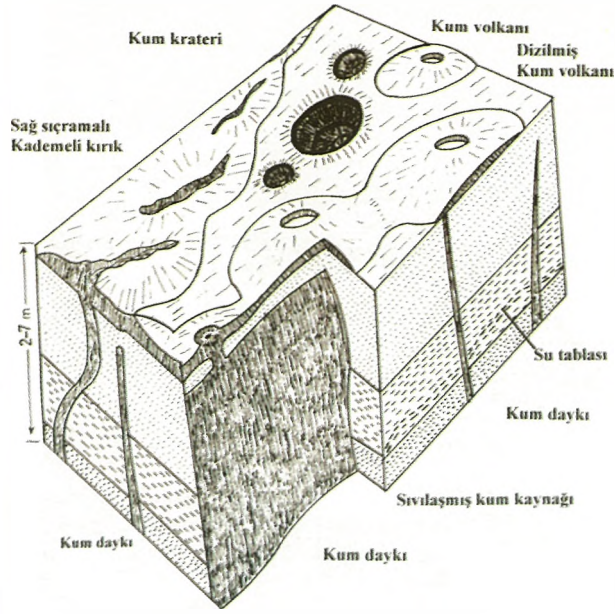
km uzunluğunda faylanmaya neden olan bir deprem daha olduğu bilinmektedir. Sahada yapılan çalışmalarda kırık doğrultusu genelde Doğu-Batı olarak ölçülmüştür. Yırtılma, iç-merkezden iki yöne doğru, doğuda (karada) Gölçük-Arifiye, batıda (denizde) sahile paralel Gölçük-Yalova arasında gerçekleşmiştir. Deprem iç-merkezi (Hiposantr) yakınında, yırtılmanın başladığı faylanma bölgesinde en büyük atım beklenilir. Bu nedenle deprem, iç-merkezinin yeryüzündeki iz düşümü olan dış-merkez (Episantr)

civarında en büyük sağ yönlü yatay atıma (2.70 m) neden olmuştur. Deprem odak derinliği ise 15-20 km olarak açıklanmıştır.

## Zemin Sıvılaşması- Heyelan-Zemin Yenilmesi

Yüzeysel yakın kum seviyelerinde kum tanecekleri arasındaki boşluklara ani bir sismik kuvvet etkiğinde, tanecekler arasındaki denge bozulur ve kum ile su birlikte yüzeye





Sıvılaşma mekanizmasının blok diyagramı üzerinde görünümü

doğru hareket ederek zemin yüzeyinden çıkmaya başlar. Bu olaya zemin sıvılaşması adı verilir. Sıvılaşma, genellikle suya doymun gevşek kumlu zeminlerde ve sonradan kurutulmuş ve ıslah edilmiş göl, akarsu ve deniz kenarlarında oluşur. Sıvılaşma sonucu kum ve su birlikte

hareket ederek zemin sıvı gibi davranmaya başlar. Böylelikle üzerinde bulunan binalarda yana yatmalar ve devrilmeler gelişir. Ayrıca kanalizasyon, içme suyu, doğal gaz ve iletişim gibi alt yapı sistemlerinin hasar görmesine neden olabilir. Bu tür olaylar, 1964 Nigata (Japonya) 1989 Loma Prieta (Kaliforniya), 1995 Kobe (Japonya), 1998 Ceyhan-Misis ve 1999 İzmit Körfezi (özellikle Adapazarı kent merkezi) depremlerinde çok belirgin olarak görülmüştür. Sıvılaşma kum fışırması, kum dayk ve silleri ve yanal yayılmalar gibi üç farklı tipte gelişebilir.

Kum fışırması, kratercik ve bacalı-kum volkanları şeklinde görülür. Sıvılaşmış kum yüzeye doğru baca şeklinde çıkarken yüzey mal-

zemesini (genellikle toprak seviyesini) bir tarafa doğru hareket ettirir ve zemin yüzeyinde kratercik şeklinde çukurluklar oluşturur. Baca açıldıktan sonra zemin yüzeyinde 1-3 m çapında ve 1-2 m derinliğinde çukurlar gelişebilir. Örneğin 27 Haziran 1998 Ceyhan-Misis depreminde Abdioğlu köyü civarında 2 m derinlikte ve 4 m çapında büyük kum kraterleri meydana gelmiştir.

Kum volkanları ya da kum konileri, kum fışırmasının en yaygın tipidir. Kum konileri 10-30 cm yüksekliğinde, 15-60 cm çapında ve birkaç on cm derinliğinde olabilir.

Yanal yayılma, genellikle bölgesel boyutta çok düşük yamaçlarda sıvılaşmış bir tabakanın üzerinde yamaç aşağı hareket eden dilimler şeklinde gelişen kütle hareketleridir. Serbest bir yüzeye doğru dilimler şeklinde gelişen yanal yayılma, metreler boyutuna eriştiği zaman, topuk boyunca ters kesmeler ve çökmeler gelişir. Dar ve açık yarıklar şeklindeki yanal yayılma, özellikle dere ve taraça kenarları boyunca yaygın olarak gözlenir. 27 Haziran



Sahada görülen sıvılaşma konilerine bir örnek (Adana-Ceyhan Depremi)





17 Ağustos 1999 Depremi sırasında sivilaşma sonucu oluşmuş yapı hasarı, Adapazarı İl Merkezi (Fotograf: Hamdi Mengi)

1998 Ceyhan-Misis depreminde Ceyhan nehri kenarları boyunca gelişmiş yarıklar, sivilaşmaya bağlı olarak gelişmiş yanıl yayılmalar sonucu oluşmuşlardır. Bu tür yanıl yayılma, 17 Ağustos 1999 depreminde Sapanca gölü güney kenarlarında, Değirmendere, Gölcük ve İzmit Körfezi boyunca da meydana

gelmiştir.

Bazı durumlarda sivilaşma yüzeye kadar erişemez ve yüzeyin birkaç metre aşağısında dayk ve sil şeklinde gelişebilir. Bu durumda yüzeyde herhangi bir kum fişkırmaları olmazken, alttaki düşey ve/veya yatay yöndeki yayılma sonucu yüzeyde farklı oturmalar gelişebilir.

Bu tür sivilaşma yarıkları, 17 Ağustos 1999 depremi sonucu eski göl ve akarsu yatakları üzerinde kurulmuş Akyazı, Adapazarı ve Gölyaka gibi ovalık bölgelerde yaygın olarak görülmüştür.

Deprem Adapazarı kent merkezinde kum kaynaması şeklinde zemin sivilaşmalarına neden olmuştur. Sivilaşma sonucu merkezdeki Kavaklı Caddesi boyunca kaldırımlar 1-2 m yükselirken binaların zemin katları zemin içerisine gömülmüşlerdir. Bazı binalarda ise yan yatmalar ve devrilmeler olmuştur. Sapanca gölü güney kenarında birkaç metre yüzeye çıkan kum fişkırmaları olmuş ve zemin tamamen sivilaşmıştır. Sivilaşmaya bağlı olarak Sapanca oteli ve Olympia restaurant binalarının kıyıdaki bölümleri ve kafeterya bölümleri su içerisinde kalmıştır. Benzer şekilde, Düzce, Akyazı ve Gölyaka'da da küçük ölçekte zemin sivilaşmaları olmuştur.

Adapazarı kent merkezi başta olmak üzere, Sapanca gölü güneyi,



17 Ağustos 1999 Depremi sırasında oluşan yanıl yayılmaya bağlı kıyının denize doğru hareketi, Gölcük (Fotograf: Adil Binal)



Düzce, Akyazı ve Gölyaka, eski göl ve akarsu yatakları üzerinde suya doygun gevşek zeminler üzerine kurulmuştur. Bundan dolayı bu tür zeminlerde depremin etkisi önemli oranda büyütülmüş ve hasarların çoğu yapılar için elverişsiz olan zemin koşullarından kaynaklanmıştır.

Ayrıca, gevşek ve kalın dolgu zemin üzerinde yer alan Arifiye TEM otoyolu ve tren raylarında zemin yenilmeleri ve sıvılaşmadan kaynaklanan büyük ölçekli oturmalar, çökmeler ve kaymalar meydana gelmiştir. Bu tür zemin yenilmeleri, yüzey faylanmaları ile karıştırılmamalıdır. Otoyoldaki karamalar ve raylardaki bükülmelerin olduğu kesimin 100 metre güneybatısında doğrultu atımlı faylara özgü sağ kademeli kırıklar gelişmiş ve yatay atım miktarı 5 cm civarında ölçülmüştür. Burası (Arifiye), deprem yüzey kırığının doğu ucudur ve deprem merkezinden 40-50 km uzaklıkta bulunmaktadır. Öte yandan gerek Arifiye gerekse Sapanca ilçelerinde herhangi bir bina çökmemiştir. Yalnızca zemin sıvılaşmasından dolayı bazı binalarda yan yatmalar ve üst geçitte



Depreme dayanıklı yapı yönetmeliklerine uygun olmayan yapı elemanlarına bir örnek (Fotoğraf: Adil Binal)

çökme olmuştur. Üst geçitteki çökmeye, 1995 Kobe depremindeki ekspres yolunda olduğu gibi, zemin sıvılaşması neden olmuştur.

İzmit, Gölcük, Değirmendere, Yalova ve Çınarcıkta çöken ve "Depreme Dayanıklı Yapı Şartnamesi"ne göre yapılmamış binaların büyük bir çoğunluğu sahile paralel eski alüvyon yatağı ve üzeri doldurulmuş, denizden kazanılmış dolgu zeminler üzerinde bulunmaktadır. Bu tür sonradan ıslah edilmiş ze-

minler, deprem hareketine karşı son derece zayıf zeminleri oluştururlar. Dolayısıyla İzmit Körfezi sahili boyunca deniz-dolgu zeminlerde binalar tamamen çökerken, hemen sahilden uzak kayalık zeminlerde hiç hasar olmamıştır. Aynı şekilde Adapazarı kent merkezinin dışında, yüksek kayalık zeminlerde kurulmuş kenar semtlerde hiç bir binada yıkılmamıştır. 1989 Loma Prieta depreminde kurutulmuş bataklık alan üzerine kurulmuş Mariana böl-

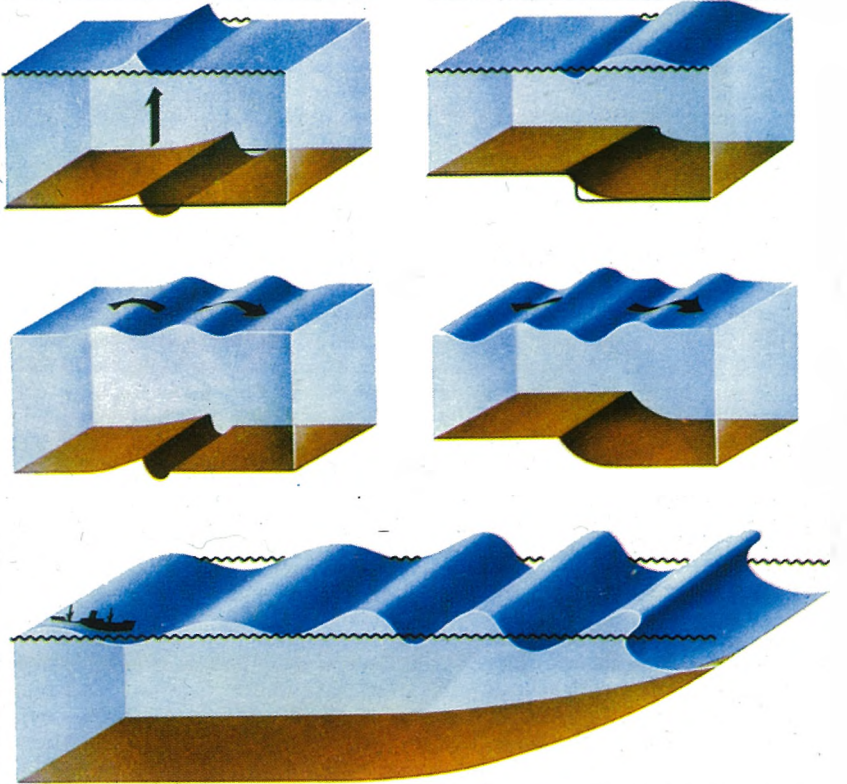
## Tsunami

Deprem sırasında, okyanus kıyıları boyunca, dev deniz dalgaları kıyılarına doğru akın eder ve kıyı kuşağındaki yerleşim yerlerinde önemli hasara ve can kayıplarına neden olur. Bu tür dalgaların sarsıntıdan ziyade yıkıcı etkileri vardır. Bu dalgalara, gel-git dalgaları ile karıştırılmaması için tsunami adı verilmiştir.

Bir depremin tsunami oluşturabilmesi için;

- 1- Düşey yönlü bir hareket (normal ya da ters fay)
- 2- Deprem hiposantrının (iç-merkezi) deniz içerisinde olması
- 3- Deniz altında çok büyük boyutlu bir heyelanın oluşması
- 4- Deniz içinde volkanik adalardaki patlamalar gibi doğal olayların oluşması gerekir.

Açık denizde tsunami dalgalarının hızı saatte 700 km'yi geçer ve uzunlukları olağan okyanus dalgalarını gölgede bırakır. Dalganın iki zirvesi arasındaki uzaklık 100 km'yi aşabilir. Ancak, açık denizde dalga genlikleri 1 m'den daha küçük olduğu için, dalgalar gemiler tarafından farkedilemeyebilir. Tsunami dalgaları





gesinde de benzer hasar gözlenmiştir. Ayrıca 1995 Kobe depreminde bu tür zeminlerde hasar meydana gelmiştir. Avcılar (İstanbul) bölgesinde çöken binalar da kıyı şeridi boyunca dolgu zemin ve heyelanlı alanlarda yer almaktadır.

Deprem Düzce ve Gölyaka civarında çok sayıda heyelanın meydana gelmesine ve yamacın kaymasına neden olmuştur. Heyelan ve yamaç kayma yüzeylerinin derinde olması nedeniyle yüzeyde büyük ölçekte yarılmalar ve kırılmalar gelişmiştir. Bundan dolayı doğuya bakan yamaçlarda kuzey tarafın kayması, sanki doğrultu atımlı faylanma sonucu sağ-yanal kayma olmuş gibi yanlış bir izlenim vermektedir. Bu nedenle bu tür heyelan-kırıkları, gerçek yüzey faylanmaları ile kesinlikle karıştırılmamalıdır. Ayrıca, yırtılmanın şeklini ve uzunluğunu yaklaşık olarak gösteren artçı-deprem dağılımına bakıldığında, kırığın Kuzey Anadolu Fayının Arifiye-Yalova arasında uzanan 100 km'lik bölümünde olduğu açıkça görülmektedir.

Deprem, Akyazı, Adapazarı, Düzce ve Gölyaka'da çok sayıda zemin oturma ve yenilmesi sonucu

siğ derinliklere eriştiklerinde hızları aniden azalır. Buna karşın, dalga yüksekliği açık denize oranla kat kat artar ve bazen 25 m yüksekliğe kadar ulaşabilir.

6 Nisan 1946 depreminin etkisiyle oluşan tsunami dalgalarının Aleut Adaları'nda önemli sayılabilecek hasara yol açmasından sonra, tsunamilerin sıkça görüldüğü Pasifik Okyanusu kıyısındaki ülkeler arasında ortaklaşa çalışmalar yürütülmüş, ve tsunami tehlikesini belirlemek için Tsunami Erken Uyarı Sistemi geliştirilmiştir. Bölgedeki sismograflar büyük bir depremin olduğunu saptadıklarında, yerini belirleyip, Hawaii'deki merkezi arayarak muhtemel tsunami oluşumu hakkında uyarır. Tektonik levhaların okyanus kenarları boyunca oluşan depremlerin tümü dikkate değer ölçüde tsunami oluşturmayabilir. Tsunami dalgasının üretilmesi için okyanus tabanında fay boyunca düşey hareketin olması gerekir. Bu hareketler, özellikle yitim zonları boyunca gözlenir.

Deprem sonucu göl ve büyük su rezervuarlarında istinat duvarlarının çökmesi veya büyük boyutta heyelanların oluşması sonucunda, akarsu akışı-aşağı yörelerde yaşayan insanlar ve rihim, baraj ve kanalizasyon sistemleri için ciddi riskler

gelişmiş yüzey kırılmalarına neden olmuştur. Bu tür kırılmaların da faylanma ile herhangi bir ilişkisi bulunmamaktadır.

## Deprem hasarlarının nedenleri

Deprem hasarı, yapı ile zemin arasındaki etkileşim ile ilişkili olduğundan, herbir yıkıcı depremde aynı faktörler rol oynamaktadır.

1- Depreme dayanıklı yapı yönetmeliklerine uygun olmayan bina üretimi.

2- Jeolojik faktörler/zemin koşulları: Deprem odak noktasında (hiposantr) faylanma sonucu sert kayalar yırtılır ve sismik dalgalar yayılmaya başlar. Sismik dalgalar yeryüzüne yaklaştığı zaman, gevşek ve suya doygun zeminlerde oldukça karışık kırılma ve yansımalar uğrarlar. Sismik dalgaların hareketleri, yeryüzüne yakın tabakaların bileşimi ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak değişir. Genellikle yeryüzüne yakın tabakalar ne kadar yumuşak ve kalın olursa, sismik hareketler de o kadar büyük ve hareket süresi de o kadar fazla olur. Bu nedenle deprem merkezi ve kırılmış faydan uzakta

sözkonusudur. 9 Temmuz 1958 tarihinde Lituya Körfezi'ndeki (Alaska) 7 büyüklüğünde bir deprem, körfez içinde büyük bir heyelanı tetiklemiş ve 60 m yüksekliğinde su dalgaları meydana getirmiştir. Bu dalgalar, kayıkları, 25 m yükseklikteki ağaçların üzerine taşımış ve dalga hızı, kıyı boyunca bulunan bitki örtüsünü tahrip edecek ölçüde olmuştur.

" Seiche " adı verilen su yüzeyindeki salınımlar, zeminin sarsılması sonucu oluşur. Bu olay, tabakadaki suyun ileri-geri hareket ettirilmesi sonucu taşmasına benzetilebilir. Büyüklüğü yüksek olan depremlerin oldukça uzak mesafelerde bu türden seiche olaylarına neden oldukları bilinmektedir. Örneğin, 1755 Lizbon depremi, Hollanda, İsviçre, İskoçya ve İsveç gibi çok uzak ülkelerdeki göl ve su kanallarında gözle görülür salınımlara yol açmıştır.

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi depreminin herhangi bir tsunami oluşturması mümkün değildir. Çünkü bu depremin yüzey faylanması sırf doğrultu-atımlı faylanma (yatay yönlü hareket) şeklinde gerçekleşmiştir. Deprem hiposantrının Gölcük yakınında olması ve en büyük enerjinin buradan çıkması, fayın İzmit Körfezi güney sahiline yakın uzanması, yani yırtılmanın burada başlaması ve güneydeki sahilin eski alüv-

bulunan Adapazarı, Düzce, Akyazı ve Gölyaka gibi düzlük alanlarda kurulan kentler, gevşek ve suya doygun genç çökeller üzerinde kuruldukları için, bu tür zeminlerde hareketler önemli miktarda büyütülmüş ve ağır hasar olmuştur. Benzer olarak 1989 Loma Prieta depremi merkezinden 100 km uzaklıkta bulunan sonradan kurutulmuş ve ıslah edilmiş Marina bölgesinde (San Fransisko) ağır hasar meydana gelmiştir. Bu bölge oldukça kalın yumuşak körfez çamurlarının üzerine kuruludur. Bu nedenle deprem hasarları özellikle kalın ve suya doygun yumuşak zeminlerde yoğunlaşmaktadır.

3- Topografik faktörler/havza tabanı topografyası: Hasar dağılımında zemin koşullarının yanında topografik faktörler de önemli rol oynamaktadır. Aynı zemin yapısındaki tepelerde bulunan yerleşim yerleri, düzlük alanlara göre daha şiddetli sarsılırlar. Bu tepeler yüksek katlı binalar gibi davranış gösterirler. Dolayısıyla tepelerin salınım periyodları daha büyüktür. Topografik faktörlerden kaynaklanan hasarlar 1998 Ceyhan-Misis ve 1995 Kobe depremlerinde açık olarak

yon ve dolgu zeminden oluşması nedeniyle sahil boyunca bir çökme meydana gelmiştir. Bu çökme, İzmit sahilini vuran 1 m yüksekliğe erişen deniz dalgalarının oluşmasına neden olmuştur. Bu oluşan dalgalar tsunami olarak nitelendirilemez. Eğer bu deprem tsunami dalgası oluşturmuş olsaydı, depremden bir süre sonra sonra İstanbul, Tekirdağ, Bandırma, Kapıdağ ve Marmara adasında da tsunami dalgaları ve etkilerinin sahil boyunca olması gerekirdi. Örneğin, Hokkaido güneybatısından 70 km uzaklıkta Japon Denizi içinde, 12 Temmuz 1993 Hokkaido-Nansei-Oki (Japonya) depremi (Ms=7.8) oldukça yıkıcı sonuçlar doğuran tsunamiye neden olmuştur. Depremin odak derinliği 34 km derinin altında yer almış ve tsunami sonucu Japon denizinde 270 kayık batmıştır. Tsunami, Hokkaido ve Okushiri adasını oldukça fazla etkilemiş ve 200 kişinin ölmesine ve 690 evin haritadan silinmesine neden olmuştur. Burada dalgalar 5-10 metre, bazı yerlerde 30 metre yüksekliğe erişmiştir. Erken Tsunami Uyarı Sistemi depremden beş dakika sonra devreye girmiş, ancak deprem merkezinden yalnızca 20 km uzakta bulunan ve oldukça hızlı ilerleyen dalgalar nedeniyle bu adada yaşayan insanların yükseklere kaçacak kadar zamanları olmamıştır.



gözlenmiştir. Diğer taraftan havza tabanı topoğrafyası da hasarların farklı olmasına neden olmaktadır. Çünkü bu tür süreksizlik yüzeylerinde dalgalar farklı yansıma, kırılma ve karışmalar göstermektedir. 17 Ağustos 1999 depreminde Akyazı, Düzce, Gölyaka ve Adapazarı ovalarındaki hasarların bir kısmı da havza tabanı topoğrafyasından kaynaklanmıştır.

4- Dalga yayılma yönü: Depremde enerji faya dik alanlara göre, faylanma yüzeyi boyunca daha fazla açığa çıkar ve yırtılma boyunca bulunan yerleşim yerlerinde diğer üç faktörlere bağlı olarak hasar daha fazla olabilir. Dolayısıyla bu etki, dalganın yayılma yönü ile ilgilidir. Buna karşın, eğer zemin sert kayalardan oluşmuşsa faylanma yakınında olan yapılarda herhangi bir hasar olmayabilir. Örneğin 1995 Kobe depreminde Awaji Adası'nda 1.5 m'lik sağ yanallı atımın geliştiği faylanmanın 1 metre yakınındaki evde hiç bir hasar olmamıştır. Sadece fayı enine kesen bahçe çiti 1.5 m ötelenmiştir. Benzer biçimde depremin dış merkezinin bulunduğu Gölcük'te fayın hemen yanındaki binalar çok az hasar görmüştür.

5- Dalgaların uzun periyod etkisi: Deprem sonucu yer-çindeki bazı süreksizlik yüzeyleri yeryüzü boyunca uzun periyodlu yüzey dalgalarının yayılmasına ve merkezden çok uzak yumuşak düzlük alanlarda kurulmuş yerleşim yerlerinde ağır hasar meydana gelmesine neden olurlar. Örneğin 1999 İzmit Körfezi depreminde Eskişehir'de oluşan hasarın, depremin uzun periyod etkisinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

## Deprem riskinin belirlenmesi ve deprem zararlarının azaltılması

Dünyada doğal afet zararlarını azaltmak için ilk adım, Birleşmiş Milletler tarafından, 1990-2000 yıllarını "Doğal Afet Zararlarının Azaltılması On Yılı" (IDNDR) olarak ilan edilmesi ile atılmıştır. Birleşmiş Milletler, Ulusal kurum

ve kuruluşlar, mühendislik büroları ve jeolojik örgütler, deprem ve tsunami gibi doğal afetlerin zararlarını en aza indirmek için ortak çalışma programları hazırlamışlardır. Depremden etkilenen ülkeler, depremleri önlemede çaresiz kalmıştır. Fakat Birleşmiş Milletler, deprem riskini, insanlık üzerindeki etkilerini büyük ölçüde azaltabilecek programlar hazırlamıştır.

IDNDR komisyonunun yaptığı bu tür çalışmaların en başarılı örneği "Tsunami Uyarı Sistemi"nin geliştirilmesidir. IDNDR toplantısına katılan ülkeler, deprem riskini azaltma konusunda her ülkenin kendi başına çalışması yerine birlikte hareket etmeyi önermiştir. Büyük bir barajın arkasında yer alan su dalgalarını analiz edebilmek için, baraj ve kanyon tabanı ile kenarı arasındaki temas bölgesinde oluşabilecek sismik hareket hakkındaki verilerin bilinmesi gerekir. Bu tür bilgileri elde edebilmek için her ülke barajların civarına sismik faaliyet ölçen araçlar yerleştirerek uzun süre gözlemek zorundadır. Sismik olarak aktif olan birkaç ülkede IDNDR sismik faaliyet ölçen araçlar kurarak çok yakın zamanda bilgi elde etmeyi ümit etmektedir.

Sismik tehlikeleri belirleyebilmek için planlanmış birçok proje arasında IDNDR özellikle kabuk içerisindeki P ve S dalgalarının hızlarını kullanarak kısa-sürelili uyarı sistemlerinin geliştirilmesini hedeflemektedir. Büyük bir deprem olduğu zaman, yoğun yerel sismograf ağı tarafından elde edilen odak yeri ve zamanına ait kayıtların bilgisayar aracılığı ile hızlı bir şekilde (örneğin 4 saniye içerisinde) belirlenmesi ve telefon ya da radyo hattı vasıtasıyla mesajın birkaç yüz km uzaklıktaki yerlere haber verilmesi düşünülmektedir. Hasar yapıcı S dalgaları yaklaşık yarım dakika sonra ulaşacağı için, özellikle depreme duyarlı sistemlerin kapatılabilmesi için bu süre yeterli bir zamanı oluşturabilir. Benzer bir deprem uyarı sistemi yaklaşık 25 yıldır Japon Demiryollarında başarı ile uygulanmaktadır. Hızı saatte 240

km'ye erişen Shinkansen adlı hızlı trenler, bir deprem anında raylarda oluşabilecek hasarlardan dolayı büyük bir tehlike altında bulunmaktadır. Ray yakınlarına yerleştirilmiş sismograflar, zemin ivmesinin yerçekimi ivmesinin belirlenmiş bir miktarını aştığını belirtir belirtmez, Shinkansen'e bağlı elektrik sistemi otomatik olarak kesilmektedir.

IDNDR'in hedeflediği diğer programlar arasında, sarsıntı derecesini, zemin sıvılaşmasını ve diğer tip sismik etkileri önceden belirleyebilecek şiddet haritalarının hazırlanmasını kapsamaktadır. Bu tür haritalar, bir deprem tarafından oluşturabilecek hasarı en etkili bir biçimde azaltabilmek için mühendislere depreme dayanıklı bina yapımı ile ilgili tekniklerin geliştirilmesi yönünde hizmet edecektir.

Çoğu insanın evde olduğu anda büyük bir depreme yakalanma olasılığı oldukça yüksektir. Maalesef birçok yerde iskan alanları sismik olarak tehlikeli bölgelerde kurulmuştur. Akdeniz bölgesi ülkeleri ile birlikte, Ermenistan, Türkiye, İran, Güney ve Orta Amerika ile Asya ülkelerinde, yığma taş ve briket yapılar ile ağır çatı malzemeleri, orta büyüklükte bir depremde bile yüksek ölümlere neden olmaktadır.

A.B.D ve Yeni Zelanda ile birlikte Japonya'da da tek ya da çift katlı ahşap evlerin, bir deprem sırasında en güvenli yapılar oldukları gösterilmiştir. Bu tür binaların hasar görmelerine karşın, tamamen çökme olasılıkları oldukça düşüktür. Çünkü ahşap kısımlar arasındaki kuvvetli bağlantılar, kuvvetli düşey ya da yatay ivmelerde bile çatıyı veya üst katları kolaylıkla destekleyebilmektedir.

Yapıları güçlendirerek veya yeniden yaparak sismik risk azaltma çalışmalarının pahalı olduğu anlaşılmıştır. Şehir plancuları, para tahsislerinde, deprem tehlikesi altında olan bölgelerdeki can ve mal kaybı olasılığı ile risk azaltma maliyeti arasında mutlaka bir dengenin olması gerektiğini vurgulamaktadırlar. Bu tür çalışmalarda ilk adım potansiyel tehlikenin belirlenme-



## DEPREMLERİN ÖNCEDEN KESTİRİLMESİ

sidir. ABD'de belirli bölgelerin ve tüm ülkenin zemin-titreşim tehlike haritaları hazırlanmaktadır. Bu haritalar, belirli bir zamanda, (örneğin 50 yıl içinde) sismik şiddet parametrelerinin (örneğin ivmenin) aşılp aşılamayacağı ile ilgili bilgiler sunmaktadır. Bu tür haritalar yapılırken daha önceleri tarihsel sismik faaliyet ve şiddet haritaları gözönüne alınmaktaydı. Fakat bugün bu tür yaklaşımlar terkedilmiştir; bunun yerine aktif fay hatları boyunca değişik büyüklükteki depremlerin oluşum sıklıkları dikkate alınmaktadır.

Eski yapılar, en fazla deprem riski altında bulunan yapılardır. Can kurtarma ile bina fiyatlarını düşürme arasındaki ilişki, Kaliforniya'da devlete ait binalardaki sismik dayanımla ilgili çalışmalarda en iyi şekilde sergilenmektedir. 20 milyarı aşan değerdeki devlet binalarının çoğunun, bir deprem anında hasar görebileceği belirtilmektedir. 1974 yılında, Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesi'nde, bu problemle ilgili ilk sayısal çalışmayı yürüten komite hayat kurtarılmasını en öncelikli tercih olarak almıştır. Bir bina güçlendirildiği veya yeniden inşa edildiği zaman, can kaybını önlemek için hedeflenen kuralların yerine getirilemeyeceği yaygın bir kandırdır.

Deprem riski taşıyan ülkelerde ekonomik kaybı önlemekten ziyade can kurtarmanın çok daha önemli olduğu konusunda kamuoyu baskısı bulunmaktadır. Yine de en düşük bina standartları uygulandığı zaman, can kaybı düşük olsa bile yapılardaki hasar önemli olabilir. Elbette en iyi çözüm hem can kaybını hem de maddi kaybı önlemektir.

17 Ekim 1989 Loma Prieta depreminden alınan önemli derslerden birisi de elektrik trafoları, su, kanalizasyon, iletişim ve taşıma hatları gibi hayati sistemlerin sismik davranışlarıdır. Bu depremde sismik kaynaktan 70 km uzakta, San Francisco'daki elektrik sistemlerinde gözlenen yıkım bu görüşü desteklemektedir. Aynı sorun Japon yetkilileri de kaygılandırmıştır. Yükselen emlak fiyatları, kıyı dolgusu yoluyla

Yerkabuğu içerisindeki deformasyon-miktarının anlaşılması ve yer-zaman boyutunda büyük depremlerin düzenli aralıklarla yinelenmesi, yakın gelecekte deprem oluşturma potansiyeli çok yüksek olan ve arada kırılmadan kalan sismik boşlukların belirlenmesine yardımcı olmuştur.

Son yıllarda depremlerin önceden kestirilmesi çalışmalarında, sismik olarak faal kıtasal alanlarda kabuk içerisindeki kayalarda, fiziksel parametrelerin düzensiz değişimlerinin ölçülmesi hedeflenmiştir. Bu parametrelerdeki uzun-sürekli değişimleri izlemek amacıyla özel algılama aygıtları kurulmuştur. Bununla birlikte, ölçüm sayıları sınırlı kalmış ve şimdiye kadar elde edilen sonuçlar üzerinde bazı uyumsuzluklar gözlenmiştir. Bazen bir yerel depremden önce, olağan olmayan davranışlar farkedilmiştir; bazen de hiç bir şey gözlenememiştir. Diğer yandan, bazı değişimler ise bir depremin habercisi olmamıştır. Aşağıda beş önemli deprem habercisi sıralanmıştır.

- 1- P dalgası hızı
- 2- Zemin yükselimi ve eğimlenmesi
- 3- Kuyularda radon gazı çıkışı

arazi kazanımını teşvik etmiştir ve nüfus yoğunluğu çok fazla olan sanayi ve ticaret bölgelerinin bu alanlarda gelişmesine neden olmuştur. 1923 Kanto depreminde olduğu gibi 7.9 büyüklüğündeki bir depremin oluşturduğu sıvılaşma, şehrin dolgulanmış 69 km<sup>2</sup> lik alanında ana su yolları gibi hayati sistemlerin çökmesine neden olabilir.

"Uluslararası Doğal Afet Zararlarının Azaltılması On Yılı" süreci içinde hedeflenen noktalara ulaşılmış mıdır? Şüphesiz bu son on yıl içinde yapıım kurallarında önemli ilerlemeler kaydedilmiş ve mühendisler büyük bir deprem esnasında, çeşitli tip yapıların davranışları ile ilgili olarak önemli bilgiler elde etmişlerdir. Yapının zeminden yalıtılması gibi sarsıntı şiddetini sınırlayabilecek yeni yapıım teknikleri geliştirilmiştir. IDNDR'in hedeflediği çalışmalarda, fiyatların yükselmesi ve parasal desteklerin azalmasına bağlı olarak, aksamalar sözkonusu olmuştur. Ekonomik açıdan

4- Kayaçlardaki öz-direnç değişimleri

5- Deprem sıklık sayısı

Bir kasırgadan önce havada olan bazı değişiklikler gibi, ana fay boyunca bir kayma başlamadan önce de kayaçların elastik özelliklerinde bazı değişiklikler oluşur. Bu değişiklikler, faydaki kırılmadan saatler ya da aylar öncesinde izlenebilir. Kaya mekaniği laboratuvarı çalışmaları, suya doygun kayaçlarda basınç artarken, kayacı zayıflatan küçük kırıkların geliştiğini, gözeneklerin suyla dolduğunu ve kayacın tamamına yayıldığını göstermiştir. Saha çalışmaları ile ilgili birkaç önemli gözlem şöyledir: Kayaç, hacim olarak genişlemektedir, çözücü gazlar yüzeye doğru kaçış yolları bulmakta, P dalgasının hızı S dalgasından farklı olarak değişmekte, ve su kayaçların öz-dirençini değiştirmektedir.

Bu parametreler deprem habercisi olarak nasıl kullanılabilir?

1- P ve S- dalgalarının seyahat zamanlarında, saniyenin yüzde biri kadar değişimler modern sismograflarla kolaylıkla ölçülebildiği için, P-dalgasındaki değişimler son derece önem taşır. P ve S-dalgaları, odak bölgesi içerisindeki daha küçük depremler, ya da odak bölge-

karşılaşılan en ciddi sorunlardan biri de hasar görebilecek bina ve hayati sistemlerin yeniden inşası için mali kaynak bulunmasıdır. Ayrıca dünyada deprem mühendisleri ve bilimcileri, 1985'den beri araştırma için ayrılan bütçenin azaltılmasından şikayet etmektedirler. Diğer bir sorun sismik risk haritalarının hazırlanamaması olacaktır. Bilindiği gibi zemin titreşiminin etkisi bir depremden diğerine, veya bir bölgeden diğerine oldukça büyük farklılıklar göstermektedir. Dünyada sadece birkaç bölgenin ayrıntılı sismik risk haritası mevcuttur. Bu nedenle risk altında bulunan bir bölgenin tüm yeraltı özellikleri bilinmediği sürece, sayısal haritalamanın tam bir yararı olmayacaktır.

Diğer taraftan emniyet hedefine ulaşmak için deprem risk azaltma çalışması geniş bir politik desteği yanına veya karşısına alabilir. Bununla birlikte, ulusal refahı tehdit eden deprem riski, deprem mühendisleri, jeoloji mühendisleri, şehir



si dışındaki daha büyük depremler tarafından, patlatmalar ve/ya mekanik darbe ile üretilebilir. ABD'de, San Andreas Fayı boyunca oluşan çok sayıda küçük ve orta büyüklükteki depremlerden önce seyahat zamanlarında önemli değişimler görülmüştür.

2- Diri faylar yakınında zemin eğimlenmesi şeklinde zemin seviyesindeki değişimlerdir. Birkaç bölgesel ölçekte yükselimin olduğu alanda yapılan çalışmalar, bu tür ölçümlerin güvenilirliği hakkında kesin olmayan bilgiler vermiştir.

3- Diri faylar boyunca radon ve diğer gazların, özellikle derin kuyulardan atmosfere yayılması. Sovyetler Birliği'nin (şimdiki BDT) bazı bölgelerinde depremlerden önce önemli derecede artan radon yoğunlaşması saptanmıştır. Normal olarak, suskun dönemlerde, diri fay zonlarında özellikle yapısal olarak zayıf olan fay bükümü ve kesişme alanlarında yoğunlaşan bazı gazlar bulunmaktadır. Toprakta, havada ve yeraltı-suyundaki radon gazı yoğunlaşmasında değişimler, büyük bir depremin hem birkaç km'lik dış merkez bölgesinde, hem de yüzlerce km uzaklıktaki alanlarda saptanır. Radon gazının yoğunlaşmasındaki düzensiz dalgalanmalar, depremden önce, sonra ve hiç

deprem olmayan bölgelerde ayrı ayrı ölçülür. Jeolojik ortamların, değişken olmasından dolayı, gaz yoğunlaşmasındaki normal değişimlerin deprem habercisi olup olmadığını belirlemek mümkün olmamaktadır.

4- Deprem bölgelerindeki kayaçların elektrik iletkenlikleri: Yüksek basınç üreten cihazlarda, kayaç örneklerinde yapılan laboratuvar deneyleri, granit gibi suya uygun kayaçların öz dirençlerinin kaya kırılmadan önce çok fazla değiştiğini göstermiştir. Fay zonları boyunca, bu özelliği belirlemek için birkaç saha deneyi yapılmış ve depremden önce kayaçların öz dirençlerinin azaldığı gözlenmiştir. Diğer bazı saha çalışmaları ise hiç bir değişikliğin olmadığını göstermiştir.

5- Sismik faaliyetteki değişimler: Bu parametre, önceki dört parametreye göre daha çok bilgi sağlamaktadır; ancak sonuçlar kesin değildir. Bir bölgede arada bir normal deprem oluşumlarından çok farklı değişimler gözlenebilir. Bu değişimler, genellikle küçük deprem sayısındaki artışlarla ilgilidir. Bu tür depremler bazen, hasar yapıcı bir depremin öncüsü olabilir. Bu öncül depremlere dayanan ilk başarılı tahminler İtalyan sismologlar tarafından gerçekleştirilmiştir. İtalya'nın kuzeyinde

Friuli bölgesinde, 6 Mayıs 1976 tarihindeki bir ana şoktan sonra oluşan artçı-depremlerin sayısı ve büyüklüğü araştırılmıştır. 1976 yılı Eylül ayı başlarında bölgede günlük deprem sayısında önemli artışlar gözlenmiştir. Bu gözleme dayanarak, dayanıklılığı kuşkuyla olan binalarda yaşayan insanların dışarıda veya çadırlarda yaşaması için genel bir uyarı ilan edilmiştir. 15 Eylül 1976 tarihinde 5:15 sularında  $M_s=6.0$  büyüklüğünde büyük bir artçı-deprem olmuş, çok sayıda dayanıksız bina çökmüş ve deprem en az can kaybı ile atlatılmıştır.

Deprem Zararlarının azaltılması çalışmalarına paralel olarak, depremlerin önceden kestirilmesi çalışmaları da yürütülmelidir. Depremlerin önceden kestirilmesi çalışmalarında son derece güvenilir bilgilerin derlenmesi ve eski Sovyetler Birliği ve Çin'de gerçekleştirilmiş olan, depremlerin önceden kestirilmesi programları dikkate alınmalıdır. Bu, sözü edilen yer kabuğundaki eğimlenme ve yükselmeler, su seviyesi değişimleri, jeomanyetik ve elektrik ile sismik faaliyetteki yer-zaman dağılımları ve anormal hayvan davranışları gibi deprem habercileri sürekli olarak izlenmelidir.

plancıları ve sismik emniyeti artırmak için uğraşan diğer meslek sahipleri ve bilimciler tarafından öne sürülen bütçe ve kaynaklar üzerine olumlu etkiler sağlayabilir; ancak geçmişte bu tersine işlemiştir.

Metropoller ve yakın çevresinde oluşabilecek büyük yıkıcı depremlerin yalnızca bölgesel değil aynı zamanda ulusal anlamda da önemli ekonomik kayıplara neden olduğu açıkça görülmektedir. Depremden sonra sanayi ve ticaret kuruluşlarının çalışmaları duraksayacak ve tüm ülkenin yaşam standartı gerileyecektir. Tokyo, Los Angeles, Mexico City, Manila ve İstanbul gibi megakentler gelecek birkaç on yıl içinde büyük bir deprem yaşama olasılığı yüksek olan şehirlerin başında gelmektedir. Depremlerin önceden kestirilmesindeki sorunlara ve bazı teknik boşluklara rağmen, gelecek on yıl içinde deprem riskinin kabul edilebilir bir seviyeye indirilmesi mümkündür. Yer yapısı ve dinamiği ile ilgili jeolojik bilgi-

lerin geliştirilmesi ana unsurları teşkil etmektedir. Deprem oluşum mekanizması hakkında ne kadar çok bilgi elde edilirse, deprem tehlikesi de o ölçüde doğrulukla belirlenebilecektir.

## Doğal afet zararlarının azaltılmasına ilişkin yerbilimsel öneriler

Ülkemizin % 96'sının deprem riski altında olması, ayrıca Karadeniz bölgesinden Ege bölgesine, İstanbul'dan İzmir'e büyük şehirlerde, her yağış sonrasında pek çok alanın heyelan, su baskını, çığ düşmesi vb. gibi doğal afetler ile karşı karşıya kalması nedeniyle, her şeyden önce toplumumuzun afetler konusunda bilgilendirilmesi ve bu afetlere karşı hazırlıklı duruma getirilmesi bir zorunluluk olarak ön plana çıkmaktadır. Bunun için de ülkemizde afetlere hazırlık önlemleri ve afet sırası davranışları ile ilgili genel bilgilendirme, uyarı sis-

temleri kurma ve geliştirme, sivil örgütlenme, medyanın kullanımı, kamu yararı gözetmeyen uygulamalara karşı denetleme ve alınacak cezai yaptırımların yanısıra, halkta Afet Kültürü oluşturmak son derece önemlidir.

Ülkemizde meydana gelen afet zararlarının azaltılmasında alınabilecek etkili önlemler her şeyden önce tutarlı ve kararlı bir denetim sisteminin kurulabilmesine bağlıdır. Çünkü yapılan imar planları üzerinde ciddi ve kararlı bir sistemin kurulamayışı, imar planlarının keyfi değiştirilmesine ve olası afet risklerine karşı yapılan önerilerin dikkate alınmamasına, sonuçta sistemin iflasına yol açmıştır.

İmar planlarının ve yapı projelerinin kamusal-mesleki denetimi TMMOB'ye bağlı meslek odalarının yapılması bir an önce yasal güvenceye kavuşturulmalıdır. Yerbilimleri açısından öneriler şöyle özetlenebilir:

1- Diri fayların ayrıntılı bir şe-



kilde haritalanması: Türkiye'deki diri faylar ve bunların depremselliği ile ilgili son bilgiler ışığında Türkiye'nin Deprem Bölgeleri Haritası'nın yeniden gözden geçirilmesi gerekmektedir.

2- Diri fayların oluşturduğu morfolojik yapıların araştırılması ve bu faylarda hendek açımının (trenching) yaygınlaştırılması,

3- Deniz ve göl kıyılarında taraçaların ayrıntılı olarak incelenmesi,

4- Ülke çapında depreme hassas olan akarsu, göl, alüvyal yelpazeler gibi genç suya doymuş çökellerin haritalarının yapılması,

5- Tsunami çökellerinin tespit edilmesi,

6- Yerel zemin koşullarının ayrıntılı olarak saptanması,

7- Yerel zeminlerde (jeolojik bilgilerin ışığı altında) en büyük ivme değerlerinin hesaplanması.

8- Bölgesel ve yerel ölçekte mikro-bölgelendirme haritalarının yapılabilmesi için mutlaka Kuvvetli Yer Hareketi İvme ölçerlerinin ülke çapında yaygınlaştırılması,

9- Sıvılaşabilecek zeminlerin ayrıntılı olarak haritalanması,

10- Yıkıcı depremlerin olduğu bölgelerle ilgili ayrıntılı mühendislik haritalarının, kritik alanların neotektonik haritalarının ve ayrıntılı jeolojik çalışmalarının yapılması,

11- Deprem sonucu hareket edebilecek heyelan alanlarının saptanması,

12- Türkiye'deki depremleri kaydetmek üzere yeterli sayıda bölgesel-yerel boyutta sismograf ağıının yaygınlaştırılması,

13- Geçmiş depremlerle ilgili doğru ve ayrıntılı katalogların hazırlanması,

14- Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) yaygınlaştırılması,

15- Büyük bir depremin ardından ayrıntılı gözlemsel çalışmaların yapılması,

16- Deprem habercisi olabilecek olayların çok ayrıntılı olarak çalışıl-

ması ve ayrıntılı yasal düzenlemelerin yapılması,

17- Baraj ve yapay göller gibi büyük su rezervuarlarında su yükü ve gelişen gerilmeler sonucu olabilecek faaliyetin ayrıntılı olarak incelenmesi,

18- Tsunami oluşmasına neden olabilecek kaynak alanların tespit edilmesi ve tsunami dalgalarının muhtemel yayılabileceği alanların simüle edilmesi,

19- Profesyonel ve teknik personelin eğitilmesi: Türkiye jeolojisine yönelik sağlıklı bilgiler elde etmenin yanı sıra, depremlerle ilgili kamu kuruluşlarında çalışan jeoloji mühendislerinin meslek-içi eğitimlerinin sağlanması; üniversitelerdeki ilgili bölümlere Neotektonik ve Sismotektonik derslerinin konulması; kurumlarda ve üniversitelerde doğal afetlerle ilgili araştırma ve projelerinin artırılması,

20- Bölgesel, ulusal ve uluslararası ortamda depremlerin önceden kestirilmesi ile ilgili programların yakından izlenmesi, yurt dışına bu konuda kısa ve uzun dönemli öğrenci ve teknik eleman gönderilmesi; ayrıca üniversitelerde bu konuda yüksek lisans ve doktora çalışmalarına yer verilmesi veya sayılarının artırılması,

21- Depremlerin önceden kestirilmesi ve zararlarının en aza indirgenmesi ile ilgili olarak konferanslara, seminerlere katılınması, bu tür organizasyonların düzenlenmesi ve bilgi alış-verişinde bulunulması,

22- Zemin etüdlerinin yasal zorunluluk haline getirilmesi,

23- Kent planlarının ayrıntılı olarak hazırlanması,

24- MTA, DSİ, Köy Hizmetleri, Belediyeler, Atom Enerjisi Kurumu, Nüfus İdaresi gibi kuruluşlarda bulunan bilgilerin Afet İşleri Genel Müdürlüğü gibi bir kurumun bünyesinde toplanması (doğal afet bilgi bankası kurulması),

25- Türkiye'de deprem poli-

tikasına yeni bir boyut kazandırılması, Kandilli, Erzurum ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nde yürütülmekte olan Sismoloji istasyonların tek bir merkez altında toplanması, deprem sonrası iyileştirme politikaları yerine, deprem-öncesi önleyici ve koruyucu politikaların geliştirilmesi,

26- Mühendislerin ekonomik koşullarının mutlaka iyileştirilmesi, beyin gücüne önem verilmesi ve bu sayede ülkenin dünyadaki bilimsel yerini alması,

27- Deprem Sigorta Sisteminin hayata geçirilmesi; denetleme hizmetlerine yeni bir esas getirilmesi; bu amaç için yapı polisi, deprem sigortası gibi konuların, ilgili meslek odaları, belediyeler ve üniversitelerle birlikte ele alınması,

28- Türkiye'deki deprem tehlikesi ve boyutları, örneğin deprem kuşakları, geçmişte olmuş depremler ve meydana getirdiği zarar ve kayıplar, gelecekteki deprem tehlikesi ve riski hakkında topluma ayrıntılı bilgi verilmesi ve toplumun bu konuda uyanık tutulması.

Sonuç olarak, devlet, doğa olaylarının afetlere dönüşmemesi için yerleşim alanlarının seçilmesi, planlanması, sanayi tesisleri, otoyol, tünel, baraj vb. gibi büyük altyapı projelerinin gerçekleştirilmesinde ayrıntılı jeolojik/jeoteknik etütlerin yaptırılmasını zorunlu kılacak ve bunların denetiminin ilgili meslek odaları tarafından yapılmasını sağlayacak yasal ve kurumsal değişiklikleri mutlaka yapmalıdır. Bu şekilde de afet zararlarını en aza indirmeye çalışmalıdır.

**Ramazan Demirtaş**

Afet İşleri Genel Müdürlüğü

Deprem Araştırma Daire Başkanlığı

Jeoloji Mühendisleri Odası Bilimsel Teknik Kurul Doğal

Afetler Uyesi



# Orta Anadolu'nun En Büyük Dağı

# ERCİYES VOLKANI



**E**rciyes Dağı (3917 m) Kapadokya bölgesinin en büyük ve genç volkanlarından birisidir. Bu bölgedeki volkanizma yaklaşık 14 milyon yıl öncesine kadar dayanmakta olup, arkeologların ve turistlerin ilgi odağı haline gelmiştir. Volkanik ürünlerin oluşturduğu jeolojik oluşumların farklı sertlikte olmalarından dolayı farklı derecelerdeki ilginç yapılar oluşturmuştur. Beyaz, pembe, kahve ve siyahın eşsiz uyumu içerisindeki peri bacalarıyla içiçe geçmiş mağara evler bölgeye büyüleyici bir görünüm kazandırmaktadır.

Volkanizma, patlamalı ve lav yayımlı olarak iki evrede oluşmuştur. İnsan yaşamı ve çevre açısından son derece tehlikeli olmasına karşın, insanoğlu faal volkanlardan, özellikle Hawaii adalarında, İtalya, ve Endonezya gibi ülkelerde, turizm amaçlı olarak yararlanmaktadır. İzlanda'da volkanizma aralıksız olarak devam etmekte olup, kimi zaman denizi işgal ederek ülke topraklarına kara parçası kazandırmakta ve bunun yanı sıra jeotermal enerji ile de ülke ekonomisine büyük bir katkı sağlanmaktadır. Özellikle hidrotermal faaliyetlerin hazırlayıcısı olan

volkanlar altın ve bakır gibi elementlerce de zengin olabilmektedir.

Erciyes Volkanı, deniz seviyesinden ortalama 1000 m yükseklikteki bir havza içerisinde oluşmuştur. Yılın her mevsiminde zirvesinden kar eksik olmayan Erciyes, özellikle kış aylarında Türkiye'nin önde gelen kayak merkezlerinden biridir. Gelir getiren kaynaklarını, tekstil aşın duruculuğunda kullanılan pomza ve inşaat sanayinde yapı malzemesi olarak kullanılan ignimbiritler (iyi kaynaşmış tüf) oluşturmaktadır.



# Erciyes Dağı'nın Volkanolojik Gelişimi

Erciyes Volkanı yaklaşık olarak 4 milyon yıl önce oluşmaya başlamış ve 2000 yıl öncesine kadar gelişimini sürdürmüştür. Volkan iki evreden oluşmaktadır ve bu evreler birbirlerinden 18-14 km çapındaki iki kaldera yapısı (magma odasındaki volkanik ürünün dışarı çıkması ile oluşan çapı 2 km'den fazla olan çöküntü) ile ayrılmaktadır.

**I. Koç Dağ:** Volkanın doğu kısmını oluşturmaktadır. Çoğunlukla lav akıntıları meydana gelmiştir. İlk ürün alkali bazalt akıntılarıdır. Volkanizma, Koç Dağ'ın büyük kısmını oluşturan katmanlı andezitik lavlar ile devam etmiştir. Daha sonra gelişen aynı kökenli bazaltik andezit cüruf konileri bu dönemde (kaldera öncesi) patlamalı karaktere sahip tek volkanik faaliyettir. Koç Dağ evresi ignimbiritik püskürümlerin yayılması sonucu, kaldera oluşumu ile son bulmuştur (2.7-3 my). Volkanik kırıntı (Piroklast) oluşumunun birinci evresinde özellikle asidik volkanları temsil eden ve yüksekliği bir kaç kilometreyi geçen püskürme sütunundan itibaren oluşan pliniyen geri-düşme faaliyetleri ağırlıktadır. Bu ürünler havada rüzgar yardımı ile de taşınarak onlarca kilometre uzaklıklara kadar ulaşabilmektedir. İkinci evrede daha çok pomza akıntıları ger-

Peribacalan ve içlerine oyulmuş mağara evler, Kapadokya Bölgesi, Nevşehir

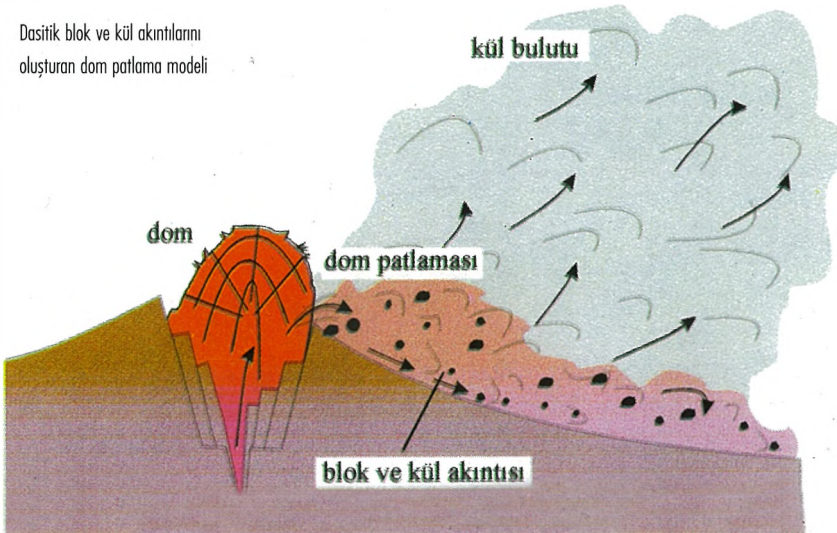


çekleşmiştir. Son ürünü üst seviyeleri kırmızı renkte, alt seviyeleri siyah renkte olan iyi kaynaşmış ignimbiritir. Bu ignimbirit yaklaşık 4000 km<sup>2</sup>'lik bir alan kaplamaktadır. Koç Dağ evresinin son ürünü kaldera sonrası gerçekleşen dasitik dom ve dom akıntılarıdır.

**II. Erciyes:** Volkanın batısında etkili olmuştur. İki bölümde meydana gelmiştir; birinci bölüm zayıf lav sokulumu ve geniş lav yayılmalarından oluşmaktadır. İlk lav faaliyeti kaldera içi ve kenarı andezitik dom ve dom akıntılarıdır. Daha sonra sırasıyla andezitik lavlar ile özellikle kaldera kenarında dizilmiş büyük dasitik dom ve dom akıntıları yerleşim bulmuştur. Kaynağı dasitik domlar olan breş çökelleri ise sadece volkanın kuzey yamacında, kaldera sınırının içerisinde yer almaktadır.

Bazaltik andezit lav faaliyetleri iki yayılımdan oluşmaktadır. İlk yayılım geniş lav akıntıları ile temsil edilirken, ikincisi ise cüruf konileri ve yine onlara ait olan lav akıntılarıdır. Birinci bölüm kuzeydeki dasitik dom-dom akıntıları, andezitik koniler ve bu konilere ait lav akıntıları ile sona ermektedir. İkinci bölümde daha çok dasitik ve riyoda-

Dasitik blok ve kül akıntılarını oluşturan dom patlama modeli







Dasitik bileşimli kuvvetli patlamalı volkanizma hakimdir. Dasitik patlamalar zirveye yakın dom yerleşim-

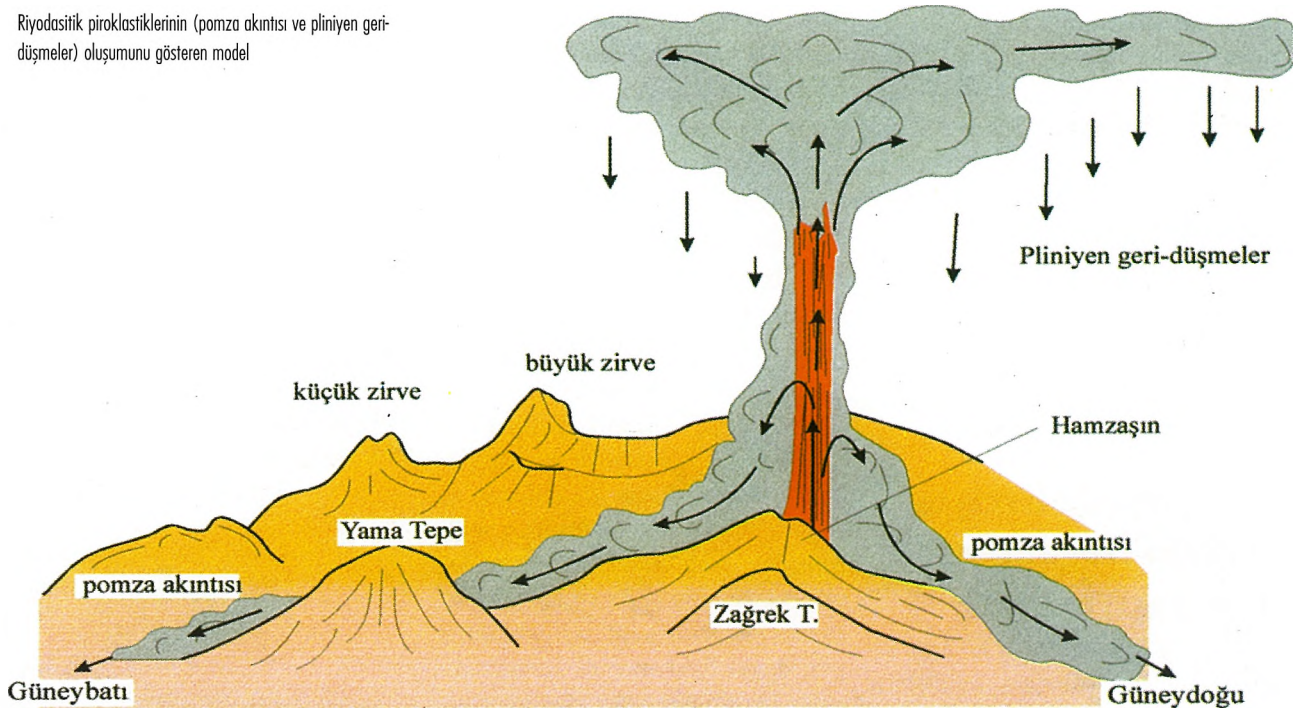
lerinden kaynaklanmaktadır. Ürünleri blok ve kül akıntısı olup, kuzeyde ve kuzey batıda merkez

koniye yakın, güneyde ise merkez koniden başlayarak 20 km kadar uzaklıkta bulunmaktadır. Riyodasitik patlamalar güneyde Dikkartın Dağı ve kuzeyde Perikartın domlarının yerleşiminden önce oluşmuştur. Pliniyen geri-düşmeler, sulu taban yayılımı ve pomza akıntıları bu evrelere ait piroklastik ürünlerdir. Güneyde hakim piroklastik ürün pliniyen geri-düşme ürünleri iken, kuzeyde pomza akıntılarıdır.

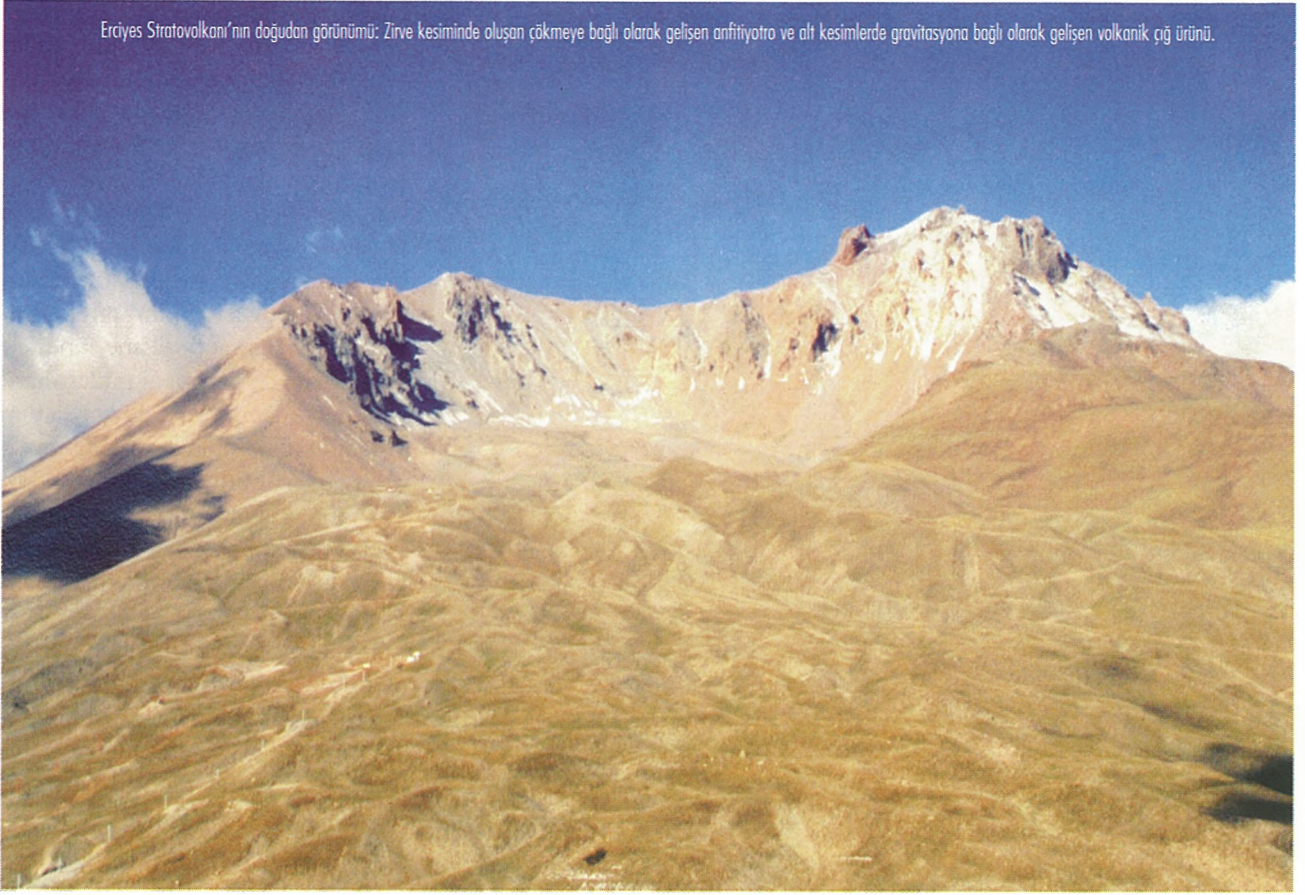
İkinci evrenin ve dolayısıyla tüm volkanın son ürünü zirvede meydana gelen anfiyatiro şekilli kalderaya ait volkanik çığ ürünleridir. Zirvenin yıkılması ile oluşan yığın akıntısı "volkanik çığ" olarak adlandırılmaktadır.

Volkanik çığ ürününün kendine özgü bir yapısının bulunması ve üzücü de olsa, bitki örtüsünün olmayışı kayak pisti için elverişli bir durum yaratmaktadır. Anfi-tiyatronun açık ağzı doğuya bakmaktadır. Ürün kum boyutlu olup, oldukça gevşek ve açık maviden açık kırmızıya değişen renklere sahiptir. Genellikle tepeciklerin bulunduğu kesimlerde tane boyu 2.5 m'yi aşan, çoğu dasitik bloklar bulunmaktadır. Volkanik çığ ürünleri yaklaşık 40 km<sup>2</sup>'lik bir alana yayılmıştır. Ürünün

Riyodasitik piroklastiklerinin (pomza akıntısı ve pliniyen geri-düşmeler) oluşumunu gösteren model







uzunluğu 7.8 km, en geniş yeri ise 4 km'dir. Kaldera çapı 2 km ve derinliği en fazla 900m'dir. Kaynak ile volkanik çığın vardığı son nokta arasındaki dikey yükseklik farkı 1100 m'dir. Zirvenin doğusunda yer alan volkanik çığ ürünleri tipik olarak yığın yapısı göstermektedir. Bu yapının özelliği düşük eğim yamaçlı çok sayıda tepeler ve çukurlar içermesidir. Tüm bu özelliklere volkanik çığ ürününün ortalama 15°'lik yamaç eğimi de eklenince ortaya kayak yapmak için ideal bir pist çıkmaktadır. Kış aylarında zirvede bulunan dinlenme tesislerinin doluluk oranının %100'ü bulunması iç ve dış turizm açısından ne kadar değerli olduğunun bir göstergesidir.

## Günümüzde Erciyes Volkanı Doğal Bir Risk Taşıyor mu?

Şu anda sönmüş olan Erciyes'te patlayacak bir volkanın belirtileri

bulunmamaktadır. Bir volkanın patlaması öncesinde gözlenen volkanın ısınması, zirvedeki karların aniden erimesi, dağ üzerindeki göl-göletlerin hızlı bir şekilde kayboluşu, kuyu ve kaynak suların kurumması, bitkilerin ölmesi, kuşların ya da diğer hayvanların ölümü veya kaçışı, gaz çıkışları, ve sık sık meydana gelen sismik olaylara rastlanmamaktadır. Ancak bütün bunlar Erciyes'in patlamayacağı anlamına da gelmemektedir. Nitekim Erciyes volkanının diri olan Ecemiş Fay hattının üzerinde olduğu, ve volkana yakın kesimlerde sıcak su kaynakların bulunduğu unutulmamalıdır.

Ayrıca bir volkanik faaliyet öncesinde koni ısınması ya da faaliyetle eş zamanlı ortaya çıkabilecek ve çoğu zaman volkandan çıkan malzemenin daha tehdit edici olan kırıntılı malzeme akışı ve sel baskınlarının yaratabileceği çamur akıntısı gibi doğal felaketler de bulunmaktadır. Doğabilecek bir akıntıda taşı-

nan malzemenin konsantrasyonu yüzeyde bulunan birimin pekişme derecesi ile ters orantılıdır. Dolayısıyla volkanik kırıntılı ürünlerin (pliniyen geri-düşmeler, pomza akıntıları, blok ve kül akıntı birikimleri, yamaç döküntüleri) bulunduğu yerler gevşek zemine sahip olup duyarlılıkları çok hassastır. Bu volkanik kırıntılı sürünler volkanın hem güney hem de kuzey yamacındaki derin vadilerin içerisinde ve akıntı yolu üzerindeki yerlerde bulunmaktadır. Erciyes çevresindeki yerleşim merkezleri çoğunlukla eğimin düşük olduğu bölgelerde kurulmuştur. O nedenle bitki örtüsünün son derece az olduğu Erciyes volkanı çevresi için her zaman doğal risk taşımaya devam edecektir.

**Erdal Şen**

Araştırma Görevlisi, H.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü



# VOLKANOLOJİ'DE BULANIK\* MANTIK

*Sorunlu konuların matematiksel olarak ifade edilmesini sağladığı ve jeolojik bilgi belirsiz bir şekilde tanımlandığı için bulanık mantık volkanik sistemlerin modellenmesinde basit ve güçlü bir araçtır. Bulanık mantık, esnek sınıflara olanak sağlar. Çünkü bu mantığın alanına giren kümelerin üyeleri ancak belli bir dereceye kadar bu kümelerle üyelik ilişkisi içindedir. Geleneksel sınıflamalara uymayan bir çok jeolojik nesne vardır, çünkü bu nesnelere sadece bir dereceye kadar kendi has özelliklerini gösterirler. Bu çalışmanın amacı bulanık mantık felsefesini araştırmacılara tanıtmak ve yer bilimciler arasında yaygın bir hale getirmektir.*

**B**ir çok jeolojik nesne sadece belli bir dereceye kadar kendi has özelliklerini gösterdiğinden, bunları geleneksel yöntemlerle sınıflandırmaya çalışmak hayal kırıcı sonuçlar doğurmaktadır. Kayaçlar belirsizliğin iyi bir örneğidir ve birkaç iyi tanımlanmış noktaya sahip sürekli bir yelpazede, sonsuz sayıda farklı doku, yapı ve mineralojik özelliğe sahip olmakla birlikte, genellikle karışık özellikler gösterdiklerinden tek bir kategoriye sokulamazlar. "Ofitik eğilimli doku" veya "Fenokristalleri yarı öz şekilli" gibi ifadeler kullanılır, çünkü bu kayaçlar ancak bir dereceye kadar ofitik doku gösterirler veya fenokristalleri ancak bir dereceye kadar öz şekillidirler. Benzer şekilde, bir kayaç iki zıt özelliği aynı zamanda gösterince (söz gelimi gözle görülebilir kristallerin olması veya olmaması durumunda) onu porfiritik-afanitik olarak tanımlarsınız.

Bulanık mantığı açıklamak için kullanılabilecek daha az tipik bir örnek ise bir lav akıntısının sıcaklığı kavramıdır. Lavların bu özelliği tek bir değerle betimlenememektedir çünkü bir lav akıntısının bazı bölümleri katılaşma (solidus) sıcaklığının altındayken, bazı bölümleri üstünde ve diğer bazı bölümleri ise ara değerlerde olabilirler. Bu nedenden ötürü Rothery ve Preri (1993) şunları yazmıştır: "Lav akışlarının fiziksel özelliklerinin ölçümleri yalnızca uygulamada değil aynı zamanda anlamları açısından da kolay kavramlar değildir". Öyleyse bir lav akışı aynı zamanda hem yüksek sıcaklık hem de düşük sıcaklık karakterinde olabilir. Bulanıklığın bir başka örneği ilerleyen bir piroklastik akışım

taşıma mekanizmasıdır. Bu tür bir akış tek düze (laminer) ve/veya tıpa akışları (Plug flows) şeklinde olabilir, akış oldukça şiddetli ise türbülans da önemli hale gelebilir (Cas ve Wright, 1988), fakat tek düze ve türbülanslı akışlar zıt uç üyelerdir. Benzer şekilde, bir sedimanter kütle akışı tane akışları, moloz akışları ve türbidit akıntılarının bir arda lanmasından oluşabilir ve akışın doğası zaman ve mekan içinde olasılıkla değişir (Middleton ve Hampton, 1973). Okuyucu kuşkusuz, jeolojide bulanıklığın, özellikleriyle ve zıtların aynı zamanda farklı derecelerde var oldukları diğer pek çok örneği hayal edebilecektir. Bu notun amacı, volkanoloji'nin, bulanık mantığın geniş olarak uygulanabildiği bir alan olduğunu göstermektir, çünkü belirsizlik gerçek dünyanın doğal bir özelliğidir ve bulanık mantık jeolojik sistemleri daha basit bir yolla tanımlamak için kullanışlı olabilir.

## Bulanık Mantık

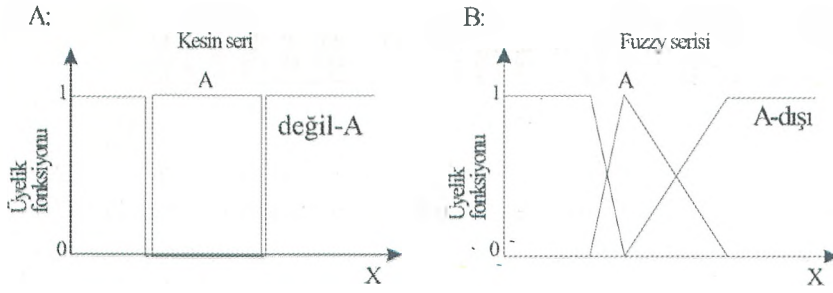
Berkeley'deki Kaliforniya Üniversitesi'nden Profesör Lofti Zadeh bulanık mantığın babasıdır. Ona göre, doğal sistemleri çalışmak için bir bulutsu nicelikler ve bulanık matematik gerekli idi. Bulanık mantık, sahip oldukları elemanlar, değeri 0 ile 1 arasında değişen üyelerin fonksiyonuna göre sadece bir ölçüde kümeye ait olan bulanık kümelerle ilgilenir. Örneğin elle çizilen bir kare kısmen kareler kümesine (yani saf matematiksel idealara) ve kısmen de, mükemmel olmadığını, kare-olmayanlar kümesine ait olur. Böylece bir bulanık küme (A), onun tamlayanı (A-olmayanlar) ile örtüşür. Çünkü, bazı ele-

manlar her ikisine de ait olabilir. Klasik mantık ile bulanık mantık arasındaki farkı anlayabilmek için klasik mantıkta geçerli olan, üçüncü şıkın olmazlığı yasası (excluded middle law) ( $A \cap \text{değil} - A = \emptyset$  ve  $A \cup \text{değil} - A = X$ , burada  $\emptyset$ , boş küme X, evrenin bütün elemanlarıdır) diye bilinen yasalara dikkati çekmek yararlı olacaktır. Halbuki bu yasalar  $A \cap \text{değil} - A \neq \emptyset$  ve  $A \cup \text{değil} - A \neq X$  (Ross, 1993) olduğu bulanık mantıkta geçerli değildir. Bu durum, bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları kullanılarak çizilen Şekil 1'deki bulanık kümede gösterilmiştir. Bu nedenden ötürü, bulanık mantık zıtlıkları kabul eder, çünkü bir nesne aynı zamanda hem kısmen A hem de kısmen değil-A olabilir. Yaygın üyelik fonksiyonları üçgenler, trapezoidler ve hatta, Gauss çan eğrileridir.

Bir bulanık (mantık) kuralı, bulanık kümeleri "Eğer Y, A ise o zaman Z, B"dir (burada A ve B bulanık kümelerdir) türünden koşullu EĞER-O ZAMAN cümleleri kullanarak ilişkilendirir. Bir bulanık sistem, bulanık girdilerle bulanık çıktıları EĞER-O ZAMAN cümleleri şeklinde birbirine bağlayan bir bulanık kurallar kümesidir (Jamshidi, Vadiie ve Rass, 1993). Bu nedenden ötürü, bir bulanık sistem özgün bir bilgiyi ya da uzman bir sistemi temsil eder. Sıradan bir örnek şöyle olabilir. 1) Eğer sıcaksa ısıtıcıyı kısın 2) Eğer soğuksa ısıtıcıyı yükseltin vb. Burada sıcak, soğuk, kıs, yükselt ifadelerinin tümü bulanık kümelerle temsil edilebilir. Böyle sistemlerde, birden fazla kural aynı zamanda ve paralel olarak çalışmaya başlayabilir. Bulanık mantık için yararlı, fakat

\*'Bulanık' terimi 'fuzzy' teriminin karşılığı olarak kullanılmıştır.





Şekil 1 (a): Katı küme A ile onun tamamlayıcı değil-A'nın birleşimi evrenin bütün elemanları kümesi iken kesişimleri boş kümedir. (b): örtüşüklerinden, bu durum bulanık kümeler için geçerli değildir.

akademik olmayan, yeni başlayanlara teknik kitapların şablonculuğundan kurtulma ve bulanık mantığın felsefesini anlama olanağını sağlayan bir giriş kitabı Kosko (1994) tarafından yazılmıştır. Bir başka özlü giriş kitabı ise, stratigrafi ve porozite konularında iki bulanık mantık uygulaması örneğini içeren Fang (1997)'in çalışmasıdır.

## Volkanoloji'de Bulanık Kümeler

Bu bölümde, üyelik fonksiyonlarıyla birlikte bulanık kümelerin kullanılmasının daha iyi bir sınıflama verdiği basit bir durumu göstermek istiyorum. Örneğin, boylanması göre bir piroklastik çökel 1) çok iyi boylanmış ( $\sigma_\phi=0-1$ ), 2) iyi boylanmış ( $\sigma_\phi=1-2$ ), 3) kötü boylanmış ( $\sigma_\phi=2-4$ ) ve 4) çok kötü boylanmış ( $\sigma_\phi>4$ ) olabilir. Bu dört küme, elemanları onlara %100 ait olan ya da %100 ait olmayan, ara olasılıkların bulunmadığı klasik, katı kümelerdir. Bu durum mantıklı gözükmemektedir, ancak gerçekte garip durumlar da ortaya çıkar. Örneğin, boylanması 2 olan ( $\sigma_\phi=2$ ) bir çökel iyi mi boylanmış, yoksa kötü mü? Boylanması  $\sigma_\phi=1.1$  olan bir kayaç,  $\sigma_\phi=1.5$  olan bir başkası kadar iyi boylanmış mıdır?

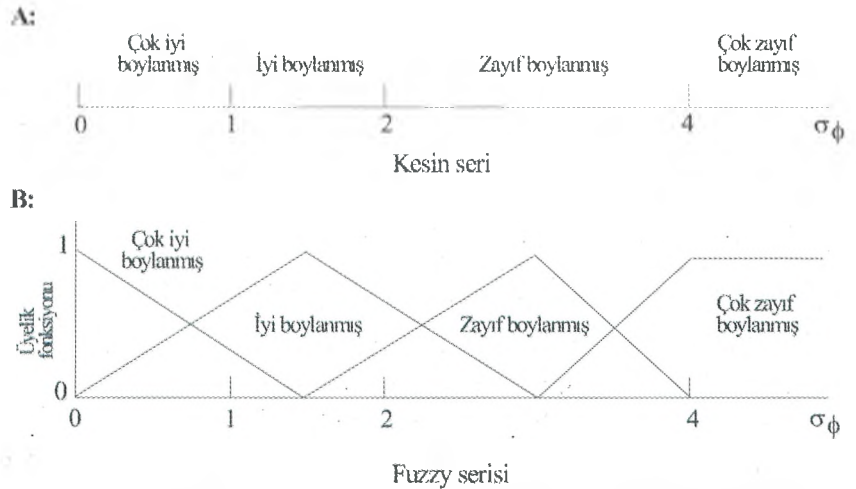
Basit üçgen üyelik fonksiyonları kullanılarak bile -her ne kadar fonksiyonların şekli ve boyutu genel olarak belirlenmek ihtiyacındaysa da- bulanık kümelerle daha uygun bir tanımsal sınıflama mümkün olabilir (Şekil 2). Bu durumda,  $\sigma_\phi=2$  olan bir örnek hem "iyi boylanmış" hem de "kötü boylanmış" bulanık kümelerde bulunabilir. (Şekil 2). Benzer şekilde boylanması  $\sigma_\phi=1.1$  olan bir örnek ile boylanması  $\sigma_\phi=1.5$  olan bir başka örnek farklı üyelik fonksiyonu değerine sahip olacaktır. Bu, bulanık mantık kümelerinin

doğal dünyanın tanımlanmasındaki kaliteyi, ondaki belirsizliği basit bir yolla temsil ederek, nasıl iyileştirdiğini gösteren basit bir örnektir.

Bu durumda, boylanması  $\sigma_\phi=2$  olan bir örnek, farklı derecelerde olmak üzere aynı zamanda hem iyi boylanmış, hem de kötü boylanmış olabilir ve bu bulanık mantıkta bir zıtlık değildir.

## Volkanoloji'de Bulanık Sistemler

Fisher ve Schmincke (1984)'nin Newhall ve Self (1982)'den aldığı volkanik patlayabilirlik indeksi (VEI) için



Şekil 2: A- Rijit kümelerle bir piroklastik çökelin boylanması (Cas ve Wright, 1988). B - Bulanık kümeler kullanılarak boylandırma. Burada üyelik fonksiyonlarının şekli ve boyları keyfidir ve yalnızca bulanık mantığın felsefesini göstermek için bir örnek olarak kullanılmıştır.

kriterleri içeren aşağıdaki tablo (Şekil 3) kolaylıkla bir bulanık sisteme dönüştürülebilir. Bu durumda püskürüklerin hacimleri kolon yükseklikleri, süreler (sürekli patlama saatleri), troposferik ve stratosferik enjeksiyon (sokulumlar) değerleri arazide ölçülebilen girdi-bulanık kümeler olarak düşünül-

lebilirken, volkanik etkinliklerin sınıflaması (Hawaiyen, Stramboliyen, Vulkanliyen, Pliniyen ve Ultrapliniyen) çıktı-bulanık kümeler olarak düşünülebilir. Şekil 4, bulanık kümeler kullanılarak kolayca yeniden yazılan bu tablonun bir kısmını göstermektedir. Kuşkusuz burada üçgen üyelik fonksiyonları keyfidir ve onların şekil ve boyları gözlemler, çıkarımlar ve deneyler yardımıyla iyileştirilebilir. Bu yaklaşım, aynı zamanda, Şekil 3'deki diğer girdi değişkenlerinin bulanık kümelere dönüştürülmesini gerektirir. Bu sistemde, girdileri çıktılara bağlayan kurallar, Şekil 3'deki tabloda, kümeler arasındaki grafiksel düzey karşılık ile temsil edilir ve EĞER-O ZAMAN cümlelerine eşittirler. Bu çok basit sistemde, EĞER, belli püskürüklerin hacmi, süresi, troposferik ve stratosferik sokulumları küçük, ihmal edilebilir ya da hiç yoksa O ZAMAN volkanik etkinlik türü örneğin, Hawaiyen olacaktır. Bulanık sistemler, matematiğin başa çıkamayacağı son derece karmaşık volkanik sistemlerde (üyelik fonksiyonlarını, bulanık kural-ları, bulanık kümeleri vb. deneylerle hesaplayarak) nedenler ile sonuçları ilişkilendirmede kullanılabilir. Sonuçta, yalnız tek bir yanıtı ulaşmak için çıktı-bulanık kümelerine bazı bulanık-

sılaştırma tekniklerinin uygulanmasına ihtiyaç vardır. (Jamshidi, Vadice ve Ross, 1993).

## Sonuçlar

Karmaşık volkanolojik sistemleri modellemek neden böylesine zordur?



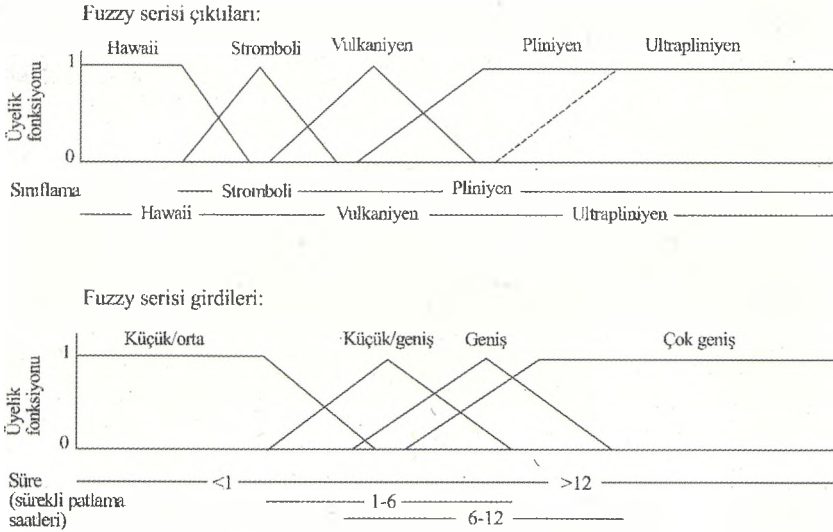
VEI	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Tanımlama</b>	Patlayıcı olmayan	Küçük	Orta	Orta - geniş	Geniş	Çok geniş	.....		
<b>Volkanik malzemenin hacmi (m<sup>3</sup>)</b>	<10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup> - 10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> - 10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup> - 10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup> - 10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup> - 10 <sup>11</sup>	10 <sup>11</sup> - 10 <sup>12</sup>	>10 <sup>12</sup>
<b>Kolon yüksekliği (km)</b>	<0.1	0.1 - 1	1 - 5	3 - 15	10 - 25	>25	.....		
<b>Sınıflama</b>	..... Stromboli		..... Pliniyen		.....				
	..... Hawaii		..... Vulkaniiyen		..... Ultrapliniyen				
<b>Süre (sürekli patlama saatleri)</b>	..... <1		..... >12		.....				
	.....		..... 1 - 6		.....				
	.....		.....		..... 6 - 12				
<b>Troposferik enjeksiyon</b>	İhmal edilebilir	Küçük	Orta	Dayanıklı	.....				
<b>Stratosferik enjeksiyon</b>	Yok	Yok	Yok	Mümkün	Kesin	Karakteristik	.....		

Şekil 3: Bu tablo, bulanık mantık terimleri ile yeniden yazılabilir. Kümeler arasındaki dikey karşılık, bulanık kümeleri temsil eder (Fisher ve Schminke, 1948; Newhall ve Self, 1982'den).

Bunun nedeni bilgi eksikliği midir, yoksa doğa bulanık ve belirsiz iken onu çözümlenecek olan klasik mantık çok mu katıdır? Jeolojide, istisnai ve ortaç pek çok özelliğin bulunması, katı klasik mantığın gerçek dünyayı tanım-

arasında bir kuramsal fark olduğunu vurgulamak gerekir. Çünkü bunlardan ilki doğanın üzerinde işlediği bir mantık önerirken, diğeri ise en sık olgularla ilgilidir.

- Jamshidi, M., Vadiie, N., and Ross, T.J., 1993, Fuzzy logic and control, software and hardware applications: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 397 pp.
- Kosko, B., 1994, Fuzzy thinking: Flamingo, London, 318 pp.
- McKenzie, W.S., Donaldson, C.H., and Guilford, C., 1987, Atlas of igneous rocks and their textures: Longman Scientific and Technical, London, 148 pp.
- Middleton, G.V., and Hampton, M.A., 1973, Sediment gravity flows: mechanics of flow and deposition, in Middleton, G.V., and Bouma, A.H., eds, Turbidites and deep water sedimentation, vol, I, S.E.P.M. Short Course, pp. 1-38.
- Newhall, C.G., and Self, S., 1982. The volcanic explosivity index (VEI): an estimate of explosive magnitude for historical volcanism: Journal of Geophysical Research, v.87, pp. 1231-1238.
- Ross, T.J., 1993, Set theory - Classical and fuzzy sets. in Jamshidi, M., Vadiie, N., and Ross, T.J., eds, Fuzzy logic and control, software and hardware applications: Prentice Hall, Englewood Cliffs, pp. 10-35.
- Rothery, D.A., and Pieri, D.C., 1993. Remote sensing of active lava, in Kilburn, C.R.J., and Luongo, G., Active lavas: UCL Press Limited, London, 374 pp.
- Zadeh, L.A., 1965, Fuzzy sets: information and control, v. 8, pp. 335-353.



Şekil 4: Şekil 3'ten elde edilen girdiler ile çıktı bulanık kümelerinden biri. Üyelik fonksiyonların şekilleri yine keyfidir, yalnızca bir örnek olarak kullanılmıştır.

lamada yetersiz olduğunu göstermektedir. Öte yandan, bulanık mantık iyi tanımlanamayan sistemlerin görece basit bir yolla modellenmesinde yararlı olan bir matematiksel araçtır. Her durumda, bulanık mantık ile olasılık teorisi (her ne kadar Gauss eğrisi bir bulanık mantık kümesinin üyelik fonksiyonu olarak kullanılabilirse de)

#### Kaynaklar

- Best, M.G., 1982, Igneous and metamorphic petrology: W.H. Freeman and Company, San Francisco, 630 pp.
- Cas, R.A.F., and Wright, J.V., 1988, Volcanic successions, modern and ancient: Chapman and Hall, London, 528 pp.
- Fang, J.H., 1997, Fuzzy Logic and Geology: Geotimes, 42, 10, pp. 23-26.
- Fisher, R.V., and Schminke, H.U., 1984, Pyroclastic rocks: Springer-Verlag, Berlin, 472 pp.

#### Çevirenler: Pınar Alici

Araştırma Görevlisi, H.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü

#### Faruk Ocakoğlu

Dr., Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü

Jeoloji Etütleri Dairesi

Cagnoli, B. 1998. Fuzzy logic in volcanology.

Episodes 21/2, 94-96.



# Günlük hayatta karşılaştığımız önemli endüstriyel hammaddeler

*Günlük yaşamımızda kullandığımız birçok eşyada endüstriyel hammaddeleri görmek mümkündür. Mutfaklarımızdaki cam bardak ve seramik tabaktan diş macunlarına, mutfak fırınlarından küvet, klozet ve lavabolara; küpe, yüzük gibi takılardan otomobil lastiğine; üzerinde yürüdüğümüz merdiven ve kaldırımlardan yazı yazdığımız tükenmez ve kalem kadar çok sayıda eşyanın üretiminde endüstriyel hammaddeler kullanılır. Kuvars, kireçtaşı, talk, borat, soda külü, silis, diatomit, elmas, mika, jips ve çeşitli mermerler bu hammadde ve minerallerden yalnızca birkaçıdır.*

**M**etalik ve petrol ürünü olmayan; endüstride kullanılabilen her türlü hammaddeye, minerale "endüstriyel hammadde veya endüstriyel mineral" denir. Günlük hayatımızda kullandığımız birçok eşyada değişik endüstriyel hammaddeleri görmek mümkündür. Örneğin kireçtaşı, kil ve agregalar farklı şekillerde günlük hayatımızın vazgeçilmez birer parçalarıdır.

Güne başladığımız ilk saatlerden itibaren endüstriyel hammaddelerle birçok alanda karşılaşırız.

Sabah uykudan uyanıp, yataktan kalktığımızda, ilk karşılaştığımız endüstriyel hammadde, üzerine bas-

tığımız zemin veya kaplamadır. Zemin kaplamasında kalsiyum karbonat, kireçtaşı ve benzeri taşlar kullanılır. Mutfakta kullandığımız çay bardağı, seramik tabak ve çeşitli cam eşyalar yine endüstriyel hammaddelerden elde edilirler. Cam ve seramiğin hammaddesi; kuvars kumu, kireçtaşı, talk, lityum, borat, soda külü ve feldspattır.

Çayınızı içerken yanında bir parça tost veya keke ne dersiniz? Tost ekmeğini veya keki pişirmek için kullandığımız fırının içinde ateşe dayanıklı kiremit, ateş kili, andaluzit ve olivin, kek kremasının yapımında ise yüksek oranda jips kullanılır. Günlük yaşamımızda bol-

ca tükettiğimiz sebze ve meyvelerin çoğunun yetiştirilmesinde de gübre olarak endüstriyel hammaddeler kullanılır. Bütün gübrelerin bileşiminde, potasyum, fosfat, nitrojen, sülfür ve diğer mineraller bulunur. Toprağın asitliğini düşürmek için düzenleyici olarak jips, kireçtaşı veya sülfür ve zeolitten yararlanır. Bununla birlikte, günlük hayatta yine bolca tükettiğimiz hayvansal gıdalar için büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının yemlerinde katkı maddesi olarak kil; hayvanların kaldığı yerlerde dışkılarından çıkan kokuyu ve atıkları temizlemek için de taban dolgu maddesi olarak zeolit kullanılır.



Kahvaltıdan sonra, okuduğumuz veya iş yerinde kullandığımız her türlü kağıt ürününün elde edilmesinde kaolin kili, kireçtaşı, sodyum sülfat ve soda külü kullanılmaktadır.

Dışlerimizi fırçalamak için kullandığımız diş macunları birer endüstriyel hammadde olarak kalsiyum karbonat, kireçtaşı, sodyum karbonat ve flor; kadınların kullandıkları rujlar kalsiyum karbonat, talk ve sepiyolit; pudra talk; saç kremleri ise kalsiyum karbonattan oluşmaktadır. Banyoda kullanılan küvet, lavabo ve klozetlerin sentetik mermerlerinin üretiminde titanyum dioksit, kalsiyum karbonat ve alüminyum hidrat; bunları temizlemek için kullanılan temizlik malzemelerinde ise endüstriyel hammadde olarak silis, pumis, diatomit, feldspat, kireçtaşı ve zeolit kullanılmaktadır.

Opal, ametist, aquamarin, topaz, granat ve elmas; kadınların ziyet ve süs eşyası olarak kullandıkları endüstriyel hammaddelerdir. Evde beraber yaşadığımız kedi ve köpek gibi canlıların altına konulan nem çekici ve koku giderici toprak, atapuljit, montmorillonit, zeolit, diatomit, pumis, volkanik kül gibi endüstriyel hammaddelerdir.

Yukarıda bahsedilen endüstriyel hammaddeler, evimizden bahçemize çıktığımızda gördüğümüz toprağın iyileştirilmesinde de kullanılır.

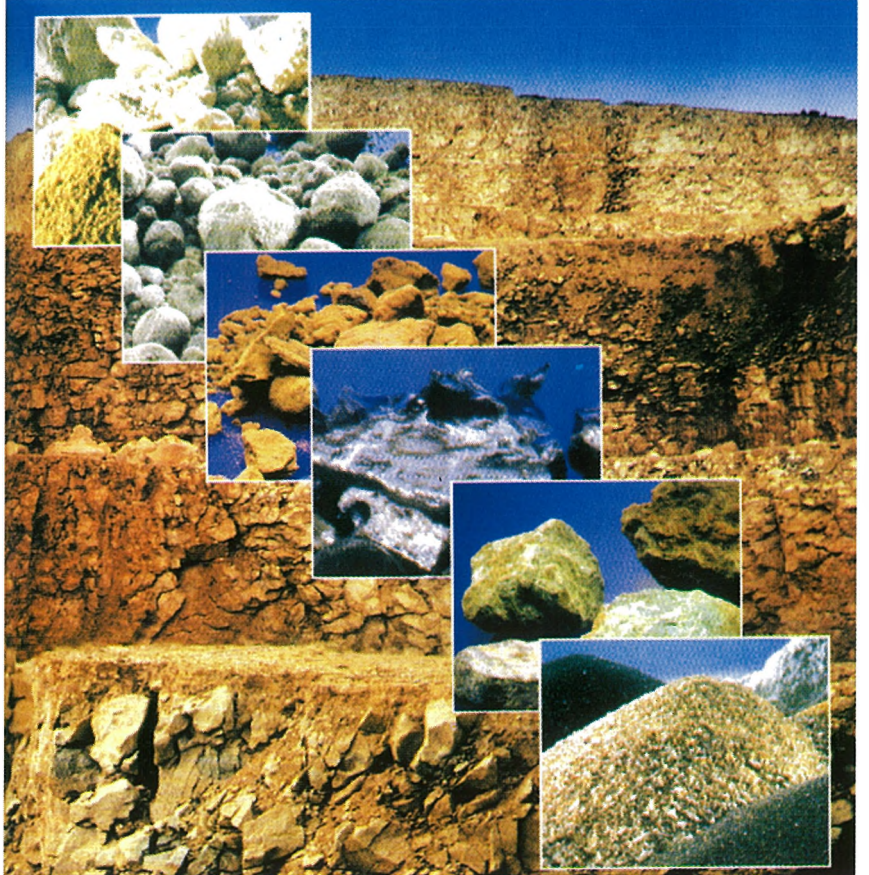
İşe gitmek için yola çıktığımızda; yine bir çok yerde endüstriyel hammaddelerin kaçınılmaz olarak kullanıldığını görmekteyiz. Özellikle otomobilimizin yapımında bir çok endüstriyel hammaddeden yararlanılmaktadır. Dış lastik üretiminde kil ve kalsiyum karbonat; direksiyonda ise dolomit ve magnezyum; fiberglas gövde, otomobil camı ve plastik iç döşeme, tampon, gösterge tablosu, radyatör ve yer döşemelerinin plastik kısımlarının üretiminde de kalsiyum karbonat, vollastonit, mika, talk, kil ve silis kullanılmaktadır. Özellikle yeni tek-

noloji ile üretilen seramik motorlu otomobillerde; andaluzit, sillimanit, disten, kil mineralleri, feldspat ve kuvars kumu gibi sıcaklık ve basınca dayanıklı endüstriyel mineraller kullanılır.

Arabamızın ve bütün mekanların boyası da yine titanyum dioksit, kaolin kili, kalsiyum karbonat, mika, talk, silis ve vollastonit gibi en-

düstriyel minerallere bağlı bileşiklerden yapılmaktadır.

Günümüz taşımacılığının vazgeçilmez maddesi olan benzin ve yağ gibi petrol ürünlerinin yeraltından çıkarılması sırasında açılan sondaj kuyuları, endüstriyel elmas kullanılarak delinmektedir. Sondaj sıvısında barit, bentonit, antapuljit, mika ve perlit bulunmaktadır. Benzin







**Aşındırıcı ve parlatici endüstriyel mineraller;**

alüminyum, korund, diatomit, granat, pümis, kuvars kumu, boksit, elmas, feldispat, grafit, nadir toprak, zirkon

**Tarımda kullanılan endüstriyel mineraller;**

borat, jips, nitrat, perlit, potas, sfalerit, kil, kireçtaşı, molibden, fosfat, nadir toprak, sülfür, dolomit, manganez, oksit

**Yapı malzemesi olarak kullanılan endüstriyel mineraller;**

volkanik kül, kırılmış taş, kireçtaşı, perlit, kum, vermikülit, kil, jips, magnezit, pümis, talk

**Seramik ve cam sanayinde kullanılan endüstriyel mineraller;**

alumina, dolomit, jips, perlit, silis kumu, talk, barit, feldspat, kireçtaşı, potas, soda külü, trona, borat, florit, lityum, nadir toprak, sodyum, sülfat, zirkon, kil, nefelin, siyenit

**Kimyasal mineraller;**

barit, bromin, jips, fosfat, tuz, sodyum, sülfat, boksit, kromit, lityum, potas, silika, spodumen, beril, florit, magnezit, pirit, soda külü, sülfür, borat

**Dolgu mineraller;**

alumina, kil, jips, perlit, silika, talk, asbest, diatomit, kireçtaşı, pümis, arduvaz, titanyum dioksit, barit, feldspat, mika, nadir toprak stronsiyum, vollastonit

**Filtre ve absorban mineraller**

boksit, diatomit, perlit, nadir toprak, silis kumu, zeolit, kil, granat

**Refrakter mineraller;**

alumina, kil, florit, magnezit, nadir toprak, stavrolit, boksit, dolomit, disten, andaluzit, olivin, silis kumu, zirkon, kromit, grafit

**Çevresel etkiler için kullanılan mineraller;**

borat, kırılmış taş, granat, nadir toprak, kumtaşı, soda külü, kil, diatomit, kireçtaşı, tuz, silis kumu, zeolit

**Elektronik ve optikte kullanılan mineraller;**

arsenid, korund, grenokit, nadir toprak, selenid, tellurid, borat, florit, magnetit, tuz, gümüş, turmalin, kalsit, galenit, mika, şelit, spinel, vulfenit, zinober, altın, kuvars



ve gazın rafine edilmesinde, katalitik işlemler esnasında ise kil ve zeolit mineralleri kullanılmaktadır.

Otomobilinizle ilerlerken üzerinde yol aldığımız asfaltın kenarında bulunan kaldırım; kireçtaşı, dolomit, granit veya volkanik malzeme; kum, çakıl veya kırılmış taş boyutundaki çeşitli agregalardan yapılır. Beton bölümlerin yapımında kullanılan çimento ise kireçtaşı, jips, demir oksit, kil ve pozzolandan imal edilir.

Evlerimiz, binalar ve diğer yapılar, kireçtaşı ve çeşitli mermerler içeren endüstriyel hammaddeler kullanılarak yapılmaktadır. Binalarımızın yapı malzemesi olarak kullanılan demir ve çeliğin üretilmesinde de florit, bentonit ve kromit gibi hammaddelere ihtiyaç vardır. Bunun yanında çeliğin eritilmesi işlemi için yüksek sıcaklığa dayanıklı refrakter tuğlaların üretiminde boksit, kromit, zirkon, silis, grafit, disten, andaluzit, sillimanit ve kil gibi endüstriyel hammaddelerden yararlanılır. Günümüzde modern yapıların çatı kaplamasında da endüstriyel hammadde olarak perlit, pumis ve arduvaz kullanılmaktadır.

Ofisimizde kullandığımız kurşun kalemimizde grafit ve kil, tükenmez kalemimizin mürekkebinde ise kalsiyum karbonat ve diğer dolgu minerallerden yararlanılır. Günlük hayatımızda kullandığımız bir çok iletişim aletinde yine endüstriyel mineralleri görmekteyiz. Bilgisayar teknolojisinin ilerlemesiyle çeşitli endüstriyel minerallerin kullanım alanları da yaygınlaşmıştır. Bilgisayar çipleri ve fiber optiklerin yapımında silis, televizyon ve bilgisayar ekranı yapımında, cam üretiminde yararlanılan silis kumu, feldspat, kil

mineralleri ve özellikle zeolit, süper iletken maddelerin yapımında da, özellikle nadir toprak elementleri olan yitrium, lantan, titanyum,



zirkonyum ve barit kullanılmaktadır.

Bununla birlikte golf sopası, tenis raketi, balık oltası ve kayak takımı gibi bir çok spor aletinin

yapımında grafit, fiberglas ve hafif endüstriyel minerallerden yararlanılmaktadır.

Meyve sularının veya şarabın süzülmesinde perlit, zeolit veya diatomitten yararlanılır. İçme suyu ve atık suların iyileştirilmesinde zeolit, soda külü ve kireç, tuz filtreleme işlemlerinde ve bitkilerden elde edilen yağların süzülmesinde de kil, perlit veya diatomit ve zeolit minerallerinden yararlanılır.

Endüstriyel minerallerin günlük yaşantımızda kullanım alanları bunlarla sınırlı kalmamaktadır. Bunların dışında kullanıldıkları bir sanayi dalı da ilaç sanayisidir. Mide ağrılarında manyezit ve dolomit, ishalde kaolin ve diğer killer, bağırsak hastalıklarının x-ışınları ile teşhisinde baryum, yaralanma ve kesiklerde tentürdiyot, zihinsel rahatsızlıklarda ise lityum kullanılmaktadır. Özellikle ilaç kapsüllerinin yapımında titanyum dioksit kullanılır.

Pumis, diatomit, silis, granat, korund ve zımpara gibi endüstriyel minerallerin aşındırıcı ve parlatıcı özelliklerinden de yararlanılmaktadır.

Yaşamımızın her alanına girmiş ve neredeyse onlar olmazsa olmaz dediğimiz endüstriyel hammadde ve mineraller, bazen hiç önemsemediğimiz taş veya mineral deyip geçtiğimiz malzemelerdir. Biz jeologların üzerine düşen ise bu denli ekonomik öneme sahip böyle hammaddeleri ülke kalkınmasına sunmaktır.

**Çeviren: Engin Öncü Sümer**

Jeoloji Yüksek Mühendisi  
Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü  
Maden Etüt Arama Dairesi



# JEOLOJİDEN ÖKOLOJİYE



*Jeoloji, ayağımızın altında duranı ve bize destek olanı, yapısı, yapıyı oluşturan öğeleri, bu öğelerin dağılımı, oluşum ve tarihiyle inceleme etkinliğidir. Bir yanı sıra "dünyanın kaç bucak olduğunu" anlama çabası. Ayağımızın altında ne duruyor, onu kavrama. Temelimizi, desteğimizi arama.*



**Y**eryüzünde yaşıyoruz. Yer kabuğunun üstünde. Gezegenimiz belli bir oluşum süreci içinde, üzerinde insanların da yaşayabileceği bir *yaşam ortamı* haline gelmiş. Yerin belli bir oluşumu, bu oluşumun şu ana dek uzanan bir *tarihi* var. Yeryüzünü oluşturan öğelerin belli bir *dağılımı* var. Yer, belli bir *yapı* taşır, zaman içinde değişerek. İşte yer kabuğu, yeryüzü, oluşumu, tarihi, dağılım yapısıyla jeolojinin alanına giriyor. Zaman içinde değişen anlamlar taşısaya da, doğanın bir parçası yeryüzü; yeryüzünü taşıyan, yerin *altındaki* tabakalar. Yer, doğanın içinde, doğadan bir parça; doğa Eski Yunanca'daki değişik anlamları içinde, bir *oluşumun, büyümenin, bir doğuşun, doğumun taşıyıcısı*.

Jeolojinin bir doğabilim savıyla ortaya çıkışının tarihine baktığımızda, bu gezegene özgü, bu gezegenle sınırlı değişik, *anlama, açıklama, kullanma, yararlanma* kaygılarının taşındığını görüyoruz. İnsan, dünyanın ötesine açıldıkça, dünyanın jeolojik yapısından elde ettiği bilgileri diğer gök cisimlerinin jeolojik yapısını (aslında, dünyanın dışındaki gök cisimlerinin incelenmesi *gê-o-lojik* açıdan yapılamaz, eğer, "gê"yi yeryüzü anlamında alırsak! *Gê-o-loji* yalnızca "yer" gezegeninin bilimi oluyor, "etimolojik" açıdan!) anlamak, incelemek, araştırmak için de kullanabiliyor. Böylece yeryüzünün incelenmesiyle ulaşılan bilgiler, görüşler, araştırma, yorumlama biçimleri, bizi evrenin incelenmesine taşıyacak bilgilerin elde edilmesine yardımcı olabiliyor.

Varoluşçu düşünce, bizim *atılıştığımızdan* söz ediyor. Peki, nereye atıldık? Yeryüzüne mi? Boşluğa mı? Cennete, Cennet Bahçesi'ne mi? Atıldık ve düştük? Peki, nereye? Efsaneye göre, Cennette bilim ve teknoloji şimdiki anlamıyla yoktu. Bilgi Ağacının yasak meyvesini yediğimiz için *düştük*. Düşmeden önce *gê-o-logos* ya da *gê-o-grafos* (yer betimlemesi, betimlemeleri!) yoktu! *Gê, gaia, altımızda duran, ayağımızın bastığı, bize yaşama alanı sağlayan yerdi. Düşükten sonraki yer. Düşükten sonra, ayağımızın altındaki dayanak, temel.*

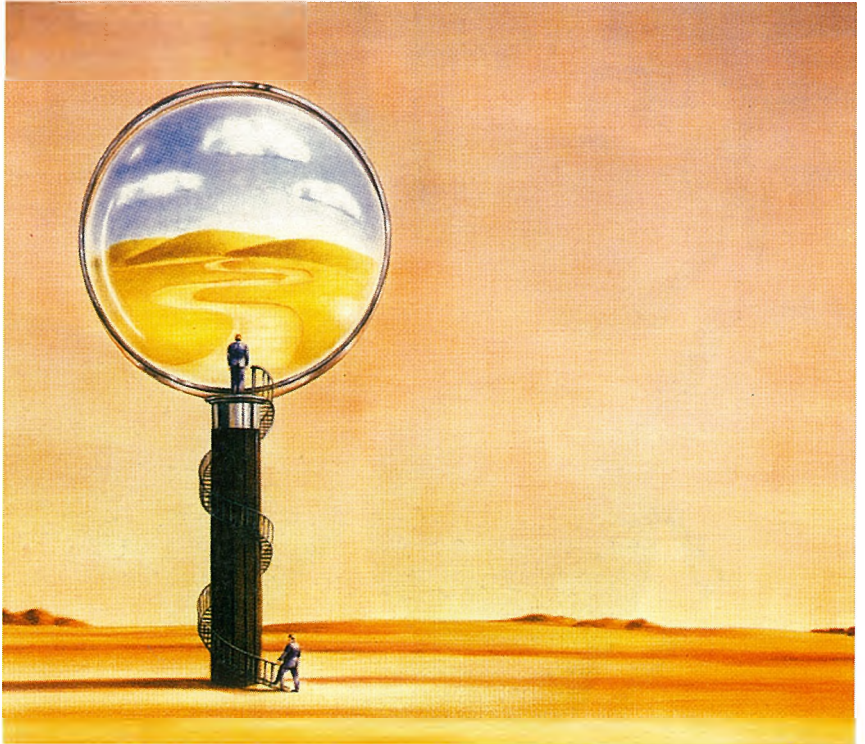
*Gê-oloji* ya da jeoloji bu açıdan, ayağımızın altında duranı ve bize destek olanı, yapısı, yapıyı oluşturan öğeleri, bu öğelerin dağılımı, oluşum ve tarihiyle inceleme etkinliğidir. Bir yanı sıra "dünyanın kaç bucak olduğunu" anlama çabası. Ayağımızın altında ne duruyor, onu kavrama. Temelimizi, desteğimizi arama.

Yeryüzünü, tabakalarını, onların hareketlerini, üzerlerindeki kuvvetleri bilmek, *ayağımızın altında* olanı bilmek değil mi? *Dünyâ*, aşağıda, altımızda olan demek değil mi? Ayağımızın sağlam zemine basması, bu zeminin yapısını, hareketlerini, üzerlerindeki kuvvetleri, tarihini, bilmekle, muhtemel geleceğini tahmin etmekle olanaklı. Toprağın, yapısını bileşenlerini, incelemek de bir açıdan ayağımızın altında, *dün* olan, aşağıda olan yer kürenin başımıza iş açmasından çekinmemizden, bastığımız yeri güvence altına alma kaygımızdan gelmiyor mu? *Dün* olan dünyâ apansız yarılıverirse? Patlayıverirse, sarsıla verirse? *Gê*, bilinecek, denetlenmeye çalışılacak; hareketleri, gidişi, oluşumu, varsa, bulunabilirse, "logos"u, oluşum mantığı içinde bulunacaktır. Zeminimiz sağlam olmalıdır. Aşağıımızın "aşağılık" olmasından korku, aşağıımızın güvence altına alınma çabaları, onu

bilmek, denetleme kaygımız, ontolojik, belki de varoluşsal bir korkudan (Angst) kaynaklanıyor olamaz mı?

"Dün"un, denî, aşağılık, soysuz oluşu, "dünyâdan duyulan, var oluşumuzla ilgili temel kaygı. Batı kültüründe *terra firma* bizi, ayağımızı attığımızda içine alıp yok etmeyecek sağlam zemin arayışından gelebilir. Çünkü *terrênus* ya da *terrestris* olan, dünyevî olan, karalara ait olan *terribilis*, dehşet verici, korkunç bir öğe barındırır mı acaba içinde? Çünkü, toprağın, yeryüzünün çocuklarıyız biz, bastığımız zeminden doğmadık mı? *Terrigena* değil miyiz? Doğduğumuz yerden korkumuz nedenidir? *Terra*, yeryüzü, toprak zemin, ülke, diyar anlamlarıyla birlikte, neden terr-eâ, korkutmak, dehşete düşürmek, korkutup kaçırmak fiiliyle ses olarak bunca uyum içindedir? Bir rastlantı mıdır yoksa, Heideggergil bir bakışla bu çağrışımsal gibi görünen benzerlik, *mânâlı* bir sesi midir varlığını?

"Jeolog olarak bunlardan bana ne?" diyenler umarım çoğunlukta değildir. Konularınızın diplerinde, kültürel, varlıksal köklerinde böyle ilişkiler, sorunlar, sesler var; insanla ilgili olan sesler; insanla ilgili seslere nasıl yabancı kalabilirsiniz? "Kalmam ama, insan olarak kalmam;





jeolog olarak ilginin dışındadır; jeolog bütün bu sözde *felsefi vesveselerle* neden ilgilenir? Hangi jeoloji kitabında var bunlar? Hangi jeoloğun ilgi alanı içinde?" Jeolog olan yanınızla, insan olan yanınızı birbirine karıştırmak istemiyorsunuz. Peki, siz bilirsiniz, güle güle yaşayın.

\*\*\*

Ayağımızın altı yeryüzü, doğduğumuz, bizi besleyen topraktan neden korkalım ki? Ge'yi tanımalıyız; anamız o, toprak ana, "pedon" o, bir görünüşüyle toprak, ayak (*pous*)larımızın altında; pedologlar (toprakbilimciler) "hayatı râhiya sihriyle sindiren toprağı inceleyerek, yeryüzünü araştıranlara katılıyorlar. Bize yiyeceklerimizi, içeceklerimizi, kullanacağımız madenleri, her türlü maddi yaşam malzemesini toprak veriyor.

Heidegger, *Der Ursprung des Kunstwerkes* adlı çalışmasında, yeryüzü (Erde) ve dünya (Welt) ayrımını yapıyor. Yeryüzü, dünyayı destekleyen, koruyan, besleyen maddi dayanaktır. Dünya, bu madde

temeli üzerine kurulu, bir anlamıyla insan kültürüdür. Demek ki yeryüzü dünya ile akrabadır, kardeştir; dünyayı sırtında taşır, insanı. Yeryüzünü insandan soyutlayıp anlama olanağı yoktur: Heidegger'in ters yönünde yürüyeyim: Dünya da yeryüzünü desteklemez mi? Toprak, kültürü besler de, kültür toprağı beslemez mi? Jeolojinin tarihinde insan ne kadar vardır? İnsan görünür olarak ne kadar yer tutar? Karalar, denizler, magma, yeryüzü katmanları, o binbir çeşit oluşum insansız olup bitmekte! Öyle görünüyor! Jeolojinin köklerinde bulunan insan bakışını elbette jeolog düşünürler fark etmişlerdir; fark edeceklerdir. Jeoloji felsefesi basma kalıp bilim felsefesi cenderesi içinde, havanda su döğmeye devam ederek; kültürel köklerini, bakışındaki insan gözünün kaygılarını anlamakta yetersiz kalmayacak mıdır?

Yeryüzünde insanın yeri nedir? Yeryüzünün tarihinde, dünya gezegeninin tarihinde, insan zaman dilimi olarak çok az yer tutuyor, ama insanı "anlamadan", yeryüzünü anlamak

olanaklı mıdır? İnsan öncesi dönemde insanın bakışıyla inceleniyor mu? Bu savımla insan merkezli bir tutum içinde bulunduğum sanılabilir. "Eşref-i Mahlûkat" sayılan "insanın "emrine" âmâde" bir dünyaya da evren tasarımının evrendeki insan dışı varlıklara saygıyı azaltabileceğı ya da onlarla birlikte yaşama duyarlılığını körelteceğı endişelerini paylaşmıyor değılim. Yerkabuğı, elbette insandan kronolojik olarak çok çok önce oluştu; oluşumunu sürdürüyor. Bu yazıdaki temel savlarımdan biri de bu noktada: Yerkabuğunun insandan kronolojik önceliğı, "ontolojik" açıdan "sonra"lık olarak ortaya çıkıyor. Yerkabuğunda insanın *izi* var. Yeryüzünde insanın yeri var.

Milyonlarca yıl öncesi oluşumlar da insanın izi var. şu anlamda değıl: Yeryüzü, üstünde insanlar yaşasın diye oluştu. Teleolojik bir bakış değıl burada denenilen. Mekândaki hareketin zamanından, jeolojinin bilim olarak çalıştığı zamandan apayrı bir önceliğı var insanın. Zamanı "ya-





şayan", "yorumlayan", zaman içinde bilen o. "İnsan eli değmemiş" zamanlarda, mekânlarda, zaman-mekânlarda insanın *izini* görebiliriz. Bu *iz*, *yorumcu izidir*; gören, anlayan bir varlık olarak insanın *izidir*.

Uzun uzadıya tartışılması gerekli bu sözlerde onto-hermeneutik bir bakış açısından, jeolojinin ilgi alanında insanın yeri üzerine bir iki ipucu vermiş oldum. Elbette jeolojinin mühendislik *uygulamalarında*, insan kültürüyle olan ilişkisi açıkça görülebilir. Tarihi alanların korunması, çevrenin düzenlenip, insanın doğa ve kültürüyle *yaşam alanını* sürdürmesinde jeolojinin katılımları var.

Jeoloji kendi alanının sınırları içinde, gelişen teknolojik olanaklarla çalışırken bulgularında, kuramlarında, bakışında, ilk bakışta örtük olarak bulunan insanı yorumlama, jeolojinin alanı içinde görülmesi bile, oluşturabilecek bir "jeolojide insan" felsefesinin temellerini atmaya yol açabilir.

Sonunda, insan yaşamının ortaya çıktığı yerkabuğu, insanın yeridir, yurdudur; yerini yurdunu destekleyen, ayakta tutan dayanağıdır; bu maddi dayanağın, kültürü destekleyen yapının bilimi olan jeoloji, bir anlamda "dayanak bilim" (suppositoloji), "destek bilim", temel olanın bilimidir de. İnsanın yaşam alanına destek olan, ayağımızın altında bizi tutan, dünyadaki yurdumuzun, evimizin "gökyüzüne doğru" yönelmesine omuz veren yeryüzünün bilimine oikos-o-loji diyebiliriz. (Oikos: Ev, yuva, yaşama alanı anlamlarında). Belki tüm bilimler, günün birinde değişik açılardan oikosoloji içinde, kendilerine özgü katkılarıyla yerlerini alacaklardır, "Oikos" yalnız, yeryüzü değil artık, uzaya doğru açılıyor; bu açılımı durduracak herhangi bir engel olmazsa (savaş, hastalık, kıyamet gibi...) uzayda da yurt tutacağız. Artık yalnızca gē olmayacak yaşam alanımız, jeolojinin de adı ya değişecek (çünkü diğer gezegenlerin yüzlerini, kabuklarını da inceleyecek!) ya da jeolojinin "je" si ya da "gē" si yalnızca tarihsel, simgesel bir anlamda jeoloji



sözünde yer alacak. Oikosoloji ise artık insanın yaşamını sürdürdüğü tüm gezegenleri, tüm yaşama ortamlarını konu edinecek.

\*\*\*

Geleceğin jeoloğu, geleceğin bilim adamı ya da mühendisi gibi konusunun ince alanlarının uzmanı olurken, mesleğiyle bütünleşmiş; jeolog olarak dünyaya bakışını farklı bilim dallarına, kültürün diğer alanlarına (sanat, felsefe, din gibi) karşı duyduğu ilgiyle zenginleştirebilen biri olacaktır. Yeryüzünün insanı destekleyen kültürel, felsefi yapısı üstüne yorum yapabilecek donanıma erişecektir. Çünkü o, hayatı destekleyen zaman zaman yok eden katmanların "üstünde" çalışırken, altın-

daki yerkabuğunun hareketlerini, yerkürenin içindeki ve dışındaki kuvvetlerle ilgisini, uzaydaki yerinden etkilenişini göz önüne alarak, alanın bilgisinden yola çıkıp insan yorumları yapacaktır.

Önümüzdeki bin yılda jeoloji nasıl bir dönüşüm geçirecek? Jeolog nasıl bir insan olacak, jeolojinin insan anlayışı nasıl ortaya çıkacak, nasıl gelişecektir?

**Ahmet İnam**

Prof. Dr., ODTÜ Felsefe Bölümü Başkanı



# Kömürün Göremediğimiz Zehirleri



*Adına Kara Elmas dedirtecek kadar önemli bir enerji kaynağı olan kömür, yıllardır insan hayatını kolaylaştırıcı bir hammaddenin olmuştur. Buna karşın çevreyi, dolayısıyla insanların sağlığını ciddi anlamda tehdit etmektedir. Kömürün zararlı etkilerini azaltıcı önlemler araştırmacılar tarafından ortaya konmaktadır. Önemli olan önlemlerin ve çözümlerin bilinmesi değil bunların insanlar tarafından uygulanabilmesidir. Tehditlerin ortadan kaldırılmasında en önemli etken insanların duyarlılığıdır.*

**K**ömür dendiği zaman aklımıza bir yakıt, siyah bir taş ve galiba bazıları için para kazanmak geliyor. Acaba hepsi o kadar mı? Hitler, savaş döneminde kömürden tereyağı yapılmasını emretmiş ve yaptırmış. Bu tereyağını insanlar yemiş, ama hayvanlar (özellikle de kediler) yememiş. Türkiye'de kömürden tereyağı değil, diğer elde edilebilecek ürünler de genelde üretilmiyor ve kömür yalnız, bir yakıt olarak kullanılıyor.

Kömür saf bir madde olmayıp, içerisinde inorganik maddeler dahil birçok madde içermektedir. Kömürün oluştuğu ortama, oluşma esnasında veya daha sonra değişik mad-

deler katılabilmekte ve kömürün özelliğini değiştirebilmektedir. Kömür, siyah ve koyu renkli olduğu için, mevcut haliyle kirli gözükmekte veya bir taşınma esnasında, çevreye döküldüğünde görsel kirlilikler oluşturabilmektedir. Görsel kirlilikler yanında, asıl kirlilikler gözle açık bir şekilde görülmeyip, yakılma esnasında ortaya çıkan kirlilikleridir. Kömürün kirliliği yüzünden ve çevresel olarak oluşturduğu etkilerine genel olarak bir bakacak olursak;

a) Kömürün yakılmasıyla oluşan çevresel etkiler;

Termal kirlenme, kömür parçacıklarının saçılması (is oluşturma), sülfür emisyonu, asit yağmuru, sera

etkisi, iz element açığa çıkması, toprak ve yörenin estetik güzelliğinin bozulma durumu,

b) Kömürün yer altında bulunmasından kaynaklanan çevresel etkileri;

İnorganik bileşenlerin ve organik bileşenlerin filtrelenmesi (Özütlenme), BEN (Balkan Epidemik Nefropati) hastalığı, yerinde yanma, sera etkisi yaratan gazların açığa çıkmasıdır.

c) Kömürün taşınması ve depolanmasından doğan çevresel etkileri;

Toz oluşturma, kendi kendine yanma, özütleme ("Leaching"), gü-rültü kirliliğidir.

d) Kömür madenciliğinin çevresel



etkileri;

Yüzey ve yeraltısularının kalitesinde değişiklikler oluşturma, tavan çökmesi, kömür üretiminde çalışanlarda oluşan görüntü körlüğü, açık işletmelerdeki doğa tahribatı ve ekolojik dengenin bozulmasıdır.

Bu yazıda kömürün tanımı ve yukarıda herkesce bilinen konulardan ziyade, şu kömür denen katı madde içerisinde, bizim pek de dikkate almadığımız, ama bilmek zorunda olduğumuz, kömürün içindeki gözle görülmeyen, yeri gelince zehir, yeri gelince de kömür araştırmalarında önemli ip ucu sağlayan iz elementleri ve önemlerine değinilmiştir.

Kömür kalitesi şüphesiz kömürün kullanımını etkilemektedir. Kömür kalitesi dendiğinde akla ilk gelen, kömürün kalorifik değeri, kül, kükürt, nem içeriği ve is yapma özelliği (uçucu madde değeri)'dir. Bunun dışında, kömürlerin iz element içerikleri, analizlerde pek aranmayıp, sorulmayan değerler olup, çevre açısından çok büyük kirlilikler oluşturabilmektedirler. Ülkemizde bu konuya değinilmemesine rağmen, kömürlerimizin ortaya koyduğu iz element değerleri konuya önem verilmesini gerektirmektedir.

İz elementleri genel olarak, kömürün oluştuğu sırada veya daha sonra ortama, çevredeki etkileşmeler veya taşıyıcılar yardımı ile katılırlar. Ortamın volkanik, kozmik etkilere maruz kalması ve yeraltı çözeltilerinin değişik türde malzeme getirmesi kömürlerin farklı maddeler içermesine neden olmaktadır.

İz elementleri, periyodik cetveldeki tüm elementlerin düşük konsantrasyonlarıdır. Bu elementlerin çevre açısından önemi söz konusu olduğunda, tüm elementleri 6 ayrı gruba ayırma durumu söz konusu olmaktadır. Bunlar;

a) Yüksek, b) Orta, c) Düşük derecede çevresel sorunlu, d) Radyoaktif, e) Sorunlu ama kömür-

lerde ihmal edilebilecek değerlere sahip olan, f) Çevre açısından önemli sorun yaratmayan elementlerdir.

As, Se, S, Pb, Cd, N, C, B, Hg, Mo elementleri ilk gruba girmekte ve çevresel açıdan çok önemli sorunlar oluşturabilmektedir.

V, Cr, Ni, Cu, Zn, F, Sb elementleri ikinci gruba; Sr, Na, Li, Al, Ge, Br, Ba, Co, Mn elementleri üçüncü gruba; U, Th, Rn, Po elementleri radyoaktif özellikte olan elementler grubuna; Tl, Be, Ag, Sn elementleri beşinci gruba giren elementler olup, son gruptaki elementler periyodik cetvelde bulunan diğer tüm elementlerdir.

İz elementlerinin insan bünyesi üzerindeki etkilerini özellikle Amerikalı bilim adamı Finkelman'ın yaptığı çalışmalarından biliyoruz. Tibet'te Arsenik oranı yüksek kömürler, oda içerisinde, üstü açık sobalarda yakılır ve acı biberler bu odalarda kurutulur. Bu biberlerde yüksek oranlarda arsenik birikimi görülmüştür. Biberleri tüketen bünyelerde, zamana bağlı olarak, deri kanseri ve kas erimesi olayları izlenmiştir. Tibet'te soğuk Himalaya eteklerinde yaz, kış kömür yakılan bu üstü açık sobalar, sebze-meyve de kurutulabildiği için tercih edilmektedir.

Flor içeriği yüksek kömürlerin yakılması sonucu, bu yörelerde kurutulmaya çalışılan mısırlarda flor birikmesi görülmüş ve bu mısırları tüketen insanlarda da diş ve kemik bozuklukları görülmüş, bel ve bacak bükülmeleri, diş erimeleri gibi hastalıklar ortaya çıkmıştır.

Selenyum elementinin fazla olduğu kömürlerin yakılması sonucu, bünyelere geçen Se fazlasının beyin hücrelerinde tahribatlar yaptığı bilim adamlarınca (Çin'de Hubei bölgesinde) tespit edilmiştir. Cr<sup>4+</sup> ve Cr<sup>6+</sup>'nın kanserojen elementler olduğu, Hg ve Cd'nin çok tehlikeli ve zehirleyici özellikler taşıdığı, V'un çok etkili aşındırıcı bir element olduğu ve petrokokta fazla miktarlarda

olduğu, yapılan değişik çalışmalarda ortaya konmuştur.

ABD'de termik santrallerin çevresinde insanlar üzerinde ortaya çıkan toksik değeri olan bazı elementler ve zamana bağlı ortaya çıkardığı hastalıklar Tablo'da gösterilmiştir.

Bu tablodan da anlaşılacağı gibi üzerinde durulan bazı elementlerin insan sağlığı üzerindeki görünmeyen tahribatı oldukça büyüktür.

Prof. Dr. Haim Cohen, Güney Afrika, Rusya ve Ukrayna'dan alınan kömürler içerisinde, yüksek miktarlarda Cd ve Hg elementlerinin bulunduğunu belirtmiştir. Bu nedenle de İsrail'e ithal edilen kömürlere mutlaka iz element analizleri de yapılır ve iz element oranlarına sınırlamalar konulur.

Kömürün çok fazla miktarlarda yakıldığı termik santrallerde, etrafa saçılan partiküllerin boyutu mikron seviyelerinde olduğu için bu maddelerin havada asılı halde olduğunu düşünmemek sadece iyimser olmaktan başka bir şey olmaz. Bu elementlerin bir kısmı, yanmadan sonra, uçarak havada dolaşır. Bir kısmı (ağır olanlar) da külde kalır. Kömürlerde bulunduğu, yanma esnasında açığa çıkan bu elementler, bir ortam içerisinde yayılıp zamana bağlı olarak yüksek konsantrasyonlar oluşturabilirler.

İz elementlerin tane boyutu 3 mikrondan küçük ise, bu maddelerin bünyelerde birikilebilmeleri daha fazla olabilmektedir. Termik santrallerin bacalarından çıkan partiküller bu boyuttan küçük olduğu için, iz elementlerinin birikimi termik santrallerin çevrelerinde daha fazla olur. Ayrıca 3 mikron ve daha küçük boyuttaki partiküller, nefes yoluyla akciğerlere kadar kolayca ulaşabilirler.

İz element değerleri yüksek olan kömürlerin yakılması sonucunda ortaya çıkan risk değerlendirilmesi şöyledir (EPRI-Nov. 1994 kayıtları-





lerin başında şüphesiz killeri, sülfürlü mineraller (pirit, markasit, galen, kalkopirit, barit, sfalerit vs.), feldspat, oksitli mineraller, karbonatlı ve fosfatlı mineraller gelmektedir.

Kömürlü bölgelerde rastlanılan bir başka sağlık problemi de BEN (Balkan Endemic Nephropathy) hastalığıdır.

Eski Yugoslavya'nın Adriyatik kıyılarındaki

Pliyosen yaşlı kömür sahalarının yerleşim alanlarında BEN hastalığı tespit edilmiş ve böbrek yetmezliğinden, böbrek kanserine kadar değişik sonuçların görüldüğü bu hastalığın yine kömürden kaynaklandığı (kömürlerin potansiyel kirliliği) belirlenmiştir. Tabii ki bu kirlilik kömürü yakma ile oluşmamaktadır. Meteorik sular, genç ve güncel kömür formasyonlarının içerisinde geçerek, kömürlerdeki bazı organik bileşikler de içine alarak, yeraltı sularını kirletmektedir. Bu suları içen bünyelerde bir müddet sonra böbrek yetmezlikleri ve daha sonra böbrek kanseri olayları ortaya çıkmaktadır (Feder, Radovanovic and Finkelman 1991). BEN hastalığının herhangi bir yörede görülebilmesi için o yörede genç (Pliyosen yaşlı) veya reaktif kömürlerin varlığı, bu yatakların herhangi bir akifer ortamı ile ilişki-

sinin bulunması, kuyu suyu gibi suların içilen bir yöre olması ve uzun süre yaşayan bir toplumda bu etkilerin kaydedilmesi (50-60 yılda ortaya çıkabiliyor) gereklidir.

BEN hastalığına Yugoslavya, Bulgaristan ve Romanya gibi ülkelerde Pliyosen yaşlı kömür havzalarının çevresinde rastlanması ve bu ülkelere çok yakın olan ülkemizde de benzer yatakların mevcut olması, bu hastalıkların ülkemizde de olabilme olasılıklarını arttırmaktadır.

%10'u inorganik madde olan (ki ülkemiz linyitleri en az bu değere sahip durumdadır) bir kömürden bir ton kömür yaktığımızda 100 kilosu

na göre):

- 70 yıllık bir ömrün 24 saat böyle bir ortam ile ilişkili olması durumunda (50 km'lik mesafe içerisinde bulunması durumunda) kanser riski vardır.

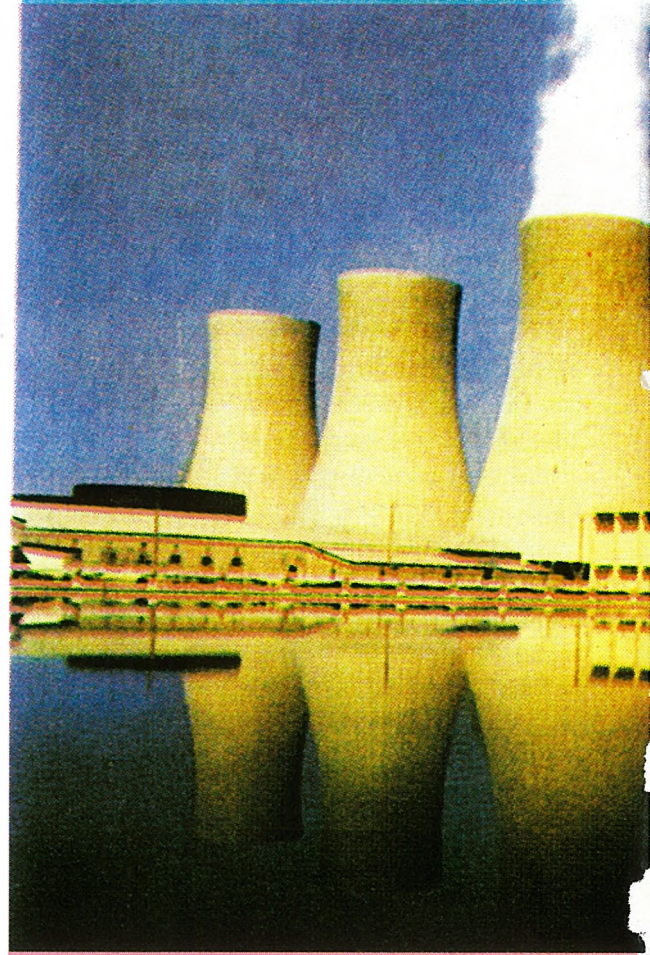
- En yüksek kanser riski 1.7 ppm (iz element içeriği) olup petrolle çalışan ve kontrolsüz tesislerde olmaktadır.

- Tane boyutu olarak nefes alma, yeme ve temas durumunda kanser oluşturabilecek tane boyutu 1 mikrometreden küçük taneler için çok fazladır.

- Bacasına temizleyici bir sistem (scrubber) takılmamış olan kömürle çalışan termik santrallerinin çevreyi kirletme riski arsenik için % 59, krom için % 23'tür.

İz elementlerinin kömür veya yanmadan sonra gerek kül, gerekse bacadan çıkması insan sağlığına doğrudan etki edebilir mi? Bu maddelerin bir bünyede etkili olabilmesi için şüphesiz o bünyede belirli bir konsantrasyona ulaşması (birikmesi) ve zamana bağlı olarak kendini ortaya koyması gerekmektedir.

Kömürdeki iz elementlerinin içerisinde, veya beraber bulunduğu 100'den fazla mineral vardır. Bunlardan ancak bir düzineye yakını yüzdelik seviyesindedirler. Bu mineral-



atık madde durumundadır. Bunu, bir günde on binlerce ton kömürün yakılabildiği termik santraller ölçeğinde düşünürsek, kirliliğin ne denli büyük olabileceği ve doğada oluşabilecek tahribatın boyutu belki göz



önüne getirilebilir. Bu atık madde miktarı ya bacadan uçarak etrafa saçılacak, ya da kül olarak ortama katılacaktır. Her iki atık maddenin de, içinde bulundurduğu maddeler itibariyle çevreyi kirletmeleri kaçınılmaz olup, yukarıda söz edildiği gibi ölümcül de olabilmektedir.

Bu durumlar ve ülkemizdeki kömürlerin kimyasal özellikleri göz önüne alındığında genelde kömürlerimizin kirli kömürler olduğu bariz şekilde ortaya çıkmaktadır. Peki bunca enerji açığımız varken biz bu kömürlerimizi kullanamayacak mıyız? Tabii ki kullanacağız ama kendimizi ve çevremizi kirletmeden.

Bir an önce "Temiz Yakıt ve Temiz Çevre" yasal düzenlemeleri yürürlüğe konulmalı ve çok sıhhatli bir şekilde, sık sık denetlenmelidir. Bu düzenlemelere mutlaka iz elementleri de eklenmelidir.

Çevre kirliliği açısından iz element emisyonunun azaltılabilmesi için;

1-Yakıt değişimi (Fuel Switching), 2- Değişken madencilik (Selective Mining), 3- Kömürü yakmadan önce temizleme işlemi yapmak, 4- Yakma şartlarının değiştirilmesi, 5- Hidrostatik çöktürücü, Torba, Baca gazı temizleyicisi (flue gas scrubbing) gibi cihazlar kullanılır.

bırakmak zorunda olduğumuzu hiçbir zaman unutmamalıyız. Ülkemizin temiz olduğunu ve hiçbir zaman kirlenmeyeceğini düşünmek, kendimizi kandırmaktan başka bir şey olamaz. İstanbul'da 15-20 yıl önce denizde rahatça bulunabilen balıkların hemen hemen hepsi, bizim kendi kendimizi aldattığımız ve pek de ciddiye almadığımız çevre değer yargılarımızla maalesef yok olmuştur. Daha fazla doğa katili olmamak için, biraz duyarlı olmak ve enerji üretimimizi buna göre ayarlamak en büyük temennimizdir, zira görünmeyen kirlilikler kolay kolay temizlenebilecek kirlilikler de değildir.



Temiz yakıt anlayışı çerçevesinde yukarıda bahsedilen tüm etkilerin dikkate alınması ve kirlilik etkilerinin en aza indirilmesi planlanmalı, buna gereken önem verilmelidir.

malıdır.

Enerji ihtiyacımızın gerek bize, gerekse bizden sonra gelecek nesillere zarar vermeyecek şekilde sağlanması, en büyük arzumuz olmalıdır. Doğayı daima yaşanır halde

#### *ABD'de Kömürle Çalışan Santrallerin Çevresinde İzlenmiş ve Saptanmış Sağlık Problemleri*

- As:** Anemi, mide bulantıları, renal belirtiler, ülser, deri ve akciğer kanseri, kusurlu doğumlar.
- Be:** Solunum ve lenf, akciğer, dalak ve böbrek rahatsızlıkları, kanserojen etkiler.
- Cd:** Akciğer anfizeması ve fibrosisi, böbrek rahatsızlıkları, kardiyovasküler etkiler, kanserojen etkiler.
- Hg:** Sinirsel ve böbrek tahribatlar, kardiyovasküler etkiler, doğum problemleri.
- Mn:** Solunum yolları etkileri.
- Ni:** Deri ve bağırsak bozuklukları, kanserojen etkiler.
- Pb:** Anemi, sinirsel ve kardiyovasküler problemler, büyüme gecimesi, mide ve bağırsak problemleri, kanserojenik etkiler, doğum problemleri (teratojenik etkiler).
- Se:** Mide ve bağırsak bulantılar, akciğer ve dalak tahribatı, anemi, kanser, teratojenik etkiler.
- V:** Akut ve kronik solunum fonksiyon bozuklukları.

#### **Selami Toprak**

Dr., Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü  
Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi



# GRANİTLER

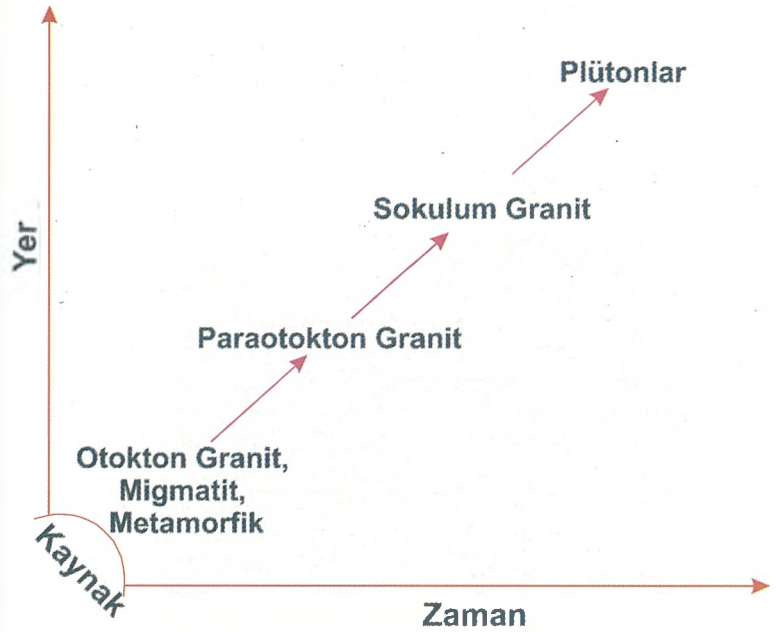
## Genel Bir Bakış

### Metamorfizma veya Magmatizma

**G**ranitler, modern jeolojinin doğuşundan bugüne, gerek doğalarındaki farklılıklar gerekse de çok çeşitli jeolojik olaylarla ilişkileri nedeniyle sürekli olarak tartışmaların odak noktasını oluşturmuştur. Granit jeolojisi hakkındaki güncel görüşler, bu yüzyılın ilk yarısında gelişmiştir. Tartışma, granitlerin kökeninin açıklanmasında birbirine karşıt görüşler ileri süren magmatizmacılar ve metamorfizmacılar arasında olmuştur. Magmatizmacılar, granitlerin doğrudan sıvı magmadan kristalleşme sonucunda oluştuğunu iddia ederken; metamorfizmacılar daha önce varolan başkalaşmış çökel kayaların (metasedimanter) metanomatik süreçlerle granitleri oluşturduğunu iddia etmişlerdir. Bu tartışmalarda, granitlerin başkalaşmış (metamorfik) kayaların ultrametamorfizmasıyla oluştuğunu iddia eden metamorfizmacı görüş, H. Read gibi Avrupalılarca savunulurken, magmatizmacı görüş Amerikalılar tarafından savunulmuştur. Magmatizmacıların en önemli kanıtları, N.L. Bowen'in bazaltlardan parçalı kristallenme yoluyla granit elde ettiği deneysel çalışmalaridir.

Bu düşünce akımlarının görüşleri büyük ölçüde arazi gözlemlerine göre oluşturulmuştur. Kuzey Amerikalılar, Pasifik kenarında bulunan Kordilleradaki granitoidlerin volkanitlerle olan birlikteliğini, kendi görüşlerini destekleyen sağlam bir kanıt olarak kabul ediyorlardı. Avrupalılar ise %68'den fazla SiO<sub>2</sub> içeren granitlerin metamorfiklerle olan birlikteliğini görüşlerini destekleyen sağlam bir veri olarak kabul ediyorlardı. Bununla birlikte, bu akımların kendi içlerinden de karşıt görüşler çıkmaktaydı.

Tartışmalarda ana konu yer sorunu; nasıl oluyordu da muazzam granit kütleleri daha yaşlı kayalarla



Read' in granit serisi (Read, 1949)

kaplanmış alanlarda kendilerine yer bulabiliyordu? Magmatizmacılar bunun açıklamasının yapısal mekanizmalarda bulunabileceğine inandılar. Buna örnek olarak, batmakta olan yoğun örtünün yüzen daha hafif granitik magmayla yer değiştirmesini ve diapirleşme (domlaşma) ile yan kayaların plütonlara yer sağlayabilecek şekilde deformasyona uğramasını gösterdiler.

Metamorfizmacılara göre ise, metaformik kaynak kayalar granite dönüştüğünden, yer problemi daha kolay çözüme kavuşturuluyordu. Ancak, metamorfizmacı görüşün Read ve diğer bazı taraftarları granit oluşumunda bir dizi olaydan söz etmiştir. Bu araştırmacılara göre bir plütonik, metamorfik dilimdeki graniti (nebulus migmadan nebulus magmaya kadar değişen bir durumda) metamorfitlerle olan birlikteliğinden ayıran bir dizi oluşum meydana gelmektedir. Sonunda migma-magma plütonik köken-

lerinden kendisini kurtarır ve zayıf zonlar boyunca oluşan itmeler ve çekmelerin yanı sıra faylanmalar ve domlaşmaları da içeren bir gerilmeli sistemde diapirik plütonları oluşturur. Read'e göre Avrupa'nın Hersiniyen kuşağında yer alan Fransa Masif Santalleri migmatitleri ve anateksitleri ile aktif çekirdeği, buna karşılık Güneybatı İngiltere'deki Cornubian kütleli ise yüksek seviyeli "ölü" (aktif olmayan) plütonları temsil etmektedir.

Sonraları bu görüşlerin daha fazla taraftar bulmasında Bowen ve Tuttle'nin deneysel olarak gerçekleştirdikleri, parçalı kristallenme yoluyla bazalttan granit elde edilmesi temeline dayalı hipotezleri etkili oldu. Bu modelin tamamen kabul görmesinin önündeki en önemli engel, granitlerin yaygın olmasına rağmen onlarla ilgili olan bazaltların genellikle gözlenememesiydi. Tartışmalar, Read'in "belki de granitler ve granitler vardır" yorumuyla 1950'lerin başında hararetini



kaybetmiştir. Jeoloji kamuoyu, magmatizmacıların daha iyi savunuları olduğunu düşünmekteydi. Bu genel anlayış da, bazı çekinceler koymakla birlikte yeni nesil jeologların çoğunun, magmatizmacı modeli benimsemelerine neden oldu. Bu nedenle granitler gündemdeki önemlerini başka sorunlarla yer değiştirerek kaybettiler. Bu dönemi, Sierra Nevada'da (Paul Bateman ve diğerleri), Donegal ve Peru'da (Wallace Pitcher ve diğerleri) ve Avusturalya'da Dachlan kıvrım kuşağındaki (Chapel ve White) granitlerin haritalaması yapıldığı dönemi izledi.

Bu dönemde kristalli kayalarda analitik jeokimyanın ve izotoplar ile yaş tayinin niceliksel olarak uygulanmasında önemli ilerlemeler sağlanmıştır. Bu olay daha sonraki çalışmalara yeni boyutlar katacak zengin jeokimyasal ve izotop verilerinin zaman içerisinde birikmesini sağladı. Özellikle izotop jeolojisindeki gelişmeler önemli olmuştur. Ancak yer bilimlerinin bu yönü birçok dallara ayrılmaktadır. Bununla birlikte, bu alanlardaki ilerlemenin granitlere güvenilir yaşlar verebilme ihtiyacından kaynaklandığı söylenebilir. Bunun nedeni, granitlere sadece jeolojik yöntemlerle (kestikleri veya onları üzerleyen formasyonları esas alarak) yaş verilmesinin genellikle çok güç veya imkansız oluşudur. Bu durum özellikle Prekambriyen yaşlı sahalardaki granitler için geçerlidir.

## Granitler ve levha tektoniği

20.yy.'in son çeyreğine doğru levha tektoniğinin birleştirici küresel bir model olarak kabul edilmesiyle, granitler bir kez daha gündeme gelmiştir. Bu durum Chappel ve White (1974) tarafından Avusturalya'daki Lachlan kıvrım kuşağında yapılan on yıllık bir araştırmanın sonucunda, iki zıt granit tipinin belirlenmesiyle ortaya çıkmıştır. Bu araştırmalara göre, granitleri jeolojik, jeokimyasal ve izotop çalışmalarıyla sedimanter (çökel) kayaların kısmi ergimesinden türeyen S-tipi ve magmatik kayaların kısmi ergimesinden türeyen I-tipi olarak ayırt etmek mümkündür. Bu görüş S-tiplerini Read'in, I-tiplerini Bowen'in modeline uydurarak daha önceki tartışmayı çözüme kavuşturuyorsa da, tartışmanın boyutlarını daha

da genişletmiştir. Çünkü, Amerika'nın batı kenarında yerleşmiş büyük granit kütleleriyle temsil edilen bazı I-tipi granitlerin okyanus kabuğunun kıta altına dalmasıyla doğrudan ilişkisi olduğu açıktır. Bu durum jeologlar arasında yeni bir tartışmayı başlatmıştır. Bunun esas nedeni de granit tipiyle, kaynak bölge ve tektonik konum arasındaki ilişkinin farkına varılmasıdır. Böylece hemen hemen bütün granit tipleri levha tektoniği çerçevesi içerisinde irdelenmeye başlandı. Pitcher (1979 ve 1983) Alp, And ve Hersiniyen tipi dağ oluşum kuşaklarını tanımladı ve daha sonra M-tipi (okyanusal ada yayı), I-tipi (Kaledoniyen), I-tipi (Kordillera), S-tipi ve A-tipi granit kavramlarını kullanarak bu görüşünü genişletti. Bu tip sınıflama ve ilişkili kavramlar granit jeolojisini levha tektoniği bağlamında ve alfabetik sistemde yerine oturttu. Bu çalışmalar ya körü körüne takip edildi ya da aşırı derece de mantık dışı bulundu.

Karşı yöndeki eleştirilerle sözü edilen model dikkate değer biçimde genişletildi. Pitcher'in I-tipini iki farklı gruba ayırması, bunun bir jeolojik gerçekliği yansıttığını anlamasıyla olmuştur. Pitcher'in Kaledoniyen I-tipi, Roberts ve Clemens (1993) tarafından yüksek potasyumlu kalk-alkalin I-tipi olarak yeniden düzenlendi. Bu araştırmacılara göre tüm Arkanien sonrası metaalüminal granitlerin %35-40'ı bu tipteydi. Bir çok bölgede olduğu gibi Güneydoğu Avusturalya'nın çoğu I-tipi graniti de Roberts ve Clemens'in (1993) tanımına uygunluk gösteriyordu. Bu bağlamda, Collins ve Vernon'un bu kuşaktaki granit plütonizmasında kabuksal büzülme (delaminasyon) sonucu oluştuğunu öne süren modelinin de dikkate alınmasında yarar vardır. Bazı tektonik kıvrımlarda, kıtasal litosferik manto parçalarının kabuktan koparak manto içine düştüğü düşünülmektedir. Bu olay yüzün kıtasal kabuk içerisinde yeni kabuksal ergimelerin oluşmasına neden olur.

Benzer bir model de Rongfu Pei ve Dawei Hong (1996) tarafından Güney Çin'deki granitler için önerilmiştir. Bu granitler, Güneydoğu Avusturalya'daki granitler gibi birkaç yüz kilometre genişliğindeki bir kuşak boyunca uzanmaktadır. Şu anda ilginç bir hipotez olarak gündemde olan bu görüş, çok geniş bir granit topluluğunun oluşumunu açıklar gibi görün-

mektedir. Benzer şekilde hem orojenik hem anorojenik tektonik konumlarda gözlenen alkali veya A-tipi granitler, sınıflandırmalarda daima sorun yaratmışlardır. Bunların en tipik olarak oluştuğu tektonik konumlar, litosferik riftleşme ve büyük faylarla ilişkili olan kalkan içleridir. A-tipi granitlerin genellikle yüz milyon yıla uzanabilen bir faaliyet süreleri vardır. Ancak kalk-alkalin plütonizmanın hakim olduğu bir orojenik faaliyette yay gerisi bölgesindeki magmatik çevrimin sonuna doğru, geç orojenik granitler oluşabilirler. Her ne kadar Eby (1992) ve Boni (1988) tarafından bazı girişimlerde bulunulduysa da, bu iki A-tipi graniti birbirinden ayırt etmek oldukça zordur. Bu sorunla ilgili en son makale Hong Dawei (1996) tarafından yayınlanmıştır. Tüm bu araştırmacılar, A-tipi ayırımının yapılması için çeşitli jeolojik ve jeokimyasal ölçütlerin kullanıldığı bir yöntem geliştirmişlerdir.

Kısaca MISA olarak adlandırılan sınıflama sistemini eleştirenler, granit sınıflamasının daima temel dayanağı olan modal (mineralojik) ve kimyasal sınıflandırmaların kökensel açıklamalarda bulunmadan kullanılmalarının sürdürülmesi gerektiğine inanmaktadırlar. Aslında bu klasik yöntemlerin kullanılmasına devam edilmektedir. Hatta kullanımları oldukça genişletilmiştir. Ancak, bazı klasik göstergelerin kökensel anlamı olduğu düşünülmektedir. Kaynak bölgenin niteliği ile ilgili doğrudan bilgi sağlayan jeokimya ve izotop yöntemleri geliştikçe, kökensel bazı çağrışımlar yapılmasından kaçınmak uygulamada imkansız hale gelmektedir.

Tektonik sınıflamaya yöneltile eleştiriler iki sebepten dolayı ortaya çıkmaktadır. Bunlardan birincisi, Chappel ve White'in granitleri tektonik konumlarına göre değil de kaynak bölgelerine göre sınıflandırmaları; ikincisi birçok durumda olduğu gibi kaynak bölgenin (günümüzde jeokimya ve izotop çalışmalarıyla kaynak bölgeyi tanımlamak mümkündür) her zaman var olan tektonik konumla bir ilişki içinde bulunma zorunluluğunun olmasıdır. Bu, özellikle kabuksal belirteci bulunan granitler için sözkonusudur. Kordiller ve diğer konumlarda bulunan I-tipi ve S-tipi granitlerin jeokimyasalarını bir anahtar olarak kullanarak, granitik kayaların tektonik konumunu çözmeye yönelik



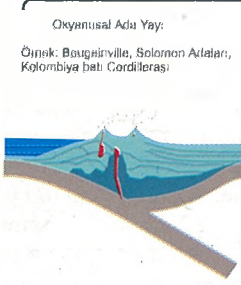

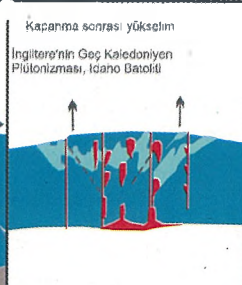

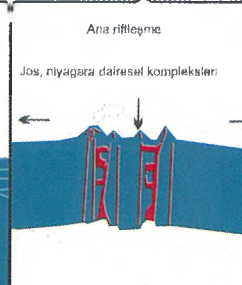
dökümanter çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların sonuçları, özellikle yaş ve orojenik kuşaklar için tatmin edici olmamıştır. Bu durumun en azından bir kısmı, tektonik süreçlerin kendi karmaşıklığından kaynaklanabilir. Amerikan Kordilleri ve Pasifik Adaları gibi bazı oluşumlarda kaynak bölgesinin bileşimi, hakim olan levha tektoniği konumuyla doğrudan ilişkilidir. Ancak levha tektoniği, farklı hikayelere sahip, birbirleriyle ilişkili olmayan levhaların bir araya gelmesini sağlayan çok uzun bir süreci içerir. Eğer granitlerin olduğu bu tür bölgeler bireysel veya toplu halde hareket etmişse, oluşan granit bölgenin jeokimyasal-izotopsal yönlerini de yansıtacaktır. Endonezya Takımadaları gibi oldukça genç ada yayı sistemlerinde bile I-tipinin yaygın olduğu sahalarda içinde S-tipi granit oluşumuna neden olabilen Avusturalya'dan türemiş kıtasal parçacıklarla bağlantısını kesmiş dilimler vardır.

Bu konu hakkındaki bir diğer sebep ise, granitik magmanın oluşu-

mu, yükselimi ve yerleşmesiyle bağlantılı yapısal konum sorunudur. Son yıllarda gelişen "derin faylanmanın rolü" fikrine (Pitcher ve Bussell, 1977; Leake, 1990) göre ise birçok büyük fay kabuğu tamamen keserek, kaynak bölgeye kadar uzanmaktadır. Bu durum da basınç-hacim ilişkisinde basıncın azalmasına ve kaynak bölgedeki granitik magmada kısmi ergime-nin başlamasına neden olur. Sonuçta büyük faylar, magmanın yükselmesini ve yerleşmesini kontrol ederek, önemli rol oynarlar. Atherton (1990), Peru kıyı granit kütesinin riftleşme ortamında bazaltik ana kayanın (protolit) kısmi ergimesi sonucu oluştuğunu söylemiştir. Bu gözlem ise, yaklaşan bir levha kenarı için uygun olmayan bir göstergedir. Ancak bu görüş, daha önce Aguirre ve Offler (1989) tarafından geliştirilmiş olan olgunlaşmamış rift kavramı ve granit kütesinin altındaki bazik yayların jeofiziksel olarak saptanmasıyla desteklenmiştir (Couch ve diğerleri, 1981). Atherton (1993) ise riftleşmenin Pireneler'deki Trois

Seigneurs Masifi'nde S-tipi granitlerin oluşumunda da etkili olduğunu göstermiştir (Wickham ve Oxburg, 1985). Magma oluşumunun ve yükseliminin başlatıcıları olan; riftleşme, normal faylanma, doğrultu atımlı faylanma, yanal sıkışma vb. gibi yapısal mekanizmaların, gerçekte eldeki mevcut malzemeden magma oluşturma kadar tarafsız olduğu açıktır. Bu durum Ekvator'da Tres Lagunas granitiyle I-tipi Zamora granitinin birbirine paralel kuşaklar halinde yanyana sıralanmasıyla tanımlanmıştır (Litherland ve diğerleri, 1994). Riftleşme ve normal faylanmanın anorojenik ve A-tipi granitlerle olan ilişkisi örneğinde olduğu gibi; belirli bir yapısal tarzın tektonik ortamla olan birlikteliği tanımlama ve gerekli ilişkileri kurma problemleri dizisine katılan yeni bir unsurdur.

Her ne kadar yapısal kontrollere granit tipolojisi sorusuyla doğrudan ilişkisi olmuyorsa da (sadece bazı A-tipleri dışında), granit plütonlarının kabuğun orta ve üst kesimlerinde yükselmeleri ve yerleşmelerini içeren

OROJENİK			OROJENİK OLMAYAN	
<p>Okyanusal Ada Yay:</p> <p>Örnek: Bougainville, Solomon Adaları, Kolombiya batı Cordillerası</p> 	<p>Kıta Kenarı Yayları</p> <p>Göl Havzası</p> <p>Paranın kıyı bütülleri, Californiya'nın Yanardağı Bütülleri</p> 	<p>Kapanma sonrası yükseltilim</p> <p>İngiltere'nin Geç Kaledoniyen Plütonizması, İtalya Batoliti</p> 	<p>Oblik kıtasal çarpışma</p> <p>Nepal'in Litoze ve Mendaolu Batoliti, Britanya'nın Mancalinen graniti</p> 	<p>Ana riftleşme</p> <p>Jos, niyagara dairesel kompleksleri</p> 
<p>Volkanik ve Volkanoklastik Bölgeler</p> <p>Adayayı Bazaltları</p> <p>Gömülme Metamorfizması</p> <p>Olgunlaşmış yayardaki Gabro, M-tipi Kuvars Diyorit</p> <p>Kaçuk Zonu Plütonlar</p> <p>Açık kıvrımlar</p> <p>Au içeren porfiri-Cu</p> <p>Okyanus-Okyanus Dalması</p> <p>Kısa dönemli, devam eden</p> <p>Mantodan üreyen Kısmi ergime, metamorfizmaya uğramış, mafik levna altı</p>	<p>Fayla sınırlı kenar havzalarındaki çökeltmeler</p> <p>Büyük hacimli andezit ve daaiter</p> <p>Gömülme metamorfizması</p> <p>I-tipi tonalit ve granodyorit başlıklar, daha az miktarda, granit ve gabro</p> <p>Uyumsuz, volkanlardan beslenen özgül batolitler</p> <p>Yayılan kabuk kısılaması</p> <p>Mo-İçeren porfiri-Cu</p> <p>Okyanus-Kıta dalması</p> <p>Uzun süreli keskinlik</p> <p>Mantodan üreyen levha altının kısmi ergimesi; ardi kıta kabuk kenarında eklenmesi</p>	<p>Erozyon; Kenar moloz havzaları</p> <p>Plato tipi bazaltik volkanlar</p> <p>Aşın derecede uyumsuz zonlanmalar</p> <p>Diyorit ve gabronun ziftlilikle ilgili ve S' tipi Granodyoritler</p> <p>Tektonik restititlerden kaynaklanan saçılmış plütonlar</p> <p>Doğrultu atımlı ve normal faylanmalar, yükseltilim</p> <p>Noelir olarak metal birikmeleri</p> <p>Hızlı, kapanma sonrası yükseltilim</p> <p>Göreceli olarak kısa süreli patlamalar</p> <p>Yağlı, tonalitik, alt kabuğun kısmi ergimesi ardi; manto ve orta kabuk eklenmeler</p>	<p>A: Analeksit, B: Kısmi ergime</p> <p>Bindirme ölü ve gerilme havzalarındaki çökeltme</p> <p>Genellikle felsik volkanizma yokuşu</p> <p>Bölgesel, düşük basınçlı metamorfizma</p> <p>Migmatitler, granit serileri, genellikle S-tipi granitler</p> <p>Aktif mekanizma zonlarındaki uyumlu diyapir batolitleri ve tabakalar</p> <p>Kıtasal ve bindirme kalınlaşması</p> <p>Sn ve W-Skarnları, damar ve ornatmalar</p> <p>Kıta arası dalma</p> <p>Uzun periyotlarda keskin çevrim</p> <p>Ultrametamorfik analeksitler tarafından çevrim geçirmiş kabuk malzemesinin kısmi ergitilmesi</p> <p>Ergime olarak yeniden işleme</p>	<p>Rift dolgu</p> <p>Alkali lavlar, tüller kıldora dolgu</p> <p>Biyotit granit, alaksi granit ve silyenit, A-tipi</p> <p>Yükselme eğilimi göseler: volkanik çöküntüler</p> <p>Riftleşme</p> <p>Boğluklarda ve pegmatit içinde Sn, Nb, U, Th mineraleri</p> <p>Kalınlaşma veya orojen sonrası riftleşme</p> <p>Göreceli kısa süreli</p> <p>Yağlımantonun susuz fakat Flor ve Bor'ca zengin koşullarda tükeltilmiş alt kabuğun kısmi ergimesi</p>
<p>Sıcak, kuru, yeni kabuğa doğru yükselen Kuvars-Diyorit magma</p>			<p>Orta derecede sıcak ve kuru, gelişmiş, kristal içeren magmanın çığıli seviyelere doğru yükseltilimi</p>	
<p>Dalma enerjisi mafik magma tarafından ısı transferi</p>			<p>Adiyabatik sıkışma ardi mafik magma tarafından ısı transferi</p>	
<p>Yeni ve eski kabuğa doğru, sıcak, kuru tonalitik magma yükselmesi</p>			<p>Olometamorfik yeniden kristallenmeyle, göreceli soğuk, nomli granitik malzemenin derinlerde donması</p>	
<p>Yeni ve eski kabuğa doğru, sıcak, kuru tonalitik magma yükselmesi</p>			<p>Radyojenik kabuğun tektonik kalınlaşma nedeniyle örtülmesi ardi dijitler halinde ısı transferi</p>	
<p>Yeni ve eski kabuğa doğru, sıcak, kuru tonalitik magma yükselmesi</p>			<p>Göreceli sıcak, akışkan mntonun yeni: kati kristalleşmesiyle ısı yüzeye kadar yükseltilme</p>	
<p>Yeni ve eski kabuğa doğru, sıcak, kuru tonalitik magma yükselmesi</p>			<p>Derin kabuk kapanından hızlı serbest kelme sonucu gövçeme</p>	

Tektonik ortamlarında granitik kayalar (Chapman ve Hall, 1993)



çalışmalarla doğrudan ilişkileri vardır. Eski kuşak jeologların yer modeli daima okyanus havzalı bir katı kıtasal kabuktan oluştuğu için yer sorunu ortaya çıkıyordu. Granitlerin yerleşimi için elverişli yapılar elbette biliniyordu, ancak bunlar granit yerleşimi için gerekli olan yerin ancak bir bölümünü sağlayabiliyordu. Bu çerçevede de sadece magmatik stoping, diapilleşme ve metamorfizma mümkün görünmekteydi. Deniz tabanı yayılması, kıtaların birbirinden uzaklaşması ve yakınlaşması belirlendikten sonra ortaya çıkan dinamik yer modeli, bu tür problemlere tamamen yeni bir bakış açısı getirdi.

1970 ve 1980'lerde ise granit yerleşimiyle ilgili birçok yapısal çalışmalar gerçekleştirildi. Bu çalışmalar sonucunda granit plütonlarının yerleşimine önemli oranda ışık tutulmuş oldu. Geçerli granit yerleşim modellerinde kabuğun orta veya üst seviyelerinde oldukça dar bir kanaldan beslenen granit magmanın yükseldiği varsayılır. Alttan beslenen magmaya elverişli bir bölgede granit, stoping, diapilleşme, balonlaşma veya bunların herhangi bir kombinasyonu ile yapısal hareketler veya deformasyonlar nedeniyle oluşan boşlukları doldurur ve plüton halinde gelişir.

Granit yerleşimiyle ilgili geliştirilmiş bir model, genellikle rift veya doğrultu atılımlı faylar gibi büyük faylarla birlikte olan granit topluluklarını göz önüne almaktadır. Bu modelde kabuk boyunca uzanan doğrultu atılımlı faylar kabuksal parçaların yanar geçişinden sorumludur. Bu boyuttaki fayların kabuksal kayaların ergimeye başlayacağı (adiabatik basıncın azalmasıyla) derinlere kadar ulaşabileceği varsayılmaktadır. Oluşan magmalar daha dar besleme zonları boyunca yerleşim bölgesine kadar yükselir ve plütonun en sonunda gelip yerleşeceği boşluğu doldurur. Magmalar bunu iki şekilde yapabilir: Ya yapısal durumun yaratabileceği potansiyel bir boşluktan yararlanır ya da plütonun genişlemesi sonucunda oluşan boşluğu kullanır. Bir çok durumda plüton soğudukça şekilsel ve hacimsel değişime devam eder. Bu değişim gnays dokusunun gelişimi ile noktalanır.

Özet olarak, şu anda elde hazır olan yapısal ve tektonik bilgilerin, eski kuşak jeologların çözümsüz olarak gördüğü bazı problemlere, tamamen

yeni bir ışıkla bakmamızı sağlayarak, bizler için problem olmaktan çıkarttığını söyleyebiliriz. Bu en azından kuramsal olarak böyledir. Pratikte ise bu tamamen farklı bir sorundur.

Mineralleşmeler açısından da tektonik konum ve kaynak bölgeye göre farklı görüşler geliştirilmiştir. Ekonomik jeoloji açısından tektonik konum oldukça önemli olduğu görülmüştür. Birçok baz metal, bakır ve altın yataklarının kıta ve okyanusal yaklaşmanın olduğu aktif kıta kenarıyla ilişkili olduğu görülmüştür. Örnek olarak Kuroko masif sülfür yatakları ve porfiri bakır yatakları Pasifik kenarı boyunca dikkati çeken bir coğrafi birliktelik oluştururlar. Buna karşılık kalay ve nadir topraklar ise dünyanın diğer taraflarındaki löko-granitlerle (Avrupa'nın Hersiniyen Granitleri ve Güneydoğu Asya'nın kalay kuşağı gibi) ilişkilidir ve genellikle kabuksal kökenlidir. Ancak bu kayaların Chappel ve White (1974) tarafından tanımlanan gerçek S-tipi olma zorunlulukları yoktur. Bu birliktelik kıta içlerindeki bazı anorojenik A-tipi granitler içinde ayrıca geliştirilmiştir. Farklı mineralleşmelerin farklı bölgelerdeki tektonik konumlarla ilişkileri düşüncesi, Güneydoğu Asya'da Mutchison ve Taylor (1978) tarafından, Güneydoğu Çin'de Rongfu Pei ve Dawei Hong (1996) tarafından uygulanmıştır.

#### Kavnaklar

- Aguirre, L. and offler, R. 1985. Burial metamorphism in the western Peruvian trough: its relation to andean magmatism and tectonics, in Pitcher, W.S. Atherton, MP. Cobbing, EJ. and Beckinsale, RD, eds., Magmatism at a plate edge: Blackie halsted Press. 327 pp.
- Atherton, MP. 1990. The Coastal Batholith of Peru: the product of rapid recycling of new crust formed within a rifted continental margin: Geological Journal, v.25. pp. 337-349.
- Atherton, MP. 1993. Granite magmatism: Journal of the Geological Society, v.50. pp. 1009-1023.
- Bonin, B. 1988. From orogenic to anorogenic environments: evidence from associated magmatic episodes: Schweiz. Mineral. Petrog. Mitt 68. pp. 301-311.
- Bowen NI., 1928. The evolution of the igneous rocks: Dover, New York.
- Bowen, NI., 1948. The granite problem and the method of multiple prejudices: Geology, v. 8. pp. 173-174.
- Collins, WJ. and Vernon, RII. 1994 arift-dirift-delamination model of continental evolution. Palaeozoic tectonic development of eastern Australia: Tectonophysics, v. 235.

- pp. 249-275.
- Couch, R. Whitsett, R. Huehn, B. and Briceno-Guarupe, L. 1981. Structures of the continental margin in Peru and Chile, in Kulm. LD, Dymond, Dm. Dasch. E. and Husksong. DM, eds., Nazca Plate: Crustal formation and Andean convergence: Geological Society of America Memoir 154. pp. 703-726.
- Eby. GN. 1992. Chemical subdivision of the A-type granitoids: petrogenetic and tectonic implications: Geology. v.20. pp. 641-644.
- Hong Dawci, Wang Shiguang. Han Bofu, and Jin Manyuan. 1996. Post-orogenic alkaline granites from China and comparisons with anorogenic alkaline granites elsewhere: Journal of Southeast Asian Earth Sciences. v. 13. pp. 13-27.
- Leake, BE. 1990. Granite magmas, their sources, initiation and consequences of emplacement: Journal of the Geological Society. 147. pp. 579-589.
- Litherland, M. Aspden, JA and Jemielita. RA. 1994. The metamorphic belts of Ecuador: British Geological Survey. Overseas Memoir 11. 147 pp.
- Pitcher, WS. 1979. Comments on the geological environment of granites, in Atherton, MP. and Tarney. J. eds., Origin of granite batholiths: geo chemical evidence: Shiva Publishing Ltd. Orpington. pp. 1-8.
- Pitcher, WS. 1982. Granite type and tectonic environment, in K.Hsu. ed., Mountain building processes: Academic Press. pp. 19-40.
- Pitcher, WS. 1987. Granites and yet more granites forty years on: Geologische Rundschau v. 76. pp. 51-79.
- Pitcher, WS. 1993. The nature and origin of granite: Chapman and Hall. London. 321 pp.
- Pitcher, WS. and Bussell. MA. 1977. Structural control of batholith emplacement: Journal of the Geological Society. v. 133. pp. 249-246.
- Read HH. 1948. A commentary on place in plutonism: Quarterly Journal of the Geological Society of London v. 104. pp. 155-206.
- Read HH. 1949. A commentary on time in plutonism: Quarterly Journal of the Geological Society of London: v. 105. pp. 101-156.
- Roberts, MP. and Clemens. JD. 1993. Origin of high-potassium. calc-alkaline. I-type granitoids: Geology v. 21. pp. 825-828.
- Rongfu Pei. and Dawci Hong. 1996. The granites of south China and their metallogeny: Episodes. v. 18. pp. 77-82.
- Wickham. SM. and Oxburgh. ER. 1987. Continental rifts as settings for metamorphism: Nature v. 318. pp. 330-333.

#### Çevirenler: Kemal Türeli

Dr., Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü  
Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi  
**Erçan Kuşçu**  
Jeoloji Yüksek Mühendisi,  
Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü  
Maden Etüt ve Arama Dairesi

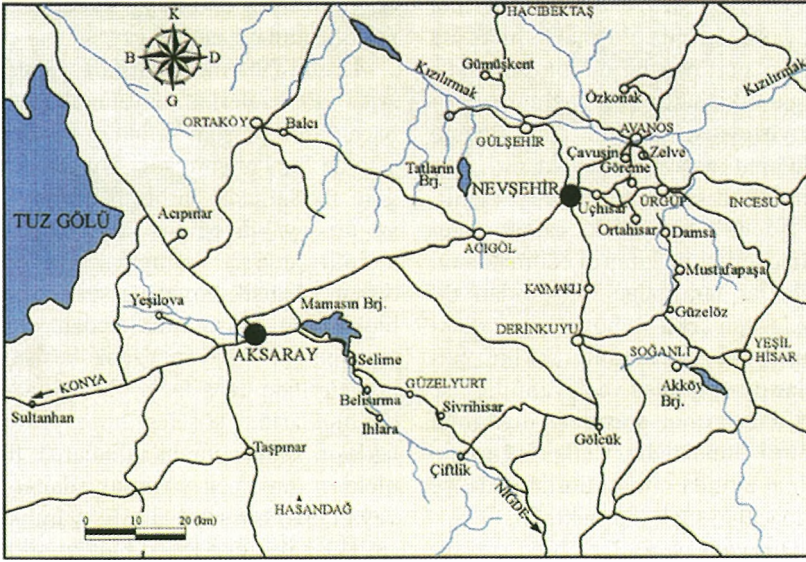




# KAPADOKYA

JEOLOJİ, TURİZM VE KORUMA





**İ**ç Anadolu'nun Nevşehir-Niğde-Kayseri illeri arasında bulunan bölgesi "Kapadokya" olarak bilinmektedir. Bu bölge, peri bacaları ile süslenmiş olağanüstü doğal güzellikleri, eski uygarlıklardan kalan çok değerli kültür varlıkları ve yoğun bir turizm potansiyeli ile tüm dünyanın ilgisini çekmektedir. Bu ilgi bilimsel çalışmalara da yansımıştır. Kapadokya bölgesi ile ilgili değişik konularda (sosyoloji, sanat tarihi, arkeoloji, jeoloji, coğrafya, restorasyon, vb.) çok sayıdaki yerli ve yabancı uzmanlar tarafından bilimsel araştırmalar yapılmaktadır. Özellikle Nevşehir yöresinin, 6 Aralık 1985 tarihinde Birleşmiş Milletler Eğitim-Kültür ve Bilim Teşkilatı (UNESCO) tarafından dünyanın olağanüstü güzellikteki doğal ve kültürel yerlerinden biri olarak kabul edilmesi ve "**Dünya Doğal ve Kültürel Mirası**"na katılması, gerek turizm ve gerekse de bilimsel araştırmalar açısından tüm dikkatleri bu bölgeye çekmiştir.

"**Kapadokya kaya kiliseleri**" terimi genel olarak tüfler içerisinde oyulmuş köy ve manastır kiliseleri için kullanılmaktadır. Bu kiliseler günümüzde "Açıkhava Müzeleri" halindedir ve özellikle Belisırma ve Ihlara Vadileri, Soğanlı Vadisi ve Göreme civarında toplanmışlardır. İçerindeki resimler ile yeryüzünde eşine az rastlanır bir tarih hazinesi oluşturmaktadırlar.

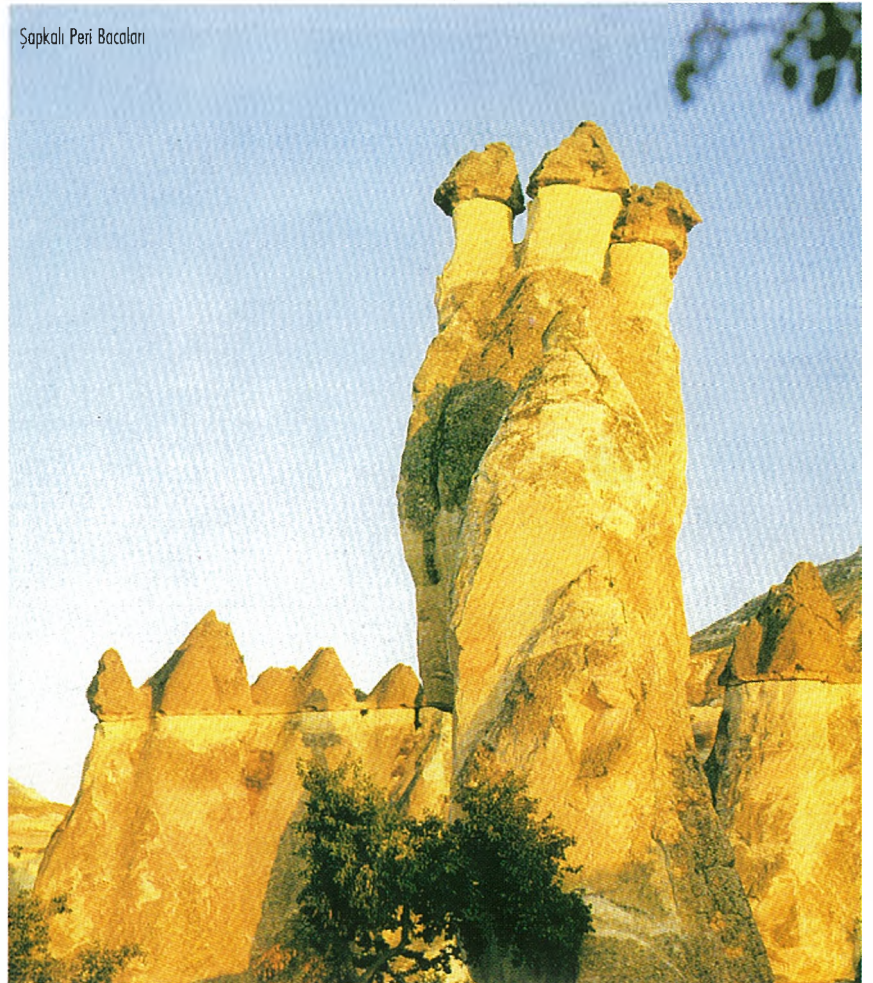
## Jeoloji

Kapadokya bölgesi, oldukça kalın ve geniş bir alanı kaplayan ve Ürgüp formasyonu olarak adlandırılan Miyosen-Pliyosen yaşlı volkano-sedimanter bir birimle örtülmüştür. Peri bacaları Ürgüp formasyonuna ait Ka-

vak ve Tahar üyeleri içerisinde oluşmuştur. Her iki üye de kaynaklanmamış tüf özelliğindedir. Daha yaygın olarak yüzeylenmesi ve daha çok kaya kiliseleri bulunması nedeniyle, bilimsel araştırmalar genelde Kavak üyesini oluşturan tüfler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Kavak üyesi kısa süreli, zaman zaman kesintili ve güçlü bir ıgımbritik püskürmenin ilk ürünlerinden olup, tüfit-lahar özelliğine sahiptir. Genelde gri-beyaz görünümdeki Kavak üyesi, yer yer açık pembe renkli yabancı kayaç parçacıklarını içermektedir. Kavak üyesinin lahar özelliğindeki seviyelerinde peri bacaları oluşmuştur. Bu seviyelerde plajiyoklaz, kuvars, biyotit ve opak minerallerinin yanı sıra dasit, andezit ve bazalt bileşiminde yabancı kayaç parçacıkları ile pomza taşı camsı hamur içerisinde bulunur.

Kavak üyesi içerisinde oluşmuş bazı peri bacalarının üzerinde, "**şapka kaya**" olarak isimlendirilen nispeten daha dayanıklı bir kayaç bulu-



Şapkalı Peri Bacaları



nur. Ürgüp-Göreme civarında, bu kay-  
yaç kaynaklanmış tüf özelliğindedir.  
Kaynaklanma, bu kayacın dayanımı-  
nı artırarak aşınmasını geciktirmiştir.  
Böylece, daha kolay aşınabilen Ka-  
vak üyesi üzerinde şapka kaya'yı  
görmek mümkün olabilmektedir. Bu  
kayaç, ayrıca altında bulunan peri  
bacasının aşınmasını da geciktir-  
miştir. Kavak tüfü, düşük birim ha-  
cim ağırlığında çok gözenekli, zayıf  
dayanımlı ve geçirimsizdir. Tüfün  
içinde iki çatlak seti (K78°D/85°-  
90°KB, K-G/90°) bulunmaktadır.

## Peri bacalarının oluşumu

Peri bacalarının oluşum mekaniz-  
ması bölgeye giden herkes tarafından  
merak edilmektedir. Yazarın Ürgüp-  
Göreme bölgesinde yaptığı çalışma-  
da elde ettiği bulgular çerçevesinde,  
peri bacalarının oluşum mekanizması  
aşağıda belirtilmiştir.

Oluşum aşamasında peri bacaları,

derelerin içinde ve dere vadilerinin  
dik yamaçlarında oluşmaktadırlar. Bu  
durum, peri bacalarının oluşumunda,  
rüzgar etkisinden çok yağmur suları-  
nın yüzeydeki akışının daha önemli  
olduğunu ortaya koymaktadır. Peri  
bacalarının şekli ve arazideki dağılı-  
mı ise tüf içerisindeki çatlak setle-  
rinin özelliği ile kontrol edilmektedir.  
Çatlaklar tarafından oluşturulan tüf  
bloklarının şekli ve boyutu ile çatlak-  
ların eğimi peribacasının şeklini; çat-  
lakların doğrultusu ve devamlılığı ise  
peri bacalarının arazideki dizilimini  
kontrol etmektedir. Çatlak eğiminin  
80°nin altında olması durumunda ise  
peribacaları eğik durmaktadır.

Dik vadi yamaçları, bitki örtüsü-  
nün azlığı ve tüflerin geçirimsiz  
olması yağışın yüzey akıntısı olarak  
gelişmesine ve böylece zayıf-kay-  
naklanmamış tüfün kolayca aşınma-  
sına neden olur. Erozyon, geniş ara-  
lıklı ve devamlı çatlaklar boyunca  
daha fazladır. Çatlak boyunca daha  
derin aşınma ve genişleme, çatlak

doğrultusunda dizilmiş peri bacaları-  
nın oluşumunu sağlar.

Ürgüp-Göreme civarında yapılan  
arazi gözlemlerine dayanarak, peri  
bacalarının oluşum safhaları yandaki  
şekilde modellenmiştir. Bu modele  
göre ilk safhada, birbirini dik kesen  
ve dike yakın eğime sahip değişik  
aralıklı çatlaklar bulunmaktadır. Bu  
durum, değişik boyut ve şekilde tüf  
bloklarının oluşmasına neden olur.  
Ayrışma ve erozyon çatlak kesişme  
bölgelerinde daha fazla olacağından,  
tüf bloklarının köşeleri biraz yuvar-  
laklaşır. Daha sonraki safhalarda, tüf  
blokları tamamen yuvarlak (dairesel  
veya elips) bir şekil alır. Eşit aralıklı  
çatlaklar ile çevrelenen bloklar silin-  
dirik peri bacalarını, farklı aralıklı  
çatlaklar ile çevrelenen bloklar ise ta-  
banı elips şeklinde olan peri bacaları-  
nı oluştururlar. Aktif olarak devam  
eden ayrışma ve erozyon, birbirle-  
rinden ayrılmış peri bacalarını oluş-  
turur. Bu safhada, bazı peri bacaları  
tamamen aşınarak yok olur, ancak



Tüf içerisinde oyulmuş ve geçmişte manastır olarak kullanılan peri bacaları.



geniş aralıklı olanları hala gözlenebilir. Şapka kayacının olması, peri bacasının şeklini etkilemez. Şapka kaya, sadece zayıf tüfün erozyonunu geciktirerek peri bacalarının yüksekliğini kontrol eder.

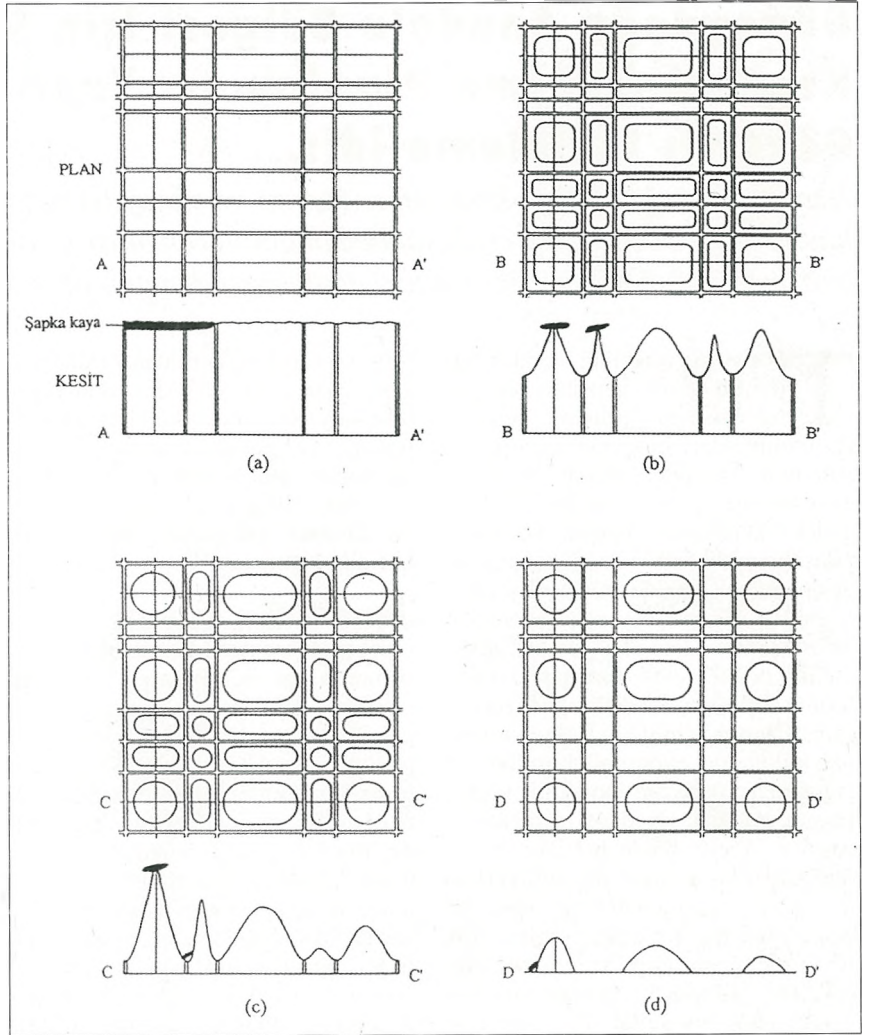
Çatlak açıklıkları da peri bacalarının oluşumunda etkilidir. Erozyon, dar-geniş açıklıklı çatlaklar boyunca daha etkilidir. Sıkı açıklıklı çatlaklarda ise erozyon etkisizdir. Bu nedenle, peri bacalarını tam ortasından kesen çatlaklara rağmen bu kısımlarda erozyona maruz kalmamış peri bacalarını arazide görmek mümkündür.

Erozyon devam ettikçe, bazı peri bacaları kubbe şeklini alır ve daha sonra tamamen yok olur. Bu süreç içerisinde yeni peri bacaları oluşmaya başlar. Arazi gözlemlerine göre, peri bacalarının çapları 1 m ile 15 m arasında değişmektedir. Çatlak aralığının 1 m'den küçük olması veya 15 m'den büyük olması durumunda ise peri bacası gelişimi gözlenmemektedir.

## Turizm ve koruma

Kapadokya bölgesindeki turizm yoğunluğu gittikçe artmaktadır. Bu bölgeyi ziyaret edenlerin sayısı 600.000'in üstüne yükselmiştir. Bu artış, özellikle peri bacaları içine oyulmuş freskli kiliselerin bulunduğu Ürgüp-Göreme yöresinde yoğunlaşmıştır. Zamanla turizmde gözlenen yoğunlaşma ve doğal nedenler, peri bacalarının bozunmasına neden olmuştur. Bu nedenle, tarihi ve turistik değer taşıyan peri bacalarının korunmasına yönelik çalışmalar başlatılmıştır. İlk çalışmalar, 1973-1980 yılları arasında, uluslararası bir proje çerçevesinde yapılmıştır. Bu proje ile Göreme vadisindeki en büyük dinsel yapı olan Tokalı Kilise'nin koruma ve onarım çalışmaları tamamlanarak 1980 yılında halka açılmıştır. 1981-1990 yılları arasında ise Göreme Açık Hava Müzesi'nde bulunan Karanlık Kilise'nin duvar resimleri ile ilgili koruma ve onarım çalışmaları tamamlanmıştır. Aynı zamanda peri bacalarının aşınmasını azaltmak için çeşitli bilimsel çalışmalar yapılmaktadır.

Peri bacalarını koruyabilmek için, bu yüzey şekillerinin oluşum meka-



Peri bacalarının şematik gelişimi (çift çizgiler dar-geniş açıklıklı çatlakları, tek çizgiler ise sıkı açıklıklı çatlakları temsil eder). (a) İlk safha; (b) Gençlik safhası: Aşınma çatlaklar boyunca başlar ve blok köşeleri yuvarlaklaşır; (c) Olgunluk safhası: Uzun bir aşınma süreci sonunda peri bacalarının oluşumu; ve (d) Yaşlılık safhası: Bazı peri bacaları kubbe şeklini alırken diğerleri tamamen aşınır.

nizmalarının çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi, peri bacalarının oluşumunu büyük ölçüde çatlaklar kontrol etmektedir. Aynı çatlaklar, peri bacalarının ve fresk'lerin bozunmasına da neden olmaktadır. Örneğin, peri bacalarının çatlaklı kısımlarından sular süzülmemekte ve kiliseler içindeki freksleri tahrip etmektedir. Bu durum aynı zamanda tuf içerisindeki biyotit ve kayaç parçalarının oksitlenmesine ve duvar resimlerinin sarı veya kırmızıya boyanmasına yol açmaktadır. Bu zonlarda suyun etkisi ile nispeten daha fazla miktarda kil oluşumu ve aşınma olmaktadır. Bölgede gözlenen kaya düşmeleri de ağırlıklı olarak bu çatlaklardan kaynaklanmaktadır. Bunların yanı sıra tüfler üzerindeki ıslanma-kuruma ve donma-çözülme olayları bozunmayı artırıcı etmenler-

dir. Tüfün tuz kristallenmesine dayanıksız olması nedeniyle, karlı günlerde yollara dökülen tuzlar ve çözünbilen tuz içeren normal çimentolu betonlar peri bacalarının geleceği için büyük tehlike oluşturmaktadır. Turistlerin geziler sırasında yarattıkları aşındırma dikkat çekici boyutadadır. Bazı kiliselerin giriş ve tabanlarında 30-40 cm'ye varan aşınmalar vardır. Korumaya yönelik yapılacak yeni çalışmalarda, gerek tüfün değişik çevre koşullarındaki davranışı gerekse artan turizmin etkisi dikkate alınmalıdır.

**Tamer Topal**

Yrd. Doç. Dr., ODTÜ,  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü



# Güneydoğu Anadolu Bölgesi İçin Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Planlaması Yapılırken Jeoloji Gözardı Edilmemelidir...

Herhangi bir bölgedeki kentleşme, ulaşım ve sanayileşme, o bölgedeki doğal çevre dengesini büyük ölçüde etkiler. Bu etkileşimden doğabilecek olası zararların önlenmesi için, bu tür bir gelişmenin doğal çevre üzerindeki etkilerinin denetim altına alınması zorunludur.

**T**ürkiye'nin bugünkü büyük kentlerinin hemen hepsinin kentleşme açısından gelişimi, geçmişte, kuruldukları bölgenin jeolojik ve jeoteknik özellikleri dikkate alınmaksızın olmuştur. Oysa, herhangi bir bölgedeki kentleşme, ulaşım ve sanayileşme, o bölgedeki doğal çevre dengesini büyük ölçüde etkiler. Bu etkileşimden doğabilecek olası zararların önlenmesi için, bu tür gelişmenin doğal çevre üzerindeki etkilerinin denetim altına alınması zorunludur. Bunun için de, o bölgenin sosyal, kültürel ve ekonomik koşullarının yanı sıra, jeolojik ve jeoteknik koşullarının da çok iyi değerlendirilmesi gerekir. Ancak böyle bir ilke içinde öngörülen bir kentsel gelişim, yerleşme, ulaşım ve sanayileşme ile doğal çevre arasında bir denge sağlayabilir ve bu dengenin sürekliliğini olanaklı kılabilir. Ekolojik yaklaşımın bir gereği olan bu temel ilke, pek çok büyük kentimizin kentsel planlama ve gelişiminde, ne yazık ki hep ikinci plana itilmiş ve çoğu kez de unutulmuştur.

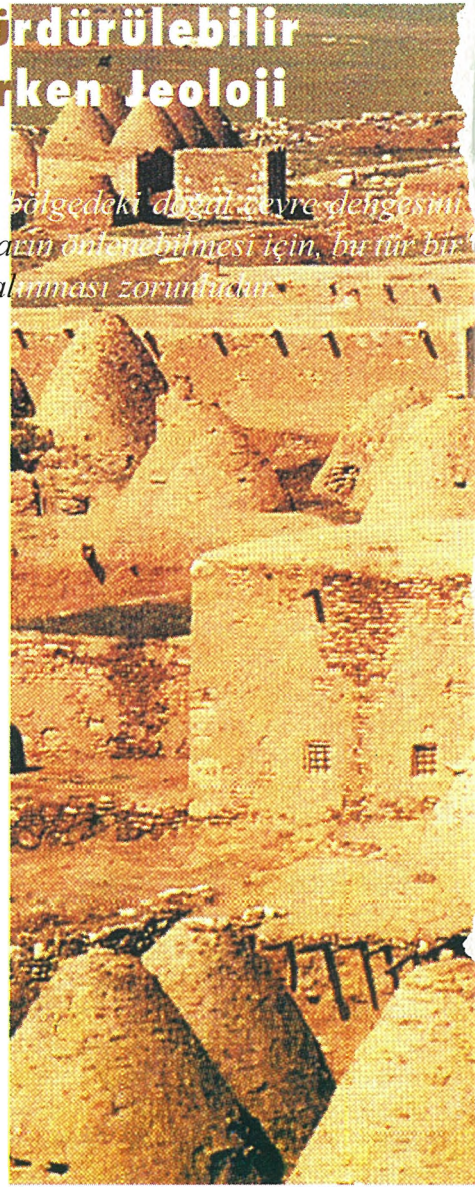
Gelecek kuşaklar için kendilerini geliştirebilecekleri bir ortam yaratılmasını amaçlayan ve sürdürülebilir bir kalkınma felsefesi ile hazırlanmış olan Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)'nin temel hedefi ise, Güneydoğu Anadolu Bölgesi halkının gelir düzeyini ve yaşam standartlarını yükselterek; bu bölge ile diğer bölgeler arasındaki gelişmişlik farkını ortadan kaldırmak ve sürdürülebilir bir kalkınma anlayışı ile bölgeyi geliştirmektir. Sürdürülebilir Kalkınma ise, insan ile doğa arasında bir denge kurarak, çözümü olanaksız çevre sorunları yaratmadan, gelecek nesillerin gereksinimlerinin karşılanmasına da olanak sağlayarak, bugün ile birlikte geleceğin yaşamını ve kalkınmasını programlayan bir planlamadır. GAP kapsamında planlanan projenin sulama ve enerji üretimi hedefleri için vazgeçilemez olan 22 adet barajın yapımı, hiç kuşkusuz, bazı yerleşim alanlarının

(köy ve kentlerin) ortadan kaldırılması; bazı yeni yerleşim alanlarının (eko-köylerin ve eko-kentlerin) kurulmasını ve geliştirilmesini zorunlu kılacaktır. Bu nedenle, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde sürdürülebilir bir kentsel gelişmenin planlanması kaçınılmazdır.

## Jeolojinin önemi

Kentsel gelişmede, özellikle inşaat sorunları ile ilgili olarak yapılacak olan yer seçiminde, zeminin jeolojik yapısının, jeoteknik özelliklerinin ve jeolojik çevre koşullarının, yapılacak inşaat üzerindeki etkilerinin inşaat öncesinde çok iyi şekilde değerlendirilmesi ve gerekli önlemlerin zamanında alınması kaçınılmaz bir zorunluluktur. Oysa bugün kentleşmede, özellikle inşaat sektöründe, jeolojinin önemi, ne yazık ki, jeolojik nedenlerle oluşan, deprem, taşkın, heyelan sonucu gelişen göçme ve yıkılma gibi olaylardan ve bunların neden olduğu can ve mal kayıplarından sonra ancak ilgililer ve halk tarafından anlaşılmaktadır. Bu durumun en önemli nedeni, pek çok inşaat projesinde ve genelde kent planlamasında, jeolojik çevrenin sınırlayıcı etkilerinin yeterince düşünülüp değerlendirilmemiş ve gerekli önlemlerin zamanında alınmamış olmasıdır. Bu konudaki bilgisizlik, ilgisizlik ve sorumsuzlukların ürünü olan pek çok olay, başkent Ankara dahil tüm büyük ve gelişmekte olan kentlerimizde hemen hergün yaşanmaktadır.

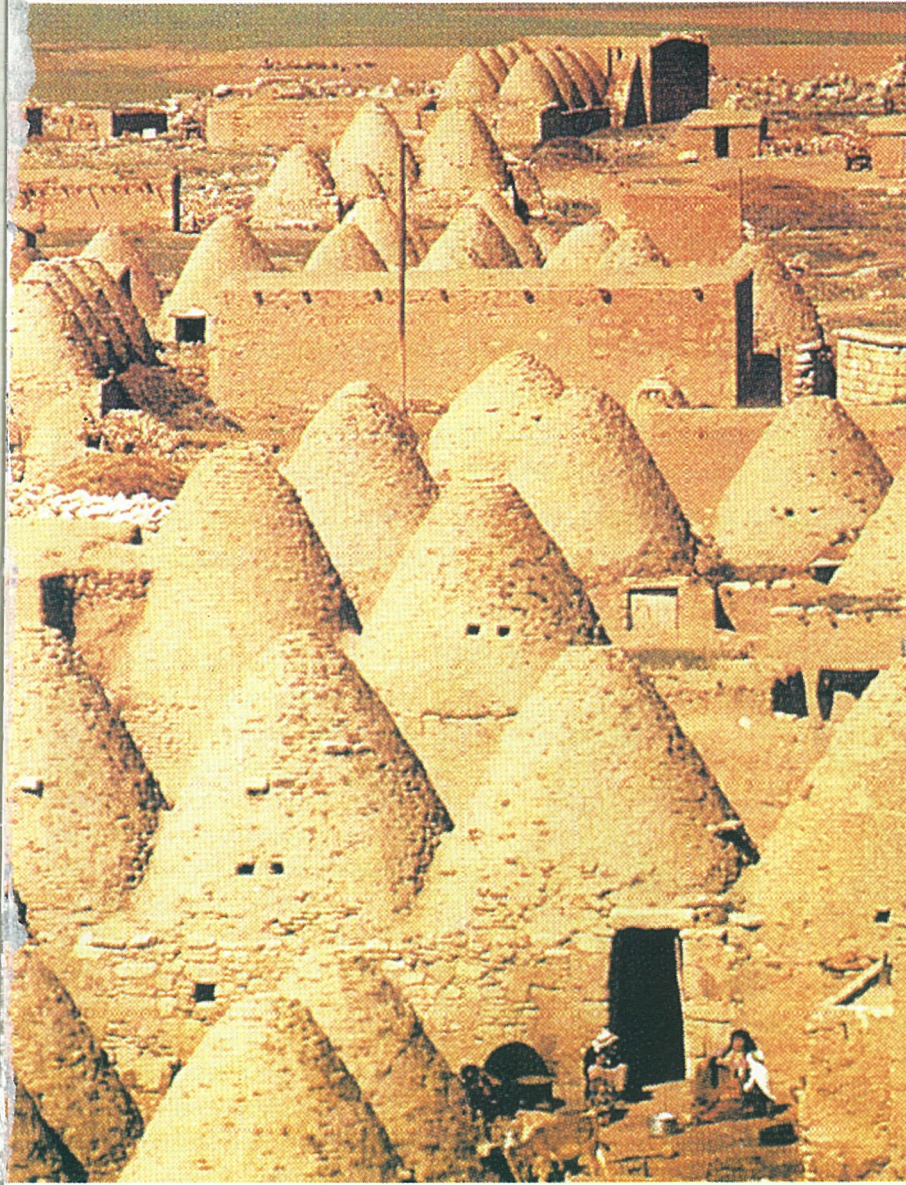
Kent planlaması ve tasarımında mühendislik jeolojisi giderek artan bir önem kazanmaktadır. Özellikle arsa fiyatlarındaki astronomik artışlar, daha önce jeolojik yapısı ve fiziki özellikleri açısından uygun bulunmayarak planlama dışı bırakılmış bazı alanları yeniden kullanıma açmak üzere gündeme getirmektedir. Arsa fiyatlarındaki artışın yanı sıra, taşkın, sel, erozyon, heyelan gibi jeolojik süreçlerle oluşan toprak kayıpları da,



kent plançılarını yer seçiminde ve gelişmeye uygun alanlar bulmada zorlamaktadır. Sonuç olarak, kent planlamacıları, kentleşmenin amacına uygun alanların jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi konusunda jeoloji mühendislerinin yardımına büyük gereksinim duymaktadırlar. Çünkü, bir bölgenin jeolojisi ve jeoteknik özellikleri, o bölgenin kullanımını kontrol etmekten çok; bölgenin fiziksel özelliklerine ilişkin jeolojik sınırlamaları ve/veya avantajları ortaya koyarak kentleşme projesinin ekonomisini önemli ölçüde etkiler. Kent planlamacısı ise, jeoloji mühendislerinin önerileri doğrultusunda arazi kullanımını planlar, kontrol eder ve tüm sorumluluğunu yüklenirler.

Kent jeolojisi; mühendislik jeolojisi ilkelerinin kent planlamasına uygulanması şeklinde tanımlanabilir.





Burada, yapı ve inşaat tipini dikkate alma gereksinimi yoktur. Buradaki yaklaşım, bir inşaat mühendisliği uygulamasından çok farklıdır; çünkü, her iki uygulamanın boyutları farklıdır. Kent plancılarının geliştirmeyi düşündükleri bir alan için, jeologlardan veya jeoloji mühendislerinden isteyecekleri bilgiler, 'söz konusu alanların arazi kullanım potansiyeli' ve 'bu potansiyeli kontrol eden jeolojik sınırlamalar' ile ilgilidir. Örneğin bir alan, taşkın alanı olması nedeniyle, yerleşim ve özellikle konut inşaatı için uygun olmayabilir, ancak aynı alan, yeşil alan, park alanı ve yükseltilmiş yapılar için, belirli sınırlamalarla, uygun görülebilir ve kullanılabilir. Jeoloji mühendislerinin görevi, kentsel alanların arazi kullanım potansiyeli için jeolojik ve jeoteknik bilgileri, bu meslekten olmayan kişilere,

plancılara, onların kolayca anlayıp yorumlayabilecekleri bir biçimde sunmaktır.

## Uygun yer seçimi

Kent planlamasında yer seçimini etkileyebilecek temel parametreler, 'topoğrafya', 'jeolojik yapı', 'hidrojeolojik koşullar', 'iklim koşulları' ve 'yapı malzemeleri' olarak özetlenebilir.

Kent planlaması içerisinde yer alan değişik yapılar ve uygulamalar için en uygun yerin seçilmesi yer seçimini etkileyen ve yukarıda belirtilen parametrelerin birbirleri ile ne ölçüde örtüşüklerini ortaya koymayı gerekli kılar. Bunun için de en pratik ve geçerli yöntemlerin başında, yer seçimini etkileyecek olan değişik parametrelerin örtüşme oranlarını gösteren Bileşik Haritaların (Composite Maps)

hazırlanması gelir. Bu haritaların hazırlanması süreci ise, 'baz haritalarının hazırlanması', 'baz haritalarının sayısallaştırılması', 'etki faktörlerinin belirlenmesi', 'bileşik faktör haritasının oluşturulması' ve 'sonuç bilgisayar bileşik haritasının oluşturulması' aşamalarını içerir.

## Sonuç

Çağdaş kentleşmenin bir gereği olan akılcı bir kent planlaması, bu planlama içerisinde yer alacak olan bina, yol, köprü, sanayi tesisleri, su depoları, park yerleri, yeşil alanlar, atık depolama alanları, vb., değişik nitelikli yapılar için yapılacak uygun yer seçimini etkileyen, topoğrafya, jeolojik yapı, hidrojeolojik koşullar, iklim koşulları, yapı malzemeleri gibi jeolojik ve jeoteknik etmenlerin ayrı ayrı ve birlikte değerlendirilerek, öngörülen kent planlaması için gereksinim duyulacak, bilimsel verilere dayalı 'Saha Kullanım Haritaları'nın 'Bilgisayar' ve 'Coğrafi Bilgi Sistemi' (GIS) teknikleri kullanılarak hazırlanmasını zorunlu kılar. Çağdaş bir kent planlaması, aynı zamanda, kent plancıları ile inşaat mühendislerinin, jeoloji mühendislerinin ve diğer tüm ilgili kişi ve kuruluşların da bu konuda sürekli bir diyalog ve işbirliği içinde bulunmalarını gerektirir.

Rant elde etme ve oy toplama gibi politik bazı çıkar hesaplarından sıyrılarak, kentsel gelişmeyi ve kent planlamasını, herşeyden önce bölgenin tüm jeolojik ve jeoteknik koşullarının iyi değerlendirilmesi ve mevcut alanların planlı bir şekilde kullanılması yönünden ele almak gerekir. Yapılacak her türlü uygulamada, bölgenin doğal çevre dengesinin korunması, kent halkının sağlığı, can ve mal güvenliği ve ülke ekonomisi açısından büyük önem taşır.

Sonuç olarak, çağdaş ve sürdürülebilir bir kentsel gelişme planlaması, ancak bölgenin jeolojik ve jeoteknik koşulları ile çevre koşullarının birlikte değerlendirilmesi ve bağdaştırılması ile olanaklı olabilir.

**K. Erçin Kasapoğlu**

Prof. Dr., H.Ü. Mühendislik Fakültesi

Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalı Başkanı



# Terzaghi

## ve "Hayat Hakkında" birkaç sözü

*Deneylerimin sonuçları, 1922'de Engineering News-Record'da yayınlandı. Ama ben deneylerimde kullandığım aygıtın niteliği hakkında herhangi birşey söylememeye dikkat ettim. On iki yıl sonra, New Hampshire'de Connecticut Nehri üzerindeki 24 kilometrelik çağlayanın tasarımı sırasında özel olarak imal edilmiş, 60.000 dolar tutarındaki bir aygıtla deneylerimi tekrarladım. Sonuçlar, puro kutularıyla yaptığım orjinal deneyden elde ettiğim değerlere tam olarak uyuyordu. Bu durum, basit aletlerle iş görmek zorunda olanları cesaretlendirecek niteliktedir.*

1916 yılında güzel bir Eylül sabahı İstanbul'da karaya çıktım. Dünyanın en güzel limanlarından birini çevreleyen bu kenti parıldayan güzelliğiyle görür görmez büyülendim ve daha önce de birçok ulustan birçok insanın başına geldiği gibi bu büyüü hala yenedim." 1925 yılında "Lecture delivered at the Twentieth Century in Boston"da yayımlanan "Orta Doğu Anıları" adlı konferans metninde, İstanbul'u böyle anımsıyordu Terzaghi. Kuşkusuz 1600 yıllık bu kent, yazarından şairine, ressamından bilim adamına pek çok ünlüyü kendine bağlamıştı. Bu topraklara ve sulara yolu düşen sayısız gezgin için de durum böyleydi, tıpkı bu gün ziyaret eden binlerce turist gibi.

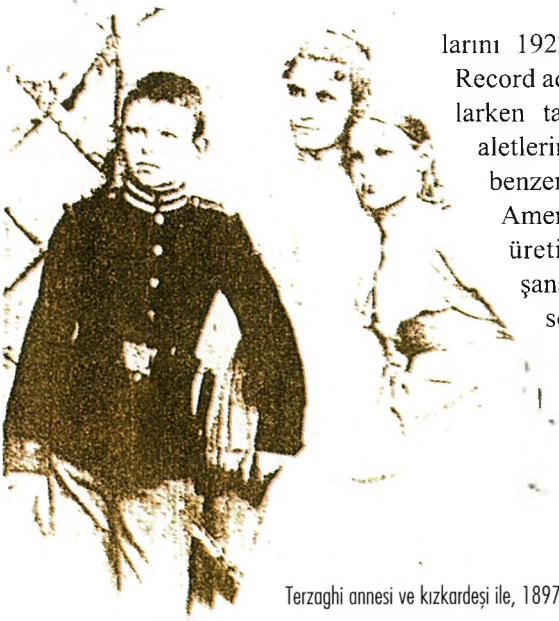
Kim bilir belki de; Cevat Şakir Kabaağaç için Halikarnassos (Bodrum), Fikret Mualla için Paris, Albert Camus için Cezayir neyse, Terzaghi için de İstanbul oydu. Yani üretkenliğini tetikleyen ve körükleyen bir unsur. Bunu bilmiyoruz. Bilinenen bir şey varsa o da Terzaghi'nin, yaratıcısı olduğu Modern Zemin Mekaniği'nin temellerini burada, yani İstanbul'da atmış olduğu. Onu İstanbul'a sürükleyen nedense kuşkusuz çok başkaydı. Graz Üniversitesi'nden hocası, ünlü



hidrojeolog Prof Dr. Philipp Forchheimer 1910'lu yıllarda Osmanlı Hükümeti'nin davetlisi olarak İstanbul'da bulunuyordu. Ağırbaşlı nedeniyse, Osmanlı'nın çağı yakalama girişimlerinden biri olan, Mühendishane-i Berri-i Hümayun'un (Mühendis Mektebi Alisi) "ıslahı"ydı. Prof. Dr. Forchheimer'in bu işte Terzaghi'yle birlikte çalışma düşüncesi kısa bir süre sonra öneriye dönüştü ve bu öneri Terzaghi tarafından da kabul gördü. Böylece Karl Anton von Terzaghi, bugünkü adıyla İstan-

bul Teknik Üniversitesi'nde üç yıl boyunca temel inşaatı ve demiryolu inşaatı konularında dersler verdi ve çeşitli uygulamalar yaptı. Verdiği dersler inşaat mühendisliği alanında olmasına karşın, Terzaghi aslında bir makina mühendisiydi. 1904'te Avusturya'daki Graz Teknik Üniversitesi'nden mezun olmuş, doktorasını tamamlamış, I. Dünya Savaşı sırasında Avusturya Hava Kuvvetleri'nde görev yaptıktan sonra, 1916 yılına kadar Hırvatistan ve St. Petersburg'da çeşitli inşaat mühendisliği uygulamalarında çalışmıştı. Bu tarihten sonra ülkemize gelen Terzaghi, Mühendishane-i Berri-i Hümayun'da ve 1919-1925 yılları arasında, daha sonra kurulacak Boğaziçi Üniversitesi'nin çekirdeğini oluşturan Robert Koleji'de, yine inşaat alanında dersler verdi. Terzaghi'nin o yıllara rastlayan modern zemin mekaniğini oluşturma çabalarıysa, çeşitli olanaksızlıklar nedeniyle küçük deney düzeneklerinde uygulamaya dönüştü. Terzaghi o günleri, İstanbul Teknik Üniversitesi yıllarında tanıdığı Hamdi Peynircioğlu'na (Prof Dr.), 25 Nisan 1946 tarihinde yazdığı mektubunda şöyle dile getiriyordu:





Terzaghi annesi ve kızkardeşi ile, 1897.

"Sayın Doktor

9 Mart tarihli mektubunuzu ve yayınlarınızın yeni baskılarını almaktan büyük bir memnurluk duydum. İkinci memleketim olarak gördüğüm İstanbul'da bir çok mutlu yıl geçirdim. Büyük Beyoğlu cadde-si üzerindeki binada, çok mutevazı başlangıcı izleyen birkaç on yıl içinde zemin mekaniği, uluslararası kabul gören bir mühendislik bilim dalı haline geldi. Mektubunuzdan, Türkiye'de zemin mekaniğinin gelişimine aktif olarak katıldığımızı öğrenmekten büyük sevinç duydum.

Ayrı bir zarfta size ve öğrencilerinize ilginç gelebilecek bir fotoğraf gönderiyorum. Bu fotoğraf, 1917'de ilk kez yer basıncını test ettiğim aygıtı gösteriyor. Aygıt; boş puro kutuları, Fizik Bölümü'nden ödünç aldığım basit bir ekstenso-metre (gerilim ölçer) ve deneyimi tamamladıktan sonra mühendislik okulunun yemekhanesine iade etmek zorunda olduğum bir mutfak terazisinden oluşuyordu..."

Bu deneyler bugün başlıbaşına bir bilim dalı olan modern zemin mekaniğinin konsolidasyon gibi temel kuramlarının, kendisi ve yakın çevresi için uygulamadaki sağlam dayanakları oldu. Çünkü yaptığı deneylerin güvenilirliğinden kuşku duyulur endişesiyle, deney sonuç-

larını 1922'de Engineering News-Record adlı bilimsel dergide yayın-larken tabii ki kullandığı deney aletlerinden söz etmemişti. Ama benzer deneyleri on iki yıl sonra Amerika'da, bu kez özel olarak üretilen aletlerle yineleme şansı bulduğunda, elde ettiği sonuçlar şaşırtıcıydı. 60000 dolar tutarındaki bu aletlerle ulaştığı sonuçların, yıllar önce ulaştıklarından hiçbir farkı yoktu çünkü. Bu sonuç için "araştır-maya hevesli olanları cesaretlendirecek nite-liktedir" değerlendir-mesini yapıyordu.

Nihayet 1925 yılında, yıllar boyu geceli gündüzlü yürüttüğü çalış-malarını "Erdbaumechanic auf bo-denphysikalischer Grundlage" adlı kitabında bir araya getirdi. Kendi-sinden önceki, temeller, toprak basıncı ve yamaç duraylılığı konu-larında yapılmış araştırma sonuçlarını ve oluşturulmuş kavramları, deney-leriyle desteklediği kendi zemin mekaniği kuramı altında, yeniden düzen-lediği bu kitabı, daha son-raları onun, "Modern Zemin Mekaniğinin Babası" sıfatıyla anılmasını sağlayacaktı. Aynı yıl aldığı davetle dünyanın en önemli teknoloji enstitü-lerinden biri olan ABD'de-ki Massachusetts Teknolo-ji Enstitüsü'ne (MIT) gitti. Burada bir yandan pek çok inşaat projesinin danış-manlığını yaparken bir yandan da temellerini attığı modern zemin mekaniğinin bilim çevrelerin-ce kabul görmesi için büyük çaba harcadı. 1929 yılında Avrupa'ya döndü ve o yıllarda Viyana Tek-nik Üniversitesi'nde yeni kurulmuş olan zemin me-

kaniği kürsüsünün başına getirildi. Yaklaşık on yıl burada çalıştıktan sonra, 1938 yılında yeniden gittiği Amerika Birleşik Devletleri'nde, 1963'deki ölümüne değin MIT'de ve Harvard Üniversitesi'nde modern zemin mekaniğiyle ilgili çalış-malarını sürdürdü ve dersler verdi.

Terzaghi'nin yerbilimleri özelin-de genel olarak çağdaş bilime ve mühendisliğe, gerek yeni bir bilim dalı, gerekse Arthour Casagrande gibi önemli bilim adamları ka-zandırarak sağladığı katkılar ve bun-ların önemi, pek çok yerde pek çok-larınca dile getirilmiş olmalı. Ama onun çalışmalarının bilim dünyasın-daki yerini ve önemini belkide en iyi biçimde anlatanlardan biri de sanı-yoruz Dr. Scipio olmuştur. Robert Kolej'in ilk dekanı olan Dr. Scipio, Türkiye'deki Otuz Yılım (My Thirty Years in Turkey) adlı kitabında, Terzaghi'nin gece yarısına kadar sürdürdüğü çalışmalarını şöyle değerlendirir: "Karl Terzaghi'nin ze-

**ROCK TUNNELING**

with

**STEEL SUPPORTS**

by

ROBERT V. PROCTOR, M. E.  
Vice President and General Manager  
Commercial Shearing & Stamping Company

THOMAS L. WHITE  
Registered Civil Engineer  
Fellow, American Society of Mechanical Engineers  
Consulting Engineer  
Commercial Shearing & Stamping Company

with an

**Introduction to Tunnel Geology**

by

KARL TERZAGHI  
Mem. Am. Soc. C. E. Inst. C. E. (London)  
Consulting Engineer

Youngtown, Ohio  
1946



min mekaniği ve temel mühendisliği alanında mühendislik bilimine kazandırdıkları, örneğin Euler'in matematiğe, Newton'un fiziğe kazandırdıklarıyla eşdeğer niteliktedir. Zemin mekaniğinin ve temel mühendisliğinin esas prensibi sayılan zemindeki toplam basıncın, efektif basınç ve su basıncının toplamından ibaret olduğunu ifade eden efektif gerilme prensibi Terzaghi'nin buluşudur. Ve bu keşif inşaat mühendisliğinde, fizikte genel çekim kanununun yaptığına benzer bir işlevi yerine getirmektedir."

Terzaghi'nin bir bilim adamı olarak, bilim ve mühendislik tarihinde önemli bir nirengi noktası oluşturduğu, kuşkusuz herkesce bilinen ve kabul gören bir gerçektir bugün. Kimi zaman tersi olsa da onun bilimsel bilgi birikimini ve yaratma gücünü destekleyen ve etkileyen felsefe merakı ve değerlendirmeleriye, sanıyoruz yakın çevresi ve bazı öğrencileri dışında pek az kişi tarafından biliniyordu. Ölümünden sonra *Geotechnique* adlı uluslararası periyodikte yayımlanan "Hayat Hakkında, İstanbul 1923" adlı makalesi, eşi Ruth Terzaghi tarafından, onun günlükleri ve el yazmaları arasında bulunmuştu. Ruth Terzaghi, söz konusu makaleye bir giriş olarak yayımlanan kısa yazısında, eşinin bu makalesiyle ilgili olarak şunları söylüyordu: "...Öğrencilerine ve genç arkadaşlarına sık sık yaptığı önerilerini çok iyi yansıtan yazısını bu anma cildinde yayımlamak, genç kuşak mühendislere yararlı olması bakımından uygun olacaktır." Yazıldığı tarih göz önüne alındığında, döneminin ilerisinde olduğunu gösteren değerlendirmeler ve belirlemelerin bulunduğu makaleden alınan aşağıdaki bölümler, sanıyoruz onu merak edenlere daha iyi tanıttacak:

"Öğreniminizi tamamladıktan sonra er veya geç ne yapacağınızı düşünmeye başlayacak ve karar vereceksiniz. Bu kararın hayatınıza daimi bir etkisi olacağından insan çabasının izafi değerleri üzerine birkaç söz uygun olabilir."

"Amaç" sözcüğü bizim ulaşmak için çaba gösterdiğimiz dağ doruğunu gösterir, bazı insanlar bol beslenme fırsatına sahip, yamaçları çekici çayırırlarla kaplı dağı seçerler. Diğer bir kategorinin elemanları doruğun güzelliği ve çarpıcı görüntüsünün çekiciliğine kapılırlar. Doruğu seçer ve diğerlerini unutturlar. Bunların amaçları için yaşadıkları söylenir. Son olarak üçüncü grubun üyeleri ise manzarayı bütünlüğü içinde öylesine severler ki özel bir dağa ulaşmakta ısrar etmez, belirli bir hedef olmaksızın yolculuğa girişirler. Kafalarında

belirli bir amaç taşımaksızın hayatı sade ve basit olarak benimsemişlerdir.

Apaçık olan husus bu üç tipten hiçbirinin sadece erkek ve dişi olmayacağı gibi, kimyasal olarak saf bir şekilde bulunamayacağıdır. Tabiat herşeyden çok % 100'den nefret eder görünmektedir. Numunenin karakteri, sadece hakim olan elemanlar tarafından tayin edilir. Bununla beraber bir analiz amacıyla normal bileşik bir kişiliği, bilimsel soyutlama işlemine tabi tutar ve bu kişiliklerin her birini ayrı ayrı ele alabiliriz.

"Her insanın beyninde aklın, hiç olmazsa uyuya kaldığı bir köşe vardır. Tahsil bu köşeyi saran boş inançları yok eder, fakat aynı zamanda akılla birlikte saçmalıkların da işe yaramaz bilgiyle yer değiştirerek yok olması söz konusudur. Böylelikle orjinalitenin son belirtisi kaybolur ve böylece kendi küçük dünyası olan okumamış aylak zihniyeti kendi günlük gazetesine, pazar elbisesine ve ford marka arabası gibi fabrika üretimine benzeyen bir kağıt boruya veya vida kesme makinasına dönüşür. Fiziksel yoksulluktan zihinsel yoksulluğa sahip bir kişiye dönüşmüştür ve hangisinin tercih edilmesi gerektiği belirsizdir."

"Fakat bilim nedenleri ele almaz ve belirli bir amaca ulaşmaya çalışmaz. Bilim, basit ve sade bağıntıları ele alır. Bilim bir steno sistemidir, en az miktarda harfle en çok miktarda deneyimin doğru olarak açıklanması için icat edilmiştir ve evrenin gizlerini çözmek amacıyla değildir. Doğanın gizlerinin örtüsünü kaldıran ve nihai nedene benzeyen bir şeyler bulmak için gayret eden şiiresel bilim imajı, sıradan insanın aklına gazeteciler tarafından sokulmuştur. Bu, felsefeye diğer herhangi bir bilime uygulandığı gibi uygulanır. Mantıksal düşüncenin araçlarıyla hayatın anlamını kavramaya teşeb-





büs etmek, konserve açacağıyla Yale kilidi açmaya teşebbüs etmek kadar boşunadır. Araç bu amaca uymaz. Hayatı anlamaya ilişkin yegane yol onu yaşamaktır."

"Tarihin ilerleyişini yalnızca seyreden seyirciler, nispeten güvenli durumdadır. Giriş ücretini öderler ve seyrederek. Kazanacakları çok şey yoktur, fakat aynı zamanda kaybedecekleri bir şey de yoktur. Herkesin oturup seyretmek için şansı eşittir. Buna karşın tarihin yapıldığı arenada telef olan, sürülen ve unutulandan başka on kişi direnmek durumundadır. Oyunda, uygun olmayan şartların mağdurlarıyla karşılaşılır.

Eylemde veya zihinsel macera alanında kazanmaya cesaret etmek ve başarmak toprakta altın araştırmak kadar kumardır. Yeni politik sistemler için, sanat alanında yeni ifade biçimleri için, bilim alanında yeni hamle yöntemleri için temel düşünceler, gelişme için belirli imkanları mevcut olan belirsiz bir başlangıçtan ibarettir. Bu gelişmelerin ne ölçüde başarılı olabileceği hakkında belirsiz bir tahminden fazlası yapılamaz. Emin olabileceğiniz yegane şey amansızca mücadele etmek zorunda olduğunuzdur, çünkü dünyada hakim olan atalet kanunudur ve başlıca seçenekler kaybetmektir. Siz servet yapan bir altın arayıcısını öğrenirsiniz, fakat aynı değerde ve kapasitede başarısızlığa uğrayıp kaybolup giden binlercesini değil. Aynı kamuoyu kazananı alkışlarken, tekerleklerin altında kalanı, gözyaşı bile dökmeden parçalanmaya terkeder."

"Bizim çağımız fasılasız üretim ve doymakbilmez maddiyat çağıdır. Her duvarda ve her basılı sayfadaki yakıcı slogan: Satın almak için kazan! Büyük organizasyonlar daha fazla eşya satın almanın dışında başka bir amaca hizmet etmezler. Sonuç olarak zavallı halk mal mülkle o kadar çevrilmiştir ki bütün

yaratıcı kapasiteleri gelişmemiş düzeyde kalır. Gazeteler ve ford arabalar, radyolar ve filmler insanların çoğunluğunun öylesine vaktini alır ki, uygun ve iyi kişilikler geliştirmek için gerekli olan yavaş organik gelişmeye şans kalmaz. Hayat soluksuz bir yarış haline gelir. Kurbanlar, aptalca bir uğraş ve yaratıcı olmayan aynı derecede aptalca bir dağılma arasında çabalar dururlar. Halkın zihniyetine sistematik olarak zarar veren müthiş buluşlardan her biri bir zamanlar, onu bulanın zihinsel hayatında yüce bir teşebbüs olarak yer almıştı. Fakat tam bu anda laboratuvarı terk edip faydalı bir şey olmaktan, hastalıklı olmaya dönüşmüştür. Biz buluş yapmak için yeteri kadar zekiyiz fakat başardıklarımızın kurbanı olacak kadar da dar görüşlüyüz."

"Standart, düzensiz hayat yaşayan sanatçıyı suçlar ve hiç kimseye hiçbir telkinde bulunmayan, hayal gücü ve çekiciliği olmayan, kimyasal açıdan asit reaksiyonu veren ve sadece kendini düşünen insana değer verir. Standart, geleneklerle teşkil edilmiş kuralların sınırlamalarına karşı aşk çarpıntısı duyan genç kıızı suçlar ve sadece maddi kaygılarla yapılan evliliklere hoşgörülle bakar."

"Uluslar birbirine silah çeker ve tarihin en vahşi savaşlarından birine tutuşurlar. Ve niçin? Kimse bilmez. Biri ticaret dengesini hayati önemde bulmadıkça, bunda insanlığın hiçbir hayati meselesi sözkonusu değildir. Savaşı takiben büyük bir imparatorluğun proletaryası dünyanın mevcut ekonomik sistemini enkaz haline getirmek ve onu sosyal ilerlemenin hayati faktörlerinin çoğunu baskı altında tutan bir diğeri ile değiştirmek için teşebbüste bulundu: Basın özgürlüğü. Dev boyutta bir yasaklama sistemi. Şimdiye kadar bu cinsten her teşebbüs İsa ile

başlamış ve engizisyona yol açmıştır."

"Bizim zihinsel görüntülerimiz statik, oysa hayat dinamiktir. Akıl mantıksal tarzda işlem yapar, oysa hayat çelişkidir. Hesaplamalar sadece nedenselliğe dayanır, oysa hayat nedensellik artı başka şeylerdir. Akıl size gelişmek için biriktirmek zorunda olduğunuzu söyler, hayatın kanununa göreyse sürekli harcamadan kazanamazsınız. Akıl kişiyi sonuçlara ulaştırmak için üretmeye sevk ederken, hayat sizin sonuçlarınızı eşyaya dönüştürür ve sadece çabayı onaylar. Akıl sizi başkalarına rağmen başarmaya sevk edecektir. Doğa sizin bu teşebbüslerinizi başarısızlıkla cezalandıracaktır."

Son olarak, Terzaghi'nin 1923'ün yılbaşı akşamı İstanbul'da günlüğüne düştüğü not, başarının arefesinde bir bilim adamının, deyiş yerindeyse 'haleti ruhiye'sini yansıtır bir bakıma.

"Kırkıncı doğum yılım sona eriyor. Bu yıl benim başlangıçtan bugüne ışığı ve gölgeyi ayırt edebildiğim ilk yıldır. ...İyi belirlenmiş bir hedefe doğru yavaş fakat kararlı adımlarla ilerleyen bir yıl (Olanları düşündüğümde belirlenmiş bir yıl değil fakat belirli hazırlıkların yapılmış olduğu bir yıl). Sorular yok, var olan yalnızca yanıtlar. "Mutluluk" bu sözcüğün anlamını bu yıl öğrendim! Sürekli üretme (yaratıcı faaliyet). Karışık malzemenin artırılması ve içtenlikle çaba gösteren genç insana (sempatik bir) rehber desteği..."

**Murat Dirican**

Jeoloji Mühendisi, TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi



*Olağanüstü renk ve desenleriyle düş gücünün sınırlarını zorlayan mağaralar doğanın en gizemli harikalarındır. Uzun ve daracık tünellerde çekilen çile aniden ortaya çıkan göller ve damla taşların muhteşem görüntüleri yanında unutulup gider. Mağara araştırmacılığı, ancak yeni yıldız sistemlerini keşfederken yaşanabilecek, bir tatmin duygusu verir size.*

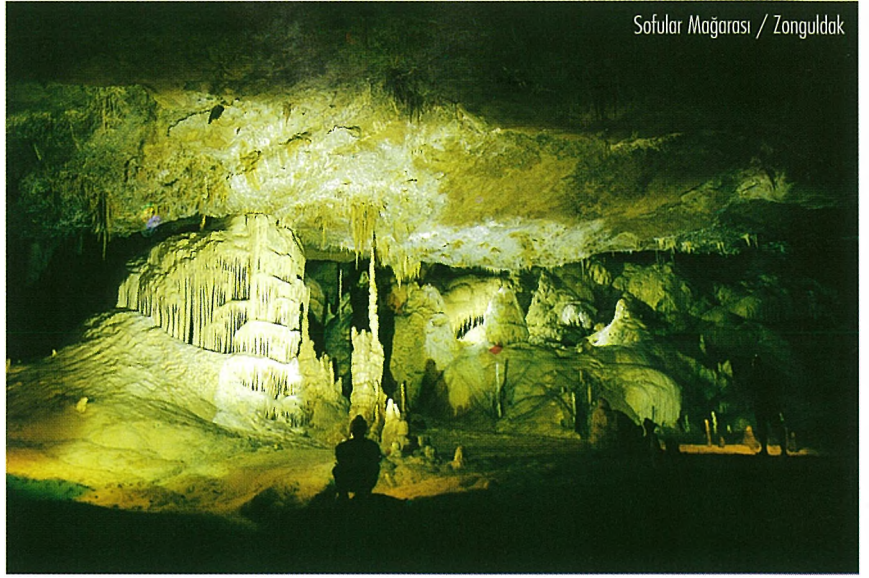
# MAĞARALAR





## Mağara nedir?

**Y**eraltında bulunan, en az bir insanın girebileceği kadar genişliğe sahip boşluklar olarak tanımlanan mağaralar birkaç metreden, kilometrelerce uzunluk ve yüzlerce metre derinlik veya yüksekliğe ulaşabilirler. Mağaralar oluşum şekline göre: doğal ve yapay mağaralar olarak iki gruba ayrılır. İnsanların kazdığı (kaya mezarları ile volkanik tüf veya marnlarda açılan yeraltı şehirleri, kaya evleri ve tapınakları, meyve-sebze depoları vb.) veya hayvanların oyduğu boşluklar yapay mağaraları oluştururlar. Buna karşılık ana kaya oluşurken veya oluşuktan sonraki fiziksel (mekanik) ve kimyasal olaylarla oluşan mağaralara da doğal mağaralar adı verilir. Bu grup mağaralar oluştuğu kayaya bağlı olarak, gelişim zamanına göre birincil mağaralar veya ikincil mağaralar olmak üzere iki alt gruba ayrılırlar. Ana kaya ile birlikte oluşan mağaralara *birincil mağara* adı verilir lav



Sofular Mağarası / Zonguldak

mağaraları, buzul mağaraları, traverten boşluklar, gibi. Ana kaya oluşuktan sonra gelişen mağaralara da *ikincil mağaralar* adı verilir. Karbonatlı (kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı, dolomit, karbonat çimentolu konglomera ve kumtaşı), sülfatlı (jips) ve klorlu (tuz) kayaların yeraltılarından aşındırılması sonucu oluşan mağaralar bu grupta

yer alır. Mağaraların oluşumuna ortam hazırlayan en önemli kaya, kireçtaşıdır. Bu kayaların kimyasal bileşimi ve çatlaklı yapıları mağara gelişimi için oldukça uygundur.

Karbonatlı kayalar; yağış, toprak ve bitki örtüsünden aldığı karbon-dioksit bağli olarak karbonik asitçe zenginleşen suların çözündürücü etkisi ile karstlaşmaya uğrarlar ve



Ayvaini Mağarası / Bursa





böylece mağara oluşum süreci başlamış olur.

Bölgenin yüksekliği, kireçtaşları ile çözünmeye uygun olmayan geçirimsiz kayaların birbirlerine göre konumları, akarsu, nehir, göl veya deniz seviyesi yüksekliklerine bağlı olarak mağaralar: yatay, dikey veya yarı yatay-yarı dikey olacak şekilde gelişirler. Genel olarak deniz düzeyinden çok yüksek kotlarda bulunan bölgelerde, yağışlardan sonra yüzey sularının girdiği kuyu şekilli düden mağaralar meydana gelir. Derinlikleri yüzlerce metreyi bulabilen bu mağaraların araştırılması zevkli olduğuna kadar zor ve tehlikelidir. Ova, göl veya nehir düzeyine yakın bölgelerde veya geçirimsiz birimlerin sığ olduğu bölgelerdeki kireçtaşlarında uzun ve yatay mağaralar

gelişmiştir. Bu mağaralara dışardan su girse de (düden veya subatan), çoğunlukla içinden su çıkan kaynak durumundadırlar. Birbirine bağlı bir kaç kattan oluşan bu mağaralar göller, damlataş havuzları ve her türden damlataş ile kaplı olabilir.

Karbonatlı kayalardan oluşmuş karstik (çözünen) mağaralar, birkaç

metreden onbinlerce metre uzunluğa ulaşabildikleri gibi, yüzlerce metre derinlik veya yüksekliğe de sahip olabilirler. Örneğin ABD'deki Mammoth Mağara Sistemi'nin uzunluğu 563.270 km, Fransa'daki Reseau Jean-Bernard Mağarası'nın derinliği -1602 m'dir.

Mağaralar sadece karanlık, boş galeri ve salonlardan oluşmamaktadır. İçleri yeraltı nehirleri tarafından dışarıdan getirilmiş kil, mil, kum, çakıl, blok ve moluz yığınları (kırıntılı çökeller) ile yerinde oluşmuş damlataşlar (kimyasal çökeller) ile kaplıdır. Özellikle birbirini izleyen bir dizi fiziko-kimyasal süreçlere bağlı olarak, yeraltı sularının geçtiği yerlerdeki karbonatlı ve sülfatlı kayaları çözmele-ri ve yeraltı boşluklarında

#### Dünyanın En Derin Mağaraları

Mağara Adı	Bulunduğu Ülke	Derinlik (-m)
Reseau Jean-Bernard	Fransa	-1602
Gouffre Mirola	Fransa	-1520
Vjacheslava Pantijukhina	Gürcistan	-1508
Lamprechtsofen	Avusturya	-1483
Sistema Hautla	Meksika	-1475

#### Dünyanın En Uzun Mağaraları

Mağara Adı	Bulunduğu Ülke	Uzunluk (m)
Mammoth Cave System	ABD	563270
Optimisticheskaja	Ukrayna	183000
Jewel Cave	ABD	156896
Hoelloch	İsviçre	156000
Lechuguilla Cave	ABD	127000





Balıca Mağarası / Tokat

yeniden çökmeleri sonucu oluşan damlataşlar; mağaraların tavan, duvar ve tabanında değişik şekillerde kendilerini gösterirler. Damlataşların biçim, boyut ve değişik renkli olmalarında mağaranın geliştiği ana kayanın kimyasal bileşimi, tabakaların konumları, çatlak ve kırık yapıları, yeraltı sularının fiziko-kimyasal özellikleri ile iklim son derece etkilidir.

Yeraltısularının genel özellikleri, mağaraya giriş ve mağaradaki akış şekilleri, mağaranın fiziksel ve kimyasal yapısı ile iklime göre kimyasal çökeller beş gruba ayrılırlar:

a) *Damlama ve sızma ile oluşan damlataşlar*: Sarkıt, dikit, sütun, duvar damlataşları, göğüslük, sayvan, soğan sarkıt, fil ayağı sarkıt, mantar dikit vd.

b) *Aykırı şekiller*: Heliktit veya egzantrik, mağara kalkanı, mağara çiçeği, mağara iğnesi, mağara karni-

baharı, patlamış mısır şekilleri vd.

c) *Suyun yüzeyde serbest akışı ile oluşan damlataşlar*: Örtü damlataşları, damlataş köprüsü, şelale damlataşı.

d) *Su düzeyinde veya altında oluşan damlataşlar*: Damlataş havuzu, mağara incisi, mağara sütü, mağara zarı.

e) *Buz oluşumları*.

## Mağaraların kullanım alanları

Avrupa ülkeleri ve ABD'de 1800'lerin başında başlayan mağara araştırmaları ve mağaraların kullanımını veya mağaralardan yararlanma çok ileri bir aşamaya ulaşmış ve ülkelerin sosyo-ekonomik gelişimleri sırasında başlı başına önemli bir sektör oluşturmuştur.

Herhangi bir mağaranın oluşum ve gelişim özellikleri ile iklimseliği, o mağaranın hangi amaçlarla

kullanılacağını belirler. Mağaralar yaygın olarak turizm, doğal soğuk hava depolamacılığı, hayvansal ürünlerin (tulum peyniri, yağ vb.) olgunlaştırılması ve korunması, kültür mantarcılığı, solunum yolu hastalıklarının tedavisi, askeri amaçlarla korunak ve sığınak, guano (yarasa gübresi) üretimi, plaser mineral yatakları, yeraltısuyu havzalarının belirlenmesi ve yüzeye çıkarılması, kaynak sularının kirlenme odaklarının ve koruma yöntemlerinin belirlenmesi, bölgesel jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik ve paleoekolojik özelliklerin tespit edilmesi ile sıvılaştırılmış gaz, doğalgaz ve akaryakıt depolanması amaçlarıyla kullanılmaktadır.

## Mağaraların araştırılması

Mağaralar, maden galerileri gibi tahkimatları yapılmış, ışıklandırılmış, tehlikeleri en aza indirilmiş yeraltı boşlukları değildir. Başlangıçta uzunluğu, derinliği, karşılaşılabilecek tehlikeleri bilinmeyen bu boşluklar, can güvenliğinin en az olduğu mutlak karanlık alanlardır. Bu nedenle mağara araştırmaları iyi eğitilmiş, fiziki güç, moral, deneyim ve gerekli teknik malzeme ile donanmış elemanlardan oluşacak bir



Balıca Mağarası / Tokat





Karaca Mağarası / Gümüşhane

ekip işidir. Karanlık, kapalı yer, yükseklik ve benzeri fobileri olan kişilerin mağara ortamında çalışmaları oldukça güçtür. Araştırma ve keşfetme duygusu ile doğa sevgisi mağara araştırmalarında da diğer doğa sporlarında olduğu gibi önemli ölçütlerdir.

Mağaracılık herşeyden önce bir spordur ve "tersine dağcılık" olarak da adlandırılabilir. Mağaraya girerken, tehlike ve zorlukları en aza indirecek araç-gereçler (kask, karpit lambası, el feneri, su geçirmez mağara tulumu, kauçuk tabanlı çizme, iniş ve çıkış aletleri, göğüs ve oturma kemerleri, karabin, bot vd.) bulundurulmalıdır. Doğal olarak, tüm bu araç-gerecin bulundurulmasının yanısıra konuyla ilgili bilgi donanımı da önemlidir. Ayrıca ilk yardım malzemeleri, yedek iç giysi, enerji verecek tatlı türü yiyecekler de almak gerekir.

Bölgesel jeolojik, jeomorfolojik ve hidrolojik gelişimi karakterize eden mağaralar, bütün kol, girinti, çıkıntı ve katlılarıyla araştırıldıktan sonra haritalanmalıdır. Plan, boyuna ve enine kesitlerden oluşan mağaraların haritalanması, özel olarak yapılmış nem ve sudan etkilenmeyen pusula eğim ölçer, çelik metre

veya bunların işlevini gören ve taşınması son derece kolay olan lazerli ölçüm aleti gerektirir. Karakteristik özelliği olan veya uygulamaya açılacak mağaraların ölçümünde ise, hata oranını en aza indirmek için elektronik mesafe ölçer tercih edilmelidir.

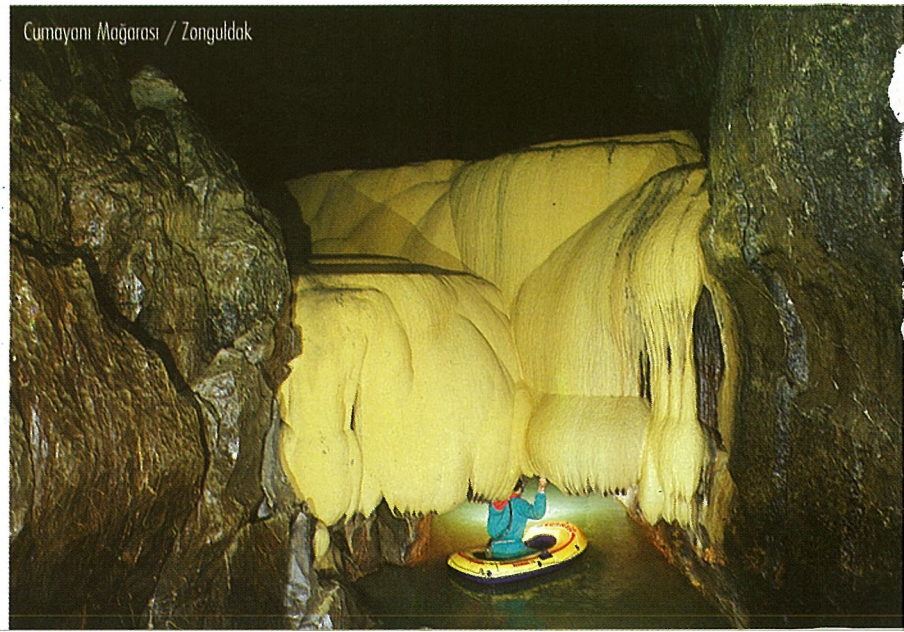
Yerbilimsel bir şekil olan ve geçmişin izlerini içinde saklayan mağaraların araştırılması deneyimli bir kadroyu gerektiren ekip çalışmasıdır. Tam olarak oluşturulabilecek bir mağara araştırma ekibinde jeolog, jeomorfoloj, hidrojeolog, biyolog, arkeolog, ve antropolog ile haritacı bulunmaktadır. Ayrıca bu ekibe, uygulama projesi hazırlanacak mağaralarda mimar ve elektrik mühendisi de katılır.

## Mağara çalışmaları

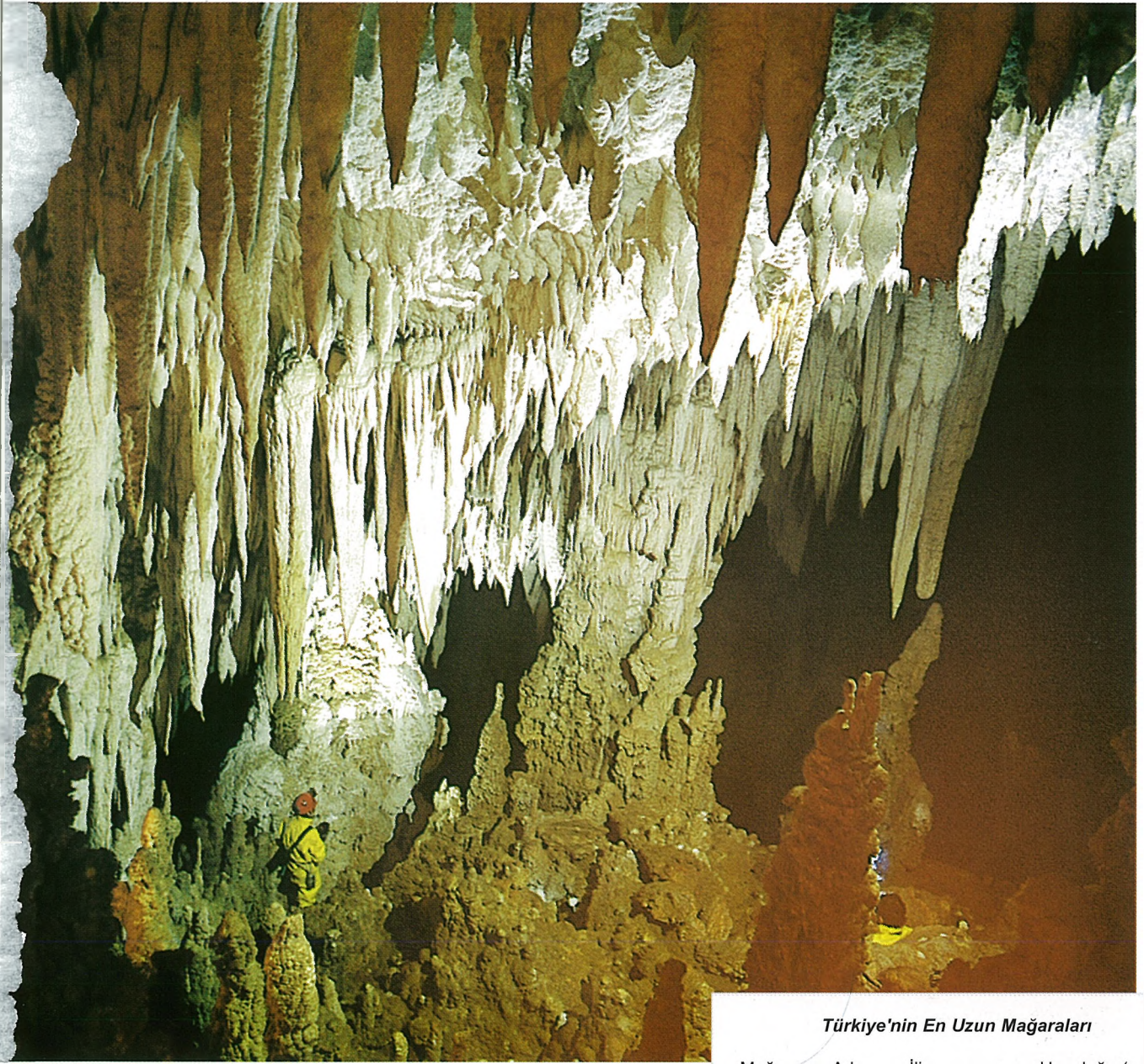
Mağara araştırmaları, birbirini tamamlayan ve aşamalar halinde gelen ölçülebilir belirli parametreleri içerir. Başlangıçta, daha önce de belirtildiği gibi mağaranın keşfi ve haritalanması yapılır. Ölçeği mağaranın büyüklüğü ve önemine göre değişen (1/100-1/2500) bu haritalarda topografik, kadastrografik bilgiler yanında, mağaralardaki kimyasal ve fiziksel çökeller, hidrolojik (göl, yeraltı nehri, düden ve subatan vd.) atmosferik (nem, sıcaklık, rüzgar hızı), biyolojik ve antropolojik özellikler ile tehlikeli noktalar işa-



Cumayarı Mağarası / Zonguldak







retlenir. Bundan sonra mağaranın jeolojik, jeomorfolojik, hidrojeolojik, meteorolojik, biyolojik, antropolojik-arkolojik oluşum ve gelişimi ile mağara havasının fiziksel ve kimyasal özellikleri belirtilir. Özellikle insan sağlığı açısından son derece önemli olan mağara havasındaki gazların (başta Radon, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, Metan olmak üzere) ölçümlerinin yapılması gerekmektedir. Herhangi bir mağarada yapılacak çalışmalar mağara dışında jeolojik, jeomorfolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik özelliklerinin belirlenmesi ile sona erer. Buna karşılık kullanıma açıla-

cak mağaralarda, bu çalışmalara ek olarak Uygulama Projesi hazırlanır. Koruma ve kullanım yöntemlerinin belirlendiği bu çalışmada mağara içi mimari ve elektrik düzenlemeleri ile mağara dışının çevre planlaması yapılır.

### Mağara kazaları

Mağara çalışmaları, iyi bir eğitim ve araç gereçten yoksun yapıldığı durumlarda çeşitli tehlikelerle yüz yüze gelinmektedir. Bu nedenle mağaracıların, çok

#### Türkiye'nin En Uzun Mağaraları

Mağaranın Adı	İli	Uzunluğu (m)
Pınargözü	Isparta	16000 (devam ediyor)
Tilkiler	Antalya	6650
Kızılelma	Zonguldak	6630
Mencilis	Karabük	5330
Ayvaini	Bursa	4866

#### Türkiye'nin En Derin Mağaraları

Mağaranın Adı	İli	Derinliği(±m)
Peynirlikönü	İçel	-1430 (devam ediyor)
Çukurpınar	İçel	-1190
Kuzukulağı	Isparta	-832 (devam ediyor)
Pınargözü	Isparta	+660
Subatani	Kayseri	-643

dikkatli olmalarının yanısıra eğitim ve ekipmanlarının da tam olması gerekmektedir. Karanlık, yüksek nem





Elbeyli Mağarası / Bursa



Altımbesik Mağarası / Antalya

ve aşırı soğuk bir ortama sahip olan mağaralardaki yaralanma, sakatlanma ve hatta ölüme yol açan kazaların en büyük nedeni aşırı cesaret ve dikkatsizliktir. Mağara ortamında atılacak her adım ve tutulacak her nokta özenle seçilmelidir.

Mağaralarda meydana gelen kazaların büyük bir bölümü insan faktörü, kullanılan malzemeler, mağaranın fiziki özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Mağara ortamında uzun süre kalındığında yorgunluğa bağlı olarak gelişen algılama bozuklukları, dikkatsizlik mağara kazalarına yol açtığı gibi, kullanım ömrünü tamamlamış teknik malzemenin kullanımı, dikey mağaralarda mağara ipi bağlantılarının yanlış yapılması gibi nedenler de kazalara yol açabilir. Ayrıca mağara atmosferinde bulunabilecek boğucu ve yanıcı gazlar, yağışlardan sonra mağarayı aniden basan sular da kazalara neden olabilir.

## Türkiye mağaraları

Ülkemizin 2/5'i (%35-40) mağara gelişimine uygun kayalardan meydana gelmiştir. Belirli kuşaklar şeklinde uzanan bu kayalar içinde, yaklaşık 35.000-40.000 mağaranın bulunabileceği tahmin edilmektedir. Bu mağaraların büyük bir bölümü Batı ve Orta Toros Dağları'nda (Muğla, Antalya, Isparta, Burdur, Konya, Karaman, İçel ve Adana) yer alırlar. Türkiye'nin en uzun (Beyşehir Gölü batısındaki Pınargözü Mağarası 16 km) ve en derin (Anamur yakınındaki Peynirlik Düdeni, -1430 m) mağaraları bu dağ kuşağı üzerindedir.

Mağara gelişiminin yoğunluğu açısından ikinci bölge Güney Marmara (Bursa, Balıkesir, Bilecik) ve Trakya'dır (Kırklareli, İstanbul). Bolu, Zonguldak, Bartın, Karabük ve Kastamonu illerini içeren Batı Karadeniz Dağları bu bölgeleri izler. Bunların yanında Gümüşhane, Bayburt, Sinop, İzmir, Manisa, Aydın, Denizli, Eskişehir, Ankara, Niğde, Kayseri, Tokat, K.Maraş, Hatay, Elazığ, Diyarbakır, Gaziantep, Bitlis, Van, Tunceli, Hakkari sınırları içinde de çok sayıda mağara yer alır.



## Türkiye'de Mağara

### Araştırmaları

Dünyadaki diğer ülkelere göre "Mağara cenneti ülke" durumunda olan yurdumuzda, mağara araştırmaları ve mağaralardan yararlanma çok yeni bir konudur. Onbinlercesinin bu-lunabileceğini tahmin ettiğimiz mağaraların araştırılması 1960 yılı-nın başlarına rastlar. 1964 yılında kurulan Mağara Araştırma Der-neği (MAD), yurt dışından davet ettiği mağara-cılarla Toros Dağları'n-da araştırmalarda bulunarak çok sayıda mağaranın etüdünü gerçek-leştirmiştir. 1973 yılın-da da ilk üniversite kulübü olan Boğaziçi Üni-versitesi Mağara Araştırmaları Kulübü (BÜ-MAK) kurulmuştur. Da-ha sonraki dönemlerden günümüze kadar da sayıları onları bulan kulüp ve dernek kurul-muştur. Ancak bu grup-ların çalışmaları, yapılanma-larından dolayı daha çok sportif ağırlıklı olmuştur.

Türkiye'de sistem-atik olarak mağaraların araştırılması 1979 yılın-

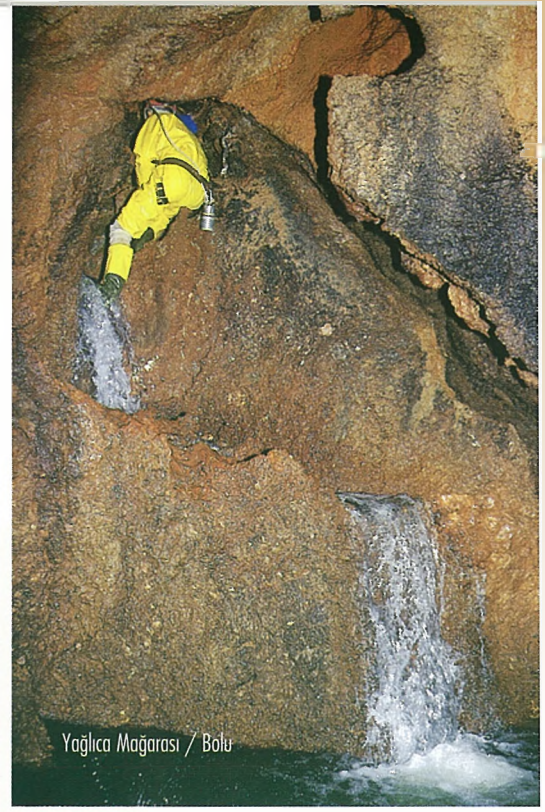
da MTA Jeoloji Etütleri Dai-resi bünyesinde kurulan "Ma-ğara Araştırmaları Projesi" ile başlamıştır. Kurulduğu yıllarda sınırlı bir eleman yapısına sahip olan proje grubu, günü-müzde farklı disipline sahip eleman-lardan oluşmaktadır. MTA Ma-ğara Araştırmaları Projesi Grubu kurulduğu ta-rihten bu yana Türkiye'nin değişik yöre-lerinde



Yedigöller Mağarası / Zonguldak



Yedigöller Mağarası / Bursa



Yağlıca Mağarası / Bolu

yönelik çalışmalarda yapılmaktadır.

Turizm amaçlı kul-lanıma uygun olabilecek mağaralarda mimari, e-lektrik ve çevre düzen-lemelerinden oluşan "Uygulama Projesi" ha-zırlanmaktadır. MTA Mağara Araştırmaları Grubu'nca uygulama pro-jesi hazırlanan mağara-lardan günümüzde Narlı-kuyu (Silifke/İçel), Kara-ca (Torul/Gümüşhane), Ballica (Pazar/Tokat), Zindan (Aksu/Isparta), Dim (Alanya/Antalya) ve Gökgöl (Zonguldak) ma-ğaraları turizme açıl-mıştır. Bu mağaralar bu-lundukları bölgenin

sosyo-ekono-mik gelişimine büyük katkılar sağlamaktadır. Örneğin, Türkiye'nin az geli-miş bölgeleri arasında yer alan To-kat'ın dağlık bir kesiminde bulunan ve 1996 yılında turizme açılarak adı-na festivaller düzenlenen Ballica Mağarası, bu ilin turizm yapısını olumlu yönde etkilemiştir.

500 adet mağara-nın detay incelemesini yapmıştır. Proje Grubu yürüttüğü çalışmalarla mağaraların jeolojik, jeomor-folojik, hidrolojik, hid-rojeolojik, meteorolojik, bi-yolo-jik özelliklerini inceleye-rek, önemlerine göre 1/100-1/2500 ölçekli haritalarını (plan ve kesitleri) çizmekte ve ekonomik kullanım alanları belirlemektedir. Mağaralar-dan geçen yeraltı nehirlerinin hareket yönleri, ilişkili olduk-ları yeraltı ve yerüstü akarsu havzaları, kirlenme alanları ile koruma yöntemlerine

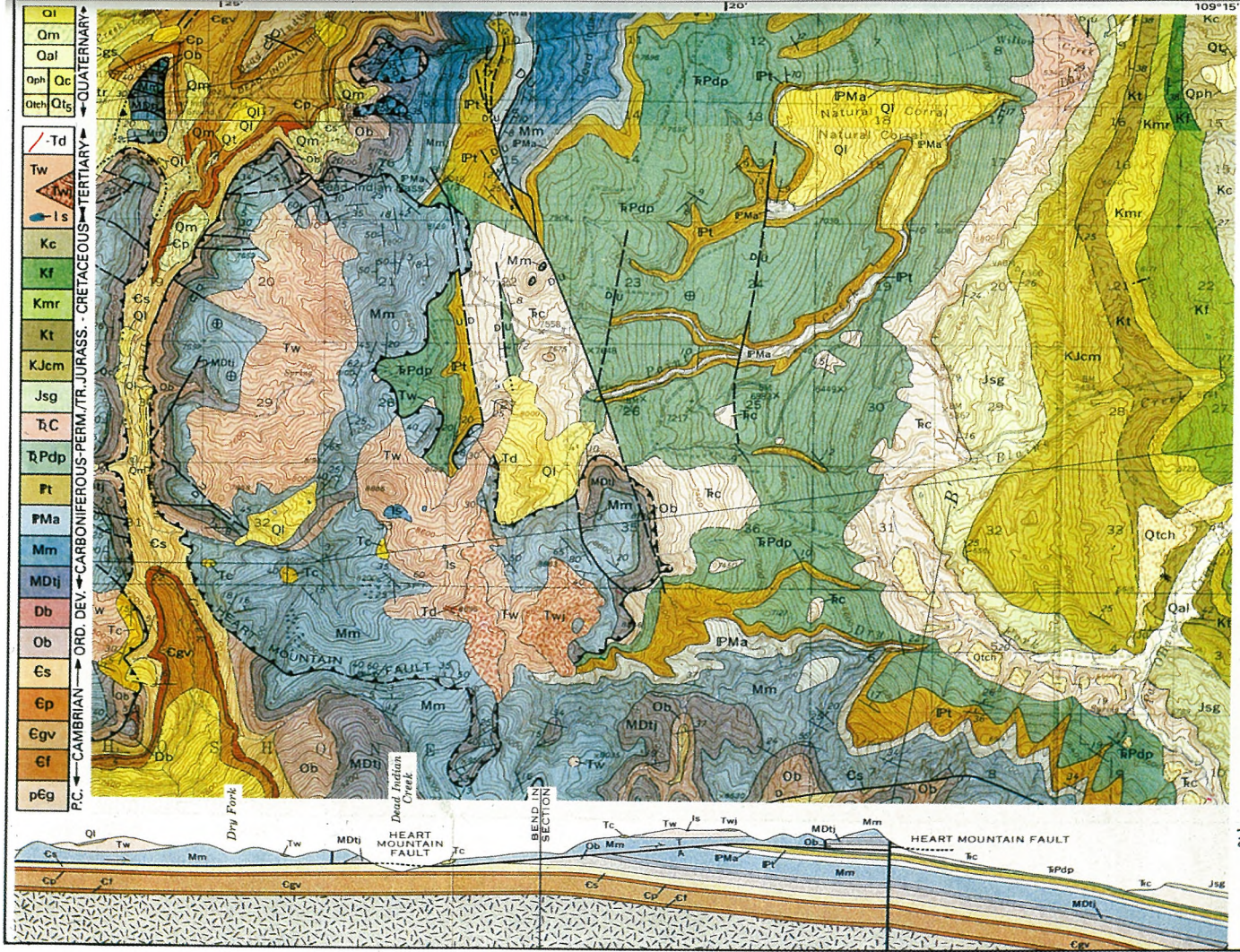
**Lütfü Nazik**

Dr., Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü  
Jeoloji Etütleri Dairesi



# JEOLOJİ HARİTALARI

## YERBİLİMCİNİN GÖRSEL ANLATIM DİLİ



Jeoloji haritaları bize yerka-  
buğunda bulunan çeşitli malze-  
melerin yeryüzünde nasıl dağıl-  
dığını gösterir. Bu haritalar yerbilim-  
ciler için temel araçlardır ve üzer-  
lerinde bulunan çizgiler, kayalar  
arasındaki ilişkiyi ve yeraltındaki üç  
boyutlu düzenlenmeyi gösterir. Böy-  
lece yeryüzünde çalışarak yeraltında  
neler olduğunu kestirebiliriz. Bu

haritaların, neyin nerede olduğu  
konusundaki bilgilerin, petrol rez-  
ervlerinin, yeraltı suyu depolan-  
malarının, maden yataklarının ve  
kütle hareketlerinin (heyelan vb.)  
belirlenmesinde çok geniş uygula-  
maları vardır.

Bir jeoloji haritası yerbilimcinin  
ziyaret ettiği bir bölgedeki izlenim-  
lerine göre olabileceği gibi, yapılan

uzun süreli bir araştırmanın tüm so-  
nuçlarına göre de olabilir. Bu harita-  
lar elde edilen yeni bilgilerin baş-  
kalarına ulaştırılmasında en etkili a-  
raçlardır ve yerbilimcilerin görsel  
anlatım dili olarak tanımlanırlar.

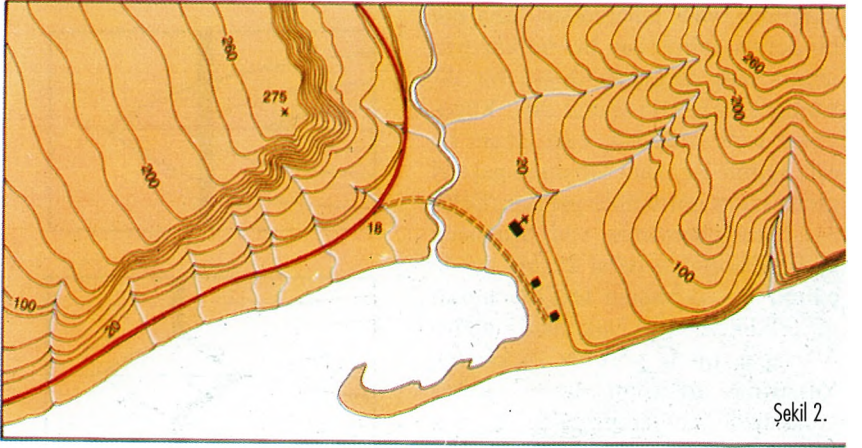
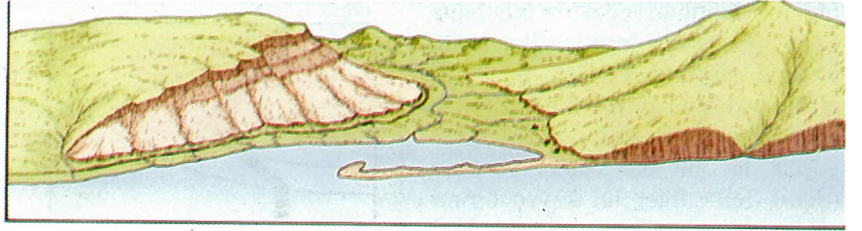
Jeoloji haritalarının tarihine bak-  
tığımızda ilk örneklerin 1740'lı yıl-  
larda İngiltere ve Fransa'da üretildiği  
ve 1800'lerden itibaren jeoloji hari-



tası yapımında önemli gelişmeler olduğu görülmektedir. Aynı dönemde Jeoloji Araştırma Birimleri kurulmuştur ve Jean Etienne Guettard (1715-1786), William Smith (1769-1839), John MacCulluoch (1773-1835), John Phillips (1800-1874), John Wesley Powell (1834-1902), Edward Greenly (1861-1951) ve Sir Edward Bailley (1881-1965) gibi bazı isimler bu alanda yaptıkları önemli çalışmalar ile ön plana çıkmışlardır.

Jeolojinin çok uzmanlaşmış çalışmaları içermesine ve özel türde haritaların yapılabilir olmasına rağmen, sorunların çözümünde klasik jeoloji haritaları hala kullanılmaktadır.

Günümüzde yerbilimci, bir bölgenin jeoloji haritasını hazırlamak için yapacağı çalışmanın amacına uygun ölçekli topografik bir haritayı temel olarak kullanır ve jeolojiyi bunun üzerine işler. Topografik haritalar, arazi şekillerini bir düzlem üzerinde gösterirler ve çoğunlukla konturlar kullanılarak hazırlanırlar. Konturlar (eş yükselti eğrileri) belirli aralıklarla aynı yükseklikte olan noktaları birleştiren çizgilerdir (Şekil 1). Yerbilimci yaptığı gözlemi haritaya işleyebilmek için, doğadaki yerini haritada tam olarak bulmak zorundadır. Şekil 2'de sol taraftaki tepe üzerinde bulunduğunuzu düşününüz ve aşağıda verilen topografik harita üzerinde yerinizi bulmaya çalışınız. Bu tepenin sağ yamacının tepeye yakın olan kesimlerinin dik olduğuna ve haritada bu bölgeye ait eşyükselti eğrilerinin sıklaştığına dikkat ediniz. Benzer sıklıktaki

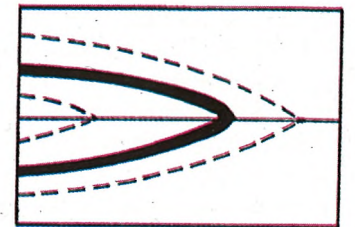
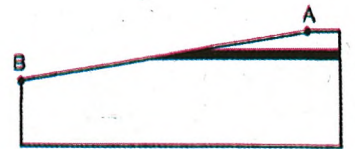
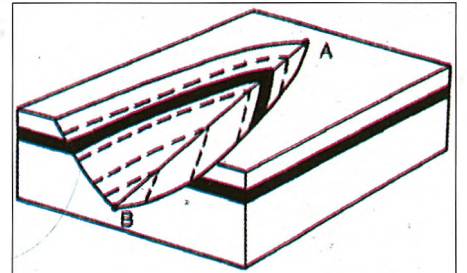


Şekil 2.

eşyükselti eğrileri, sağdaki tepenin deniz kenarındaki dik yamaçlarına ait kesimlerin topografik haritadaki karşılığında da gözlenebilir. Yamaç eğimi azaldıkça topografik haritadaki eşyükselti eğrilerinin araları açılacaktır; bunu üç boyutlu resim ile topografik haritayı karşılaştırarak görebilirsiniz.

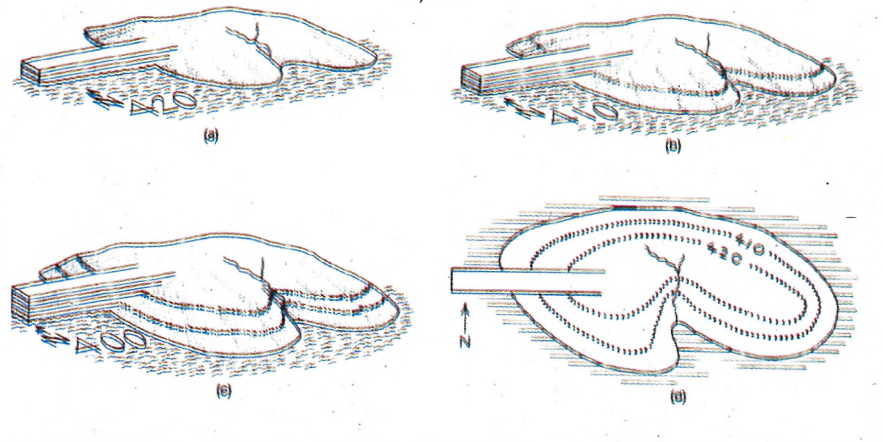
Jeoloji haritası hazırlanacak inceleme alanındaki kayalar, genellikle gözle kolay ayırt edilebilen birimlere bölünürler; bu bölümlemede başka faktörlerin yanı sıra kayacın rengi ve türü de önemli rol oynar. Ayrılan bu birimler arasındaki bir yüzey ile temsil edilen sınırların yer yüzü şekilleri (topoğrafya) ile yaptığı arakesit, haritaya işlenerek jeoloji haritası oluşturulmaya ve 'V' kuralı

işletilmeye başlanır. Eğer kayaç birimleri arasındaki sınır, yatay bir yüzey ise, doğada izleyip çizeceğimiz sınır topografik haritamızın eşyükselti eğrilerine paralel olacaktır (Şekil 3a). Sınır yüzeyi bir vadiye suyun akış yönünün tersine, yani vadi yukarısına doğru eğimli ise, biz bu sınırın izinin vadi yukarısına doğru



Şekil 3a.

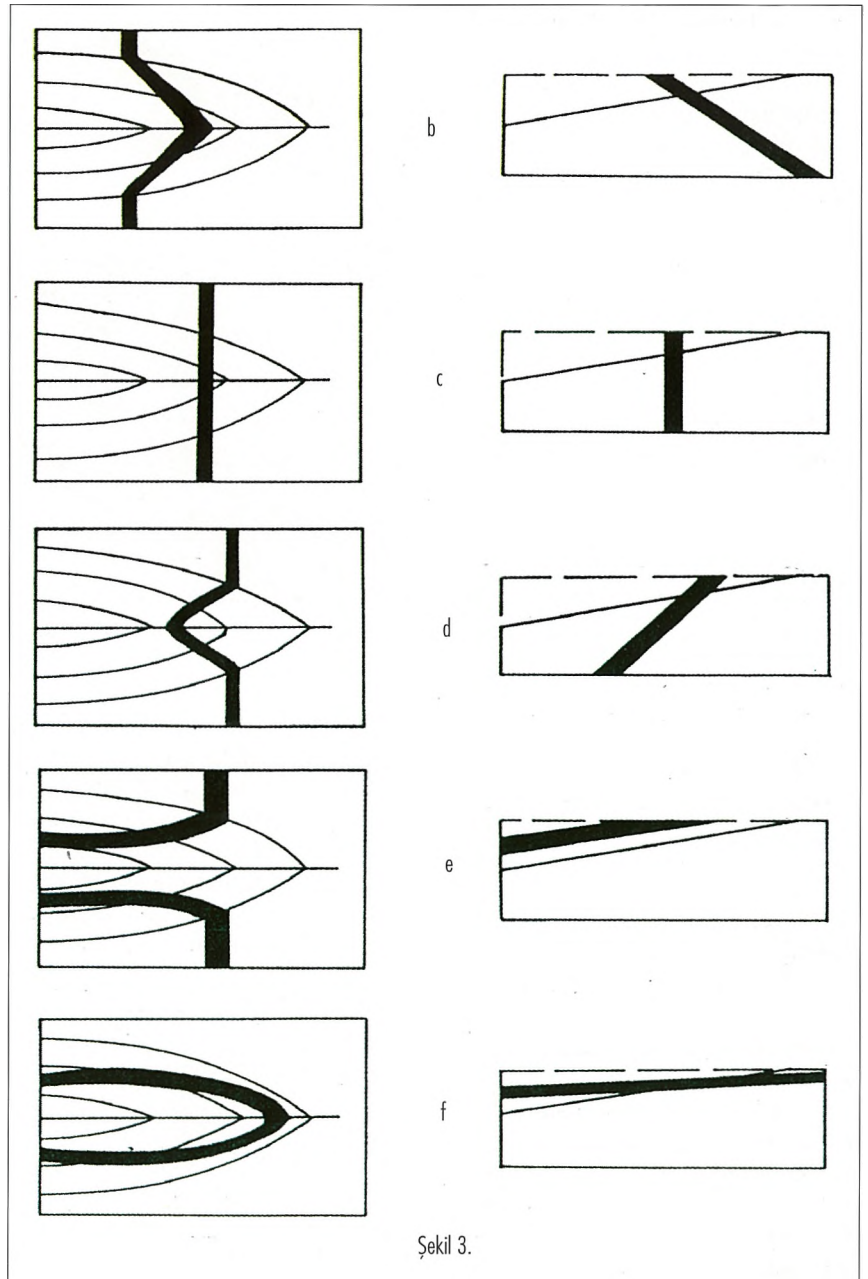
Şekil 1.





bir 'V' yaptığını gözleriz ve buna göre sınırlarımızı topografik harita üzerine işleriz (Şekil 3b). İki birim arasındaki sınır düşey bir yüzey ise bu bize doğada vadi ve sırtlardan geçen düz bir hat olarak görünür (Şekil 3c). Eğer iki kayaç birimi arasından geçen sınır yüzeyi vadi aşağısına, vadi tabanından daha dik bir açıyla eğimli ise, biz bu yüzeyin izinin vadi aşağısına doğru bir 'V' yaptığını gözleriz (Şekil 3d). Yüze-yimiz vadi aşağısına, vadi tabanı ile eşit eğimli ise, vadi tabanına paralel giden izleri görmemiz gerekir (Şekil 3e). Sınır yüzeyimiz, vadi aşağısına vadi tabanından daha az bir açıyla eğimli ise, o zaman ters 'V' kuralı geçerlidir ve vadi yukarısına doğru 'V' yapan bir iz görürüz (Şekil 3f). Yukarıda anlatılan bu ilişkileri gözünüzde canlandırmakta güçlük çekiyor iseniz, buzdolabınızdan çıkardığınız bir margarin paketini açarak üzerine bıçak yardımı ile bir vadi açınız ve bıçağınızı yukarıda sözü edilen çeşitli açılardan batırınız. Bıçağınız ile margarin arasında göreceğiniz iz, jeologların iki kayaç birimi arasındaki sınırın konumunu belirlemede kullandıkları 'V' kuralının küçük bir uygulaması olacaktır. Vadi içlerinde veya onlara paralel konumdaki sırtlarda yapacağınız doğa yürüyüşleri sırasında belki de bu kuralı gözlemeye başlayacak, doğaya farklı bir açıdan bakmanın tadını alacaksınız.

Tamamlanmış bir jeoloji haritasını okumanın bir kitabı okumaktan farkı, jeoloji haritasının belirli başlangıç ve bitiş noktalarının olmamasıdır (bkz. s.68). Bu nedenle aşağıdaki basamakları izlemek yararlı olacaktır. Öncelikle ölçeğe bakmalıyız (ölçek; haritadaki mesafenin, arazideki mesafeye oranıdır) ve harita üzerindeki kuzey okundan yararlanarak çalışılan alanın bölgesel konumunu bulmalıyız. Ana topografik yükseltilere ve alçalımlara bakarak, arazi şeklini kabaca gözümüzde canlandırmalıyız. Haritanın, açıklamalar bölümünü dikkatle incelemeliyiz. Burada, haritada yer alan kayaçlar, en yaşlı birim en altta, en genç birim en üstte olacak şekilde sıralanmıştır. Jeoloji haritalarında kullanılan tüm sembollerin



Şekil 3.

anlamları, açıklamalar bölümünde yazılıdır. Bunlar arasında kayaçların konumlarını harita üzerinde göstermeye yarayan doğrultu ve eğim sembolleri, doğada üzerlerinde yer değiştirmelerin olduğu ve yerbilimcilerin 'fay' olarak adlandırdığı, önemli kırık hatları ve bu hatların türlerini belirten işaretler yer alır. Bundan sonra kayaçların genel dağılımları arasındaki yaş ilişkileri ve yapılarına bakabiliriz.

Bazı ülkelerde, doğa yürüyüşü yapan kimselerin kullanabilmesi için üzerine jeoloji işlenmiş topografik haritalar satılmaktadır. Ülkemizde şu anda böyle bir olanak olmamasına

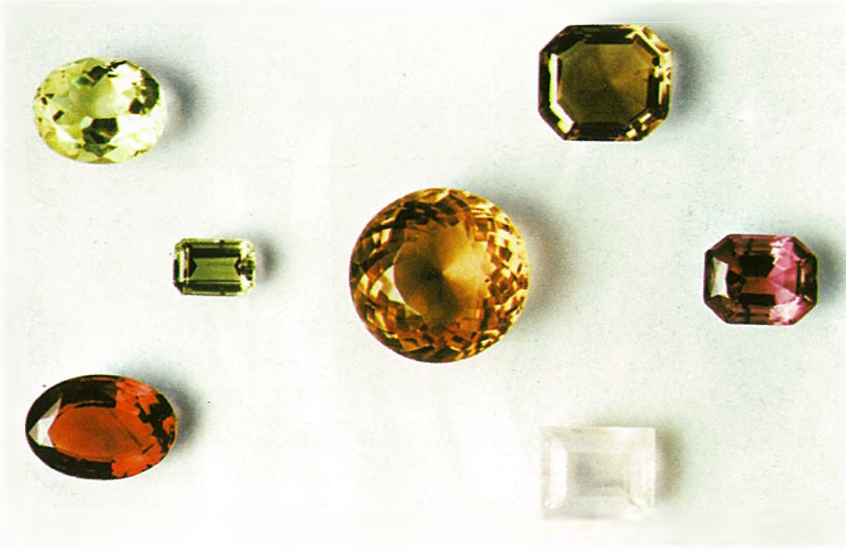
rağmen, bulunduğunuz, tatil yapmayı düşündüğünüz bölgede veya bu bölgeye ulaşırken yol boyunca ne tür kayaçlarla karşılaşacağınızı öğrenmek için Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün dağıtımını yaptığı 1/500.000 ölçekli renkli jeoloji haritalarını kullanabilirsiniz.

**Gürol Seyitoğlu**

Doç. Dr., A.Ü.F.F. Jeoloji Mühendisliği Bölümü



# K U V A R S



*Kuvars, diğer minerallerden farklı olarak, mineralojinin temel taşı ve mineralojik kavramların denektaşısıdır. Günümüzde elektronikten kimyaya, cam sanayinden yapı endüstrisine kadar geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir. Eski çağlardan beri, değişik renklerdeki kuvars türleri, insanların dikkatini çekmiş ve süs eşyası olarak kullanılmaya başlanmıştır.*

**B**ilinen birkaç bin mineral içinde oluşumunun ve bulunuşunun zenginliği, çeşitlerinin bolluğu ve yaygın kullanımı nedeniyle kuvarsın önemli bir yeri vardır. Silika grubu minerallerinden olan ve kimyasal formülü  $\text{SiO}_2$  olan kuvars hegzagonal sistemde kristallenir. Renksiz olduğu gibi çeşitli renklerde de bulunabilir. Saydam-yarı saydamdır. İkizlenmesi yaygındır. Belirgin dilinimi yoktur. Sertliği 7, yoğunluğu  $2.65 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Kristal şekli, konkoidal kırılması, parlaklığı ve sertliği ayırtedici özellikleridir. Kuvars ve bazı çeşitleri cam sanayii, yapı endüstrisi, seramik sanayii, kimya sanayii, optik ve elektronik sanayiinde kullanılır. Yarı değerli taş olarak da önemlidir. Güzel kristaller halinde bulunduğu zaman değeri çok yüksektir.

Diğer minerallerden farklı olarak kuvars, mineralojinin temel taşı ve mineralojik kavramların denektaşısıdır. 1669 yılında Nicolaus Steno tarafından kristal yüzeyleri arasındaki açılarının sabitliği ilk olarak kuvars kristali üzerinde gözlenmiştir. Robert Boyle 1672 yılında

kuvarsın özgül ağırlığını ölçerek sudan 2.5 kat daha ağır olduğunu bulmuştur. Böylece kuvars kristalinin donmuş buz olduğuna dair inancı yıkılmış ve kuvarsın sulu çözeltilerden kristallenme yoluyla oluştuğunu ispatlamıştır. Huyghens 1678 yılında kuvars kristallerinin çift kırınım özellikleri ve düzenli hegzagonal şekiller halinde büyüdüğüne dair ilk hipotezleri ortaya atmıştır. 1772 yılında Rome de l'Isle, kuvars kristallerinin açılarının kesin ölçümünü yapmış ve Steno'nun kristal açılarının, şekil ve boyuta bağlı olmaksızın sabit olduğu öngörüsünü doğrulamıştır. Kristalografinin babası sayılan René Just Haüy, yaptığı gözlemlerde kuvars kristalinin sağ ve sol yönlü olmak üzere iki kristalografik türünün olduğunu göstermiştir.

19. yüzyılın başlarında, İsveç'li kimyacılar tarafından kuvarsın kimyası incelenerek oksijen ve silisyum elementlerinden oluştuğu saptanmıştır. Böylece periyodik tabloya silisyum elementi de eklenmiştir.

1880 yılında, Jacques ve Pierre

Curie kardeşler kuvarsın piezoelektrik özelliğini keşfetmişlerdir. Böylece günümüzde, kuvarsın bu özelliği sayesinde milyon dolarlarla ifade edilen bir endüstri doğmuştur.

Kuvarsın modern teknolojiye en önemli katkılarından biri de, 1921 yılından itibaren yönlendirilmiş kuvars dilimlerinin verici frekanslarını kontrol edebilme özelliğinden yararlanarak radyolarda kullanılmaya başlanmasıyla olmuştur.

Kimyasının basit olmasına karşın, kuvarsın iç yapısı oldukça karmaşıktır. İngiliz fizikçi Reginald E. Gibbs 1926 yılında kuvarsın kristal yapısının şu şekilde olduğunu keşfetmiştir. Her biri bir dörtgenin merkezinde bulunan silisyum atomları bu dörtgenlerin köşelerine oturan dört oksijen atomu ile çevrelenmektedir. Bu dörtgenler üç boyutlu bir yapı oluşturacak şekilde, köşelerindeki oksijen atomları ile birbirlerine bağlanmakta ve böylece her oksijen atomu iki silisyum atomu tarafından paylaşılmaktadır.



# Kuvars Çeşitleri

## İri taneli kuvars çeşitleri

Bu gruba kaya kristali, süt kuvars, ametist, sitrin, dumanlı kuvars ve pembe kuvars girmektedir. Bunların hepsi aynı kristal iç yapısına ve kristal şekline sahip olup sadece renkleri farklıdır.

**Kaya Kristali:** Renksiz, temiz, berrak kuvars çeşididir. Oluşum sırasındaki şartlara bağlı olmaksızın mineralin karakteristik şekilde gelişebileceği bir alana ihtiyaç olduğundan, kristal kuvars kayaların boşluklarında ve damarlarında bulunur. Bugüne kadar en büyük kristaller Brezilya'da Minas Geras'ta bulunmuştur.

**Süt Kuvars:** Diğer bir iri kristalli kuvars çeşidi, damarlarda bulunan ve bazen cevher mineralleri ile oluşan süt kuvars veya beyaz kuvarstır. Çok bol bulunduğu için diğer kuvars çeşitlerine göre daha az değerlidir.

**Ametist:** Eflatun rengi ile karakteristik olan ametist, açık eflatun tonlarından koyu mor renge kadar değişen renklerde bulunabilir ve rengin koyuluğuna bağlı olarak değeri artar. Ametistin kimyasal analizleri hemen hemen saf SiO<sub>2</sub>'den



Kaya Kristali



Ametist

oluştüğünü göstermekle birlikte biraz demir (%0.10'dan az) daima

vardır. Demir içeriği arttıkça renk koyulaşmaktadır. Normal sıcaklıklarda renk tamamen duraylı olduğu halde, ısıtma işlemleri ile belirgin olarak değişmektedir. Örneğin belirli sıcaklıklara kadar ısıtılan ametistin rengi sarı kahverengi sitrin rengine dönüşür. Bu şekilde ısıtılarak sitrin rengi olan değersiz ametistler, piyasada sitrin adı altında süs taşı olarak satılmaktadır.

**Sitrin:** Doğada ametistten daha ender olarak, bazı yerlerde ve özel şartlar altında oluşur. Sarıdan sarıkahverengiye değişen rengiyle

## Tarih Boyunca Kuvars

İnsanlık tarihine baktığımız zaman, Taş Devrinde yaşayan atalarımızın kuvars ve benzeri sert taşlardan yaptıkları aletlerle avlanarak hayatta kalmış olduklarını görmekteyiz. Yaklaşık 100.000 yıl önce Taş Devri insanların kristal kuvarası, çakmaktaşı ve çörtü alet ve silah olarak kullandıkları arkeolojik kazılardan anlaşılmaktadır. Yarı değerli taşların süs taşı olarak değerini ise tarihte ilk defa Mezopotamya'da yaşamış en eski uygarlık olan Sümerler farketmişti. Bu taşları kesip parlatarak, silindirik mühür, yüzük, havan gibi süs eşyaları yapımında ustalaşmışlardı. Kuvarın popüler hale gelmesi, İ.Ö. 3000 yılından itibaren daha önceleri yumuşak malzemeden yapılan ve kralların mülk ve kimlik simgesi olan mühürlerin sert malzemeden yapılmaya başlamasıyla olmuştur. Kuvarın sert, homojen, çarpıcı görünümü, onu mühür için ideal malzeme haline getirmiştir. Bu mühürlerden Babil'de

İ.Ö. 2000 yılında bulunan D-Shi-A mührü kaya kristalinden yapılmıştır. Mührün üzerinde, sahibinin egemen ve isminin uğurlu olacağı yazılıdır. Kırmızı karnelyan veya jasperden yapılmış bir başka mühürde ise tanrının mührün sahibini daima koruyacağı yazılmıştır. Bu örnek, kuvarın mistisizm ile olan ilişkisini gösteren güzel bir kanıttır.

İncil'de, cennetin bahçesinde bulunduğu inanılan değerli taşlar arasında topaz, elmas, beril, granit, zümrüt, safir ve altının yanısıra karnelyan, oniks, jasper ve sardın da ismi geçmektedir.

Yüzyıllar önce, modern aletler ve aşındırıcılar olmadığı halde, kuvars minerallerinin kesimi mükemmel bir düzeye ulaşmıştı. Taş üzerinde doğal bir desen varsa ve özellikle üzerine dini bir simge işlenmişse değeri çok artmaktaydı.

Organize kuvars madenciligi, muhtemelen

İ.Ö. 3500 yıllarında başlamıştı. Mısır'da Assua'nın kuzeyinden kaya kristali, Gebel Abu Diyeiba yakınlarından ametist ve çöl bölgesinden de agat toplanmıştı. İ.Ö. 500 yıllarında agat, Araplar arasında ticari meta haline gelmiş ve muhtemelen aynı tarihlerde Hindistan'da kuvars endüstrisi başlamıştı. İ.Ö. 300 yıllarında agat Sicilya'da Achates Irmağı boylarında toplanmıştır. İsveç Alpleri, Romalılar zamanında yıllar boyunca kuvars kristallerinin kaynağı olmuştur. Kuvarın da tarihte tuz, altın ve gümüş gibi takas malzemesi olarak kullanıldığını görmekteyiz. Daha yakın geçmişte, Amerika yerlileri de çakmaktaşı ve çörtü, diğer kabilelerle alışverişte takas için kullanmışlardır. Göçebe kızilderililer, tarımla uğraşan kabilelerden agat ve obsidiyen karşılığında çok değerli olan bufalo postu alırlardı.

Büyük, kusursuz kuvars kristalleri, hristiyanlık öncesinde değer kazanmış ve



topaza çok benzer. Topaz, daha değerli bir taş olduğu halde, dünyanın bir çok ülkesinde gerçek topaz yerine, açığöz satıcılar tarafından sitrin satılmaktadır.



Sitrin

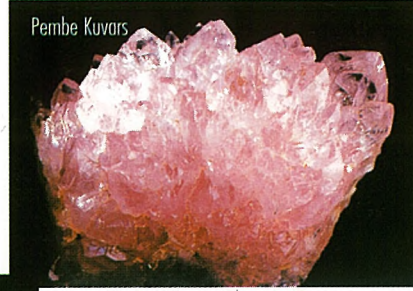
**Dumanlı Kuvars:** Dumanlı kuvars, isminden de anlaşıldığı gibi, açık kahverengiden siyaha değişen tonlarda dumanlı renk içeren bir kuvars çeşididir. Siyah



Dumanlı Kuvars

renkli dumanlı kuvars "morian" olarak isimlendirilir.

**Pembe Kuvars:** Diğer iri taneli kuvars çeşitlerinden farklı olarak, nadiren temiz ve iyi kristallidir. Genellikle masif ve kirli görünümündedir. Renk içerdiği titana bağlı olarak toz pembeden koyu gül kır-



Pembe Kuvars

mızısına değişir.

### İnce taneli kuvars çeşitleri

Kimyasal bileşimleri ve kristal yapıları ile gerçek kuvars oldukları halde, kristalin bir görünüm sunmayan kuvarlar bu başlık altında toplanmıştır. İnce kristalin taneciklerin içiçe büyümelerinin çok düzenli oluşu, onlara homojen bir yapı görünümü vermektedir. Lifsi ve taneseli olarak iki çeşit olan içiçe büyüme genellikle ancak mikroskop altında ayırte-

dilebilir. Tanesel tipte olanların her birinin özel bir ismi olmasına karşın lifsi olanlara genel olarak kalsedon denir ve renklerine göre çeşitli isimler alırlar.

**Kalsedon:** Mikroskobik olarak kriptokristalin (çok ufak taneli) kuvars kristallerinden oluşan kalsedon, düşük sıcaklıklarda (yaklaşık 120 °C), kayaların boşluk ve çatlaklarında silisli solüsyonların çökmesiyle oluşur. Açık mavi, grimsi beyaz, sarı, gri veya kırmızı renklerde bulunur.

Kalsedonun ten renginden temiz koyu kırmızı renge değişen çeşidi karnelyan, sarımsı ve kahverengimsi kırmızı renkte olanı ise sard olarak bilinir. Karnelyanın kırmızı renginin nedeni demir (olasılıkla hematit), sardın renginin ise limonittir. Mücevhercilikte karnelyan ve oniks, kalsedonun boyanmasıyla yapay olarak elde edilmektedir.



Sard

**Agat (akik):** Kalsedonun farklı renklerde bant veya konsantrik zonlarla karakterize olmuş şekline verilen isimdir. Bantların renkleri

vazolar, kaseler, kadehler vs. gibi kullanım amaçlı ve artistik eşyalar şeklinde biçimlendirilmişlerdir. Yüksek kaliteli camın gelişimiyle birlikte, kaya kristalinden yapılan bu eşyalar camdan yapılmaya başlanmıştır.

Yaklaşık 2000 yıl önce, Pliny, Romalı senatör Nonius'un fındık büyüklüğünde opalden oluşan bir yüzük setinden bahsetmektedir. İmparator Marcus Antonius bu taşı çok beğenerek Nonius'tan istemiş, fakat Nonius onu vermektense, herşeyini bırakarak ülkeyi terketmişti.

Bugün kaya kristali olarak isimlendirilen, kuvars çeşidi eskiden sadece kristal adıyla bilinirdi. Yunanca buz anlamına gelen kristal kelimesi, antik Yunan'da Olimpos dağı yakınlarında boşluklarda parlayan taş, donmuş suyun tanrı tarafından taş haline getirildiğine inanan dağcılar tarafından verilmiştir.

Çok eski çağlardan beri rengi, sertliği ve iyi cila tutması nedeniyle süs taşı olarak ve süs eşyası yapımında kullanılan kalsedon,

ismini olasılıkla Marmara denizindeki antik Kalkedon (bugünkü ismi Kadıköy) Limanı'ndan almaktadır.

Aristoteles'in arkadaşı ve öğrencisi olan Theophrastus'un İ.Ö. 300 yıllarında yazdığı "Kayaçlar üzerine" adlı eser, dünyanın en eski mineral kitabı niteliğindedir. Bu çalışmada kuvars ve çeşitlerinden diğer minerallerden daha fazla bahsedilmekte ve mühür olarak kesildiği zaman büyük değer kazandığı belirtilmektedir. Tarih boyunca geniş bir kullanım alanı bulmuş olan agattan, Theophrastus'un kitabında güzel ve değerli bir taş olarak bahsedilmekte ve ismini Sicilya'da bol bulunduğu Achates Irmağı'ndan aldığı belirtilmektedir. Eski çağlarda şişe, çanak, kadeh yapımında kullanılan, agatın en çarpıcı örneği, muhtemelen iki kulplu şarap kadehidir. Bu kupa imparator Neron onuruna yaptırılmış ve birçok el değiştirdikten sonra, 9.yy'da St.Denis Manastırı'na hediye edilmiştir. Bu manastırda, yüzyıllar boyunca taç giyme törenlerinde Fransız krallarının onurlarına

kaldırılan şarap kadehi olarak kullanılmıştır. Haziran ayında doğanların uğurlu taşı kabul edilen agatın, ayrıca bazı olağanüstü güçlerinin olduğuna da inanılırdı. Çölü geçen deve katarlarının sürücülerinin, bu taşları emerek susuzluklarını giderdikleri rivayet edilmektedir. Persler, Araplar ve diğer doğu halkları da agattan etkilenerken, mühür ve yüzük yapımında kullanılmışlardır. Üzerlerine sahibinin isminin yanısıra Kuran'dan ayetler yazılmış ve semboller işlenmiştir. Bu tür yüzüklerin hala sahibini koruduğuna inanılmaktadır. Hz. Muhammed'in Yemen agatından yapılmış bir mühür taşıması, Yemen agatını Araplar için popüler hale getirmiştir.

8.yy'da Japonya'da Mutsu bölgesinde kaya kristali oluşumları değişik boyutlarda kesilmekteydi. Küçük parçalar sıcak havalarda vücudu serin tutmak amacıyla elde taşınırken, büyük boyutta olanlar daha çok dinsel amaçlı olarak kullanılırdı.

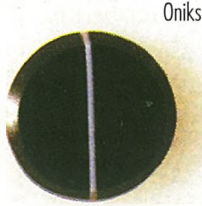
Hindistan, yüzyıllar boyunca kuvars





Agat

beyazdan gri ve siyaha değişebilir. Ayrıca açık kırmızı gölgelenmeler, kahverengi ve daha ender olarak da mavi, yeşil veya lavanta renkleri gösterebilirler. Agatın kristal yapısı iri taneli kuvarsa benzetmekle birlikte, gözenekli oluşu nedeniyle özgül ağırlığı biraz daha düşüktür. Oniks, agatın paralel olarak dizilen siyah-beyaz bantlar halindeki şekline verilen isimdir. Moss (yosun) agat, genellikle dendiritik (ağaç benzeri) formlarda, diğer mineral kaparımları içeren agat türüdür. Yosun benzeri kaparımlar genellikle siyah ve daha ender olarak kırmızı veya kahverengi olabilir. Siyahlığın manganez



Oniks

ailesinin güzel örneklerinin kaynağı olmuştur. Hindistan'ın kuvars endüstrisinin önemli merkezlerinden biri haline ne zaman geldiği tam olarak bilinmemektedir. Fakat Portekiz'li gezgin Barbosa, 16.yy başlarında geldiği Limodra'yı bu çok karlı endüstrinin merkezi olarak bulmuştur. Barbosa gezi notlarında agattan şu şekilde bahsetmektedir. "Burada agat süt beyazı veya kızgın ateşte elde edilen kırmızı renklerde bulunuyor." Bu ifade, muhtemelen, agatın doğal rengini değiştirerek güzel renkler elde edilmesine dair yapılan çalışmalarını gösteren ilk yazılı belgedir. Barbosa ayrıca Campay şehrinin taş kesiminde çok usta olduğundan bahsetmektedir. Gerçekten de pek az bir süre sonra, 17.yy'ın başlarında bu şehir agat işçiliğinin merkezi haline gelmişti.

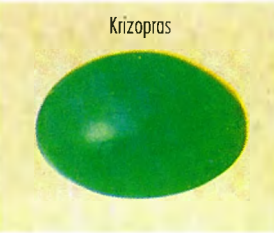
Ametist eskiden süstaşı olarak bilinir ve değerlendirilirdi. İncil'de, başrahibin göğüslüğündeki 12 değerli taşın birinin ametist olduğu ve İsrailoğulları'ndan birinin ismi olduğu belirtilmektedir. Ametistin taşıyanın zekasını canlandırdığı ve

oksitten, kırmızı ve kahverengiliğin ise demir oksitten geldiği düşünülmektedir.

**Krizopras:** İnce taneli kuvarsin yeşil renkteki çeşidine verilen isimdir. Bazen lifsi kalsedonik tipte, bazen de taneseli olabilmektedir. Rengi parlak elma yeşilinden soluk yeşilimsi sarıya değişir. Rengi içerdiği nikelin oksit veya silikat halinde olmasına bağlıdır.

**J a s -  
per:** İnce taneli kuvarsin taneseli çeşidi olup, genellikle

içerdiği hematit nedeniyle kırmızı renklidir. Fakat diğer demir oksit kaparımları nedeniyle sarı veya kahverengi renklerde de olabilir. Jasper taşlaşmış ağaçlarda bulunan başlıca silikattır. Ağacın yerini molekül molekül jasper formundaki silika alır. Çoğu zaman yerini alma çok yavaş olur ve orijinal ağacın en ince detayları bile mükemmel olarak görülebilir. Jasperin en çarpıcı türü orbiküler jasperdir. Beyaz veya renkli matriks içinde, yine beyaz ve gri gözler halindedir.



Krizopras

Parlak kırmızı matriks içinde beyaz - gri gözler; veya beyaz - sarı matriks içinde beyaz-kırmızı veya siyah-kırmızı gözler halinde bulunabilir. Orbiküler jasperin birçok çeşidi vardır ve gözler küçük noktacıklardan 2,5 cm veya daha büyük ölçeklere ulaşabilir.

**Çakmaktaşı ve çört:** İnce taneli kuvarsin taneseli çeşitleridir. Aynı oluşum ve kökene sahiptirler ve aralarında belirgin bir farklılık yoktur. Bununla birlikte, renkleri biraz farklıdır. Çakmaktaşı koyu griden



Jasper



Çakmaktaşı

savaşlarda dayanıklılık verdiği gibi, doğa üstü güçler sağladığına inanılırdı. Fakat onun başlıca özelliği, iyileştirme gücü veya sarhoş olmayı önleyici oluşu idi. Bu inanç o derece kuvvetli idi ki, ametist ismini, "sarhoş etmez" anlamındaki eski bir Yunan kelimesinden almıştır. Diğer süs taşları gibi değeri miktar ve talebe bağlı olan ametist, 19.yy'ın başlarında Brezilya ve Uruguay'da bol olarak bulunmuş, bunun sonucunda büyük oranda değer kaybetmiştir.

Opal, 19.yy'a kadar neredeyse elmas kadar değerli tutuldu. Bu yüzyıldan itibaren kötü şans getirdiği batıl inancının yerleşmesiyle birlikte popüleritesini kaybetti. Bu batıl inancın kökeninde, olasılıkla Sir Walter Scott'un 1829 yılında yazdığı "Ann of Geierstein" adlı roman yatmaktadır. Hikaye büyülenmiş bir prenses olan ve saçlarına daima parlak bir opal kristali takan Lady Hermione hakkında yazılmıştır. Bu taş da büyülüydü ve taşıyanın ruhsal durumunu yansıtmaktaydı. Prens mutlu olduğu zaman taş par-

lıyor, kızgın olduğu zaman ise ateş kırmızısı ışıldılar saçıyor. Birgün taşın üzerine kazara birkaç damla kutsal su sıçrar, taşın parıltısı söner ve prenses yere düşer. Prensese yatağına taşınır fakat ertesi sabah ondan geriye sadece külleri kalmıştır. Scott, prensese elmas, yakut veya zümrüt gibi başka bir değerli taş da taşıtabilirdi. Opali tercih etmesinin nedeni, olasılıkla opalin gösterdiği renk oyunlarıydı. Bu romanın yayınlanmasından bir yıl sonra, opalin değerinin yarıyarıya düştüğü bildirilmiştir.

Tarihte bu derece önemli yer tutan kuvarsin ve çeşitleri, günümüzde de önemini korumaktadır.



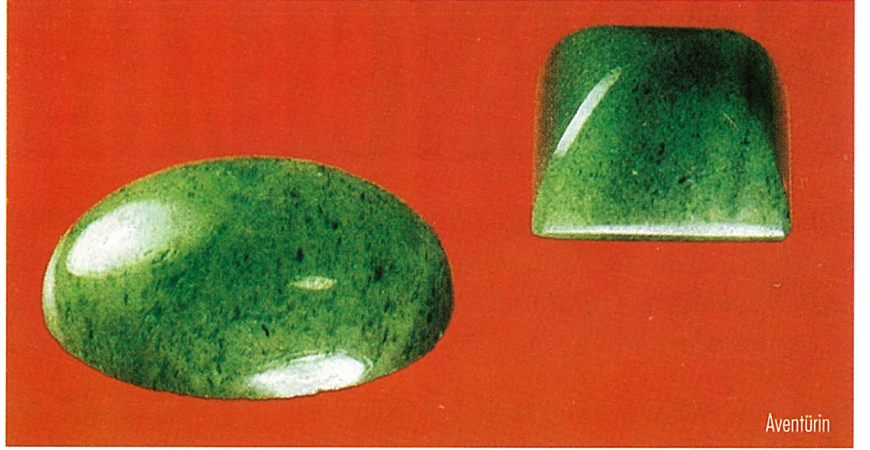
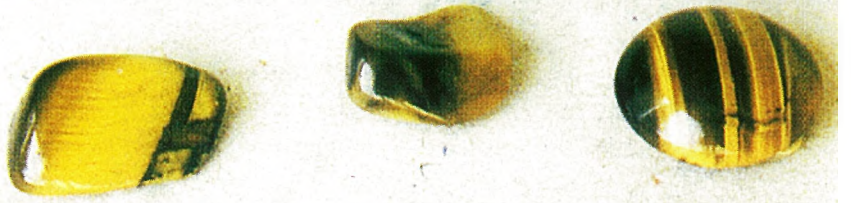
siyaha, çört beyazdan açık griye değişen renklerdeir.

**Kedi gözü, kaplan gözü kuvars:** Asbest lifçikleri içeren kuvarsın, kaboşon tarzında kesildiği zaman oluşan görünümü nedeniyle bu isimler verilmiştir. Rengi yeşilimsi gri veya yeşil olduğunda kedi gözü kuvars, kahverengi üzerinde altın sarısı yansımalar gösterdiğinde kaplan gözü kuvars olarak isimlendirilir.

**Aventürin:** Kuvarsitler içinde oluşur. Genellikle yeşil mika pulcuklar içerir. Yeşilimsi beyaz veya grimsi beyaz renklerdeir. Jadeite benzer ondan yoğunluğu ve daha kırılın oluşuyla ayırtedilir. Parlak yeşil olanlar neredeyse gerçek jadelere kadar değerlidir.

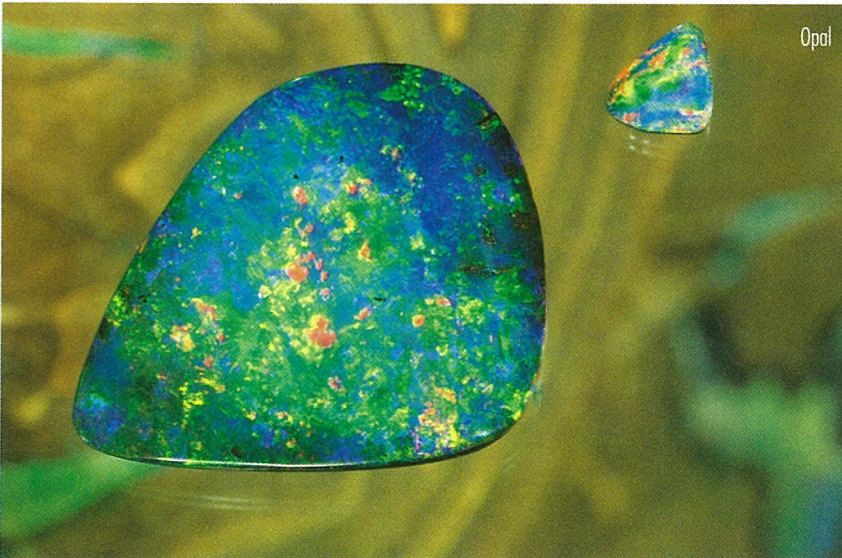
**Opal:** Bir kuvars türü sayılmakla birlikte, silika grubu minerallerinden olan opal, kristobalitin kriptomkristalin bir formu olup diğer silika minerallerinden farklı olarak %4-20 oranında su içerir. Suyun mevcudiyeti nedeniyle opal kuvarstan daha düşük sertliğe (5.5-6.5) ve özgül ağırlığa (2.00-2.25) sahiptir. Saf opal renksiz veya süt beyazıdır. Fakat sık sık diğer mineral taneciklerini boyama maddesi olarak içerebilir. Buna ilaveten

Kaplan gözü kuvars



değerli opal ışıkın etkisiyle renk oyunları gösterir. Opal düşük basınç ve düşük sıcaklık mineralidir ve yeryüzü yakınlarında dolaşım halindeki yer altı sularından veya yükselim halindeki çözeltilerden oluşabilir. Silika grubundaki diğer minerallerle kıyaslandığında, en değerli süs taşı olmasına karşın, mücevhercilikte değeri olan opaller güzel renk oyunları verenlerdir. Bu renk nüansları göstermeyen adi

opaller çok yaygındır ve süs taşı olarak değerleri yoktur. Değerli opaller; siyah opal, beyaz opal, ateş opali ve su opalidir. Siyah opal siyah veya koyu mavi, yeşil veya kırmızı zeminde parlak ışıltılardan saçan renkler gösterir. Beyaz opal beyaz veya açık renkli bir zeminde güzel renkli oyunlar gösterir. Ateş opali saydam-yarı saydam taştan turuncu kırmızıdan kırmızıya kadar değişebilen renk oyunları gösterir. Su opali, temiz renksiz (su beyazı) taş içinde parlak ışıltılı renk gösterir.



**Nurdan Çelebioğlu**  
Jeoloji Yüksek Mühendisi

**Zühre Bektur**  
Jeoloji Yüksek Mühendisi

**Kemal Türeli**  
Dr., Jeoloji Yüksek Mühendisi

Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü  
Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi



# PETROL

# MADENCİLİĞİ

*Suudi Arabistan'ın sahip olduğu tüm petrol rezervlerinden daha fazla miktardaki petrol Kanada kumtaşlarında saklı bulunmaktadır. Günümüzde büyük miktardaki bu kaynağı rasyonel olarak çıkaracak teknoloji mevcuttur.*

**P**etrol yeryuvarının gözenekli katmanları içerisinde süzülen ve açılacak sondaj kuyularından yukarıya doğru çıkmaya hazır haldeki hidrokarbonların karışımından oluşan bir sıvıdır ve bugüne kadar yaygın olarak kullanılan ham petrol terimi ile eşanlamlıdır.

Ancak bugün dünyadaki mevcut petrolün çoğun-

luğunu alışılmış yöntemlerle elde edilemeyen petrol kaynakları oluşturmaktadır. Siyah renkli katrana benzer ve bitüm olarak adlandırılan bu tür petrol, bazı kumtaşlarının ve kilttaşlarının (katılaşmış çamurlar) gözeneklerinin içinde yapışık halde bulunmaktadır. Bitüm normal şartlarda bu tür formasyonlar içerisinde rahatlıkla akamadığı için doğrudan üretilmeleri ancak açık işletmelerden yapılan madencilik faaliyetle-

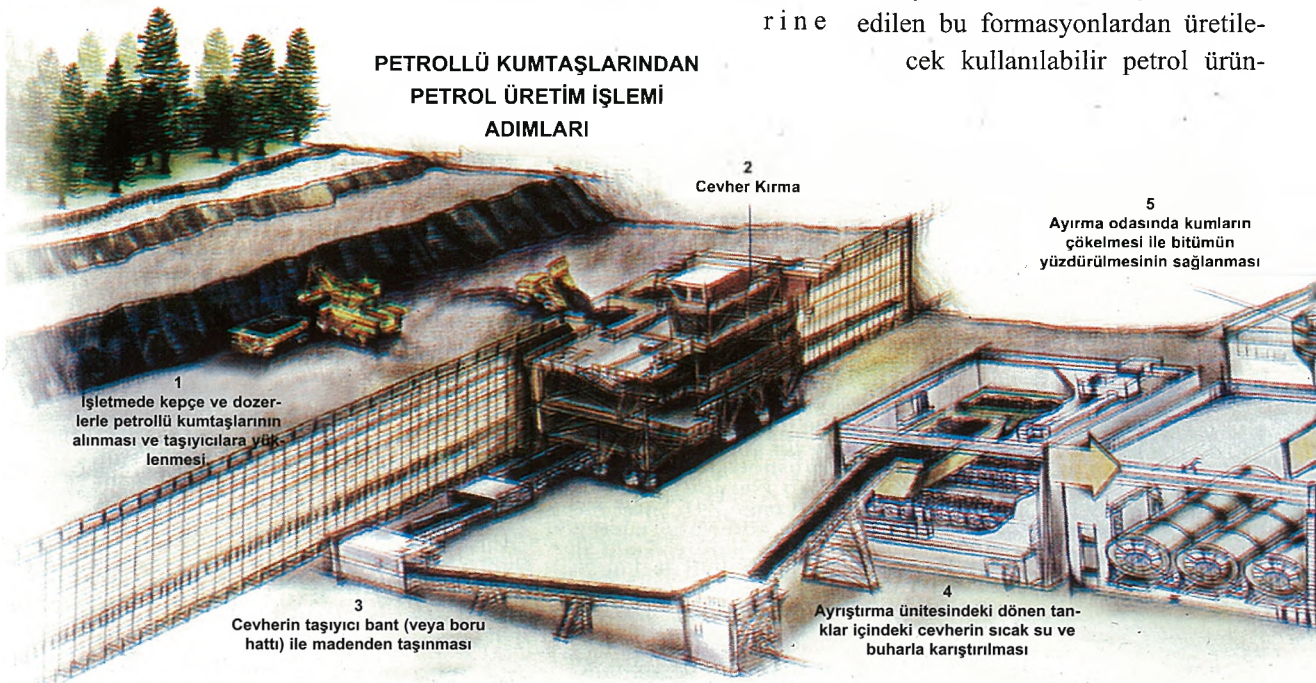
bağlıdır.

Dolayısıyla petrol üretmek amacıyla yapılacak bu tür bir kazı madenciliği işlemi alışılmış petrol üretimine oranla çok daha zordur. Ancak petrol açısından çok büyük bir kaynak oluşturması, bitümlü formasyonların gözardı edilmelerini engellemektedir. Bugün için sadece Kanada Alberta sahasındaki petrollü kumtaşlarından mevcut üretim tekniği ile elde edilebilecek petrol miktarı 300 milyar varildir. Bu petrol rezervi bugün Suudi Arabistan'daki bilinen petrol rezervlerinden daha fazladır. Petrollü şeyller ise kumtaşlarına oranla daha az petrol sağlamasına karşın Avustralya'daki bu formasyonlar en az 28 milyar varil petrol içermektedir. Diğer yandan Estonya, Brezilya, İsveç, ABD ve Çin'de yeraltındaki petrollü şeyllerin varlığı bilinmektedir. Özetle halen dünyada bilinen tüm petrollü kumtaşları ve şeyllerin içerdiği petrol miktarı birkaç trilyon varildir.

Ancak, bu müthiş potansiyel petrol rezervinin ne kadarının ekonomik olarak elde edilebileceğini söylemek ise zordur. Çünkü sözü edilen bu formasyonlardan üretilen-

cek kullanılabilir petrol ürün-

## PETROLLÜ KUMTAŞLARINDAN PETROL ÜRETİM İŞLEMİ ADIMLARI





lerinin elde edilmesi zor bir işlemi gerektirmektedir. Suncor Energy Şirketi bu konuda fiilen faaliyet gösteren dünyadaki iki şirketten biridir. Şirketin Kanada'daki kuzey Alberta bölgesindeki petrolü kumtaşlarında sürdürdüğü madencilik faaliyetleri yıllar öncesine gitmektedir. Ayrıca aynı bölgenin yerlilerinin Athabasca Nehri kıyılarındaki balçıklardan elde ettikleri yapışkan bitümü kanolarındaki delikleri kapatmak için kullandıkları bilinmektedir.

Oldukça yakın bir tarih olan 1893 yılında, Kanada hükümeti ilk kez bu 'katranlı kumlar'ın petrol için potansiyel kaynak olup olamayacağına araştırılması için yapılan çalışmalar desteklemiştir. Alberta Araştırma Merkezi'nden Karl A. CLARK, 1920 yılında ilk kez bu petrolü taşlardan pratik olarak bitümün elde edilmesi için bir yöntem geliştirmesinden sonra konu tekrar gündeme gelmeye başlamıştır. Araştırmacı yöntemini evdeki çamaşır makinasına biraz asfalt koyup üzerine sıcak su ve kostik soda ekleyerek işleme tabi

6  
Ayrım odasından çıkan pasanın tesis yakınındaki çöktürme havuzlarına alınması (Buradaki su tesiste tekrar kullanıma sokulur.)

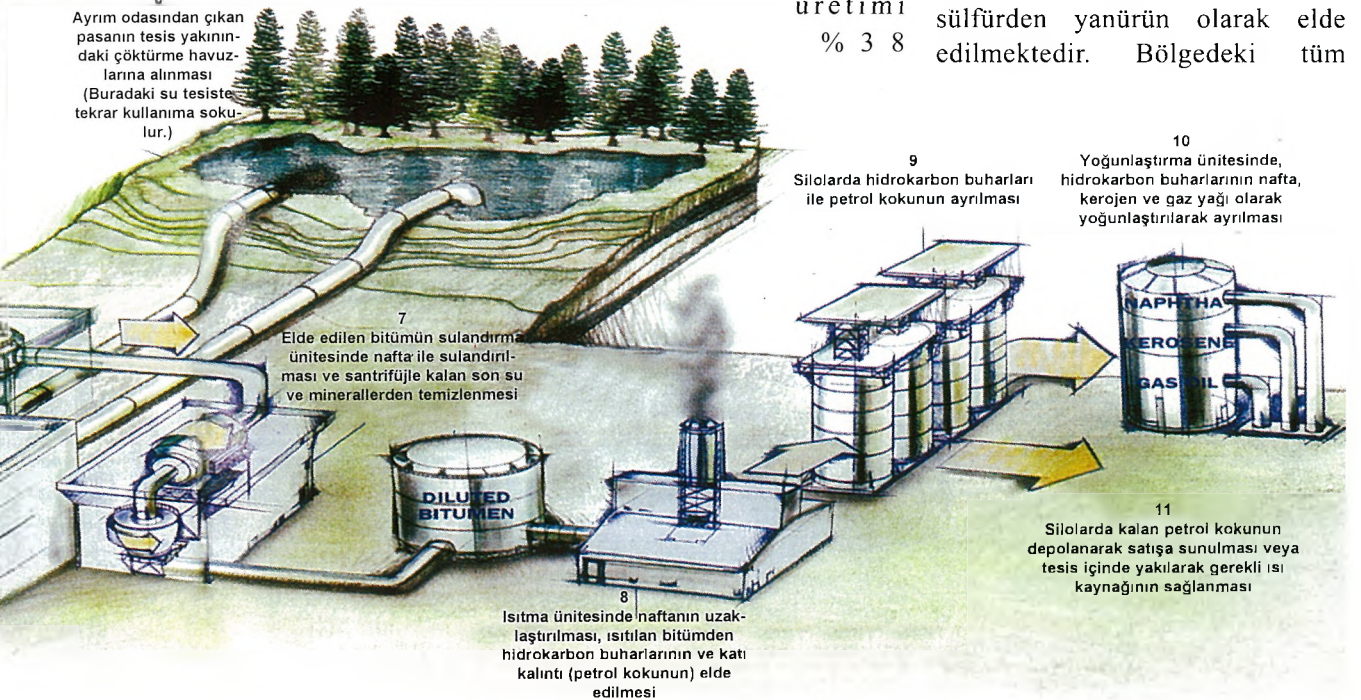
tutmuş, sonuçta bitümün su yüzeyinde köpüklü sünger gibi bir tabaka halinde yüzdüğünü ve bu katmandan bitümün kolaylıkla elde edilebileceğini göstermiştir. Clark yöntemi olarak da bilinen bu yöntem açık bir şekilde uygulanabilir özelliğe sahip olmasına rağmen uzun yıllar sadece fikir düzeyinde kalmıştır. Ancak, ilk kez 1967 yılında Suncor Energy Şirketi'nin temelini oluşturan Great Canadian Oil Sands Ltd. Şirketi bölgedeki petrolü kumtaşlarında büyük ölçekli madencilik faaliyetine başlamıştır. 1970'li yıllarda petrol fiyatlarının artması da madencilik faaliyetinin devamına katkı sağlamıştır. Ancak işletmede kullanılan ekipmanın kullanım dışı kalmasıyla madencilik faaliyetlerine 1992 yılına kadar ara verilmiştir. Bu tarihte Suncor, tesisin modernize edilmesi ve petrol üretim maliyetinin düşürülmesine yönelik yoğun çaba içine girmiştir.

Geçen 5 yıldır Suncor Şirketi bu madenden güncel petrol fiyatlarına uygun oldukça ekonomik üretim yapmaktadır. Aynı zaman sürecinde petrol

üretimi  
% 3 8

artmış ve yılda 28 milyon varil alışımlı olmayan yöntemle petrol üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu gelişme büyük bir olasılıkla gelecekte hızlanarak devam edecektir. Doğal olarak bu faaliyetler sırasında çevreye verilebilecek zararın en az olması için dikkat edilmesi gerekliliği faaliyetlerin kısmen yavaşlamasına neden olabilecektir.

Madencilik faaliyetleri sonunda ortaya çıkan pasalar için özel ilgi gösterilmektedir. Su ve kumdan oluşan çamurlu karışımdan itibaren iri taneli malzemeler hızlı bir şekilde çökelmektedir ve bu malzeme tekrar işletme yapılan zemine geri gönderilmektedir. Ancak arta kalan su birçok ince taneli malzeme içerdiğinden bunun işletme yanındaki havuzlarda tutulması gerekmektedir. Böylece maden sahası yakınındaki nehir ve ırmakların kirlenmemesine dikkat edilmektedir. Normalde bu havuzlarda tutulan su içerisindeki çok ince malzemenin dibe çökmesi yüzyıllar sürebilir. Ancak yapılan araştırmalar neticesinde havuza jips eklenmesi ile çökme süresi 10-20 yıla indirgenmektedir. Burada kullanılacak jips üretilen petrolden uzaklaştırılan sülfürden yanürün olarak elde edilmektedir. Bölgedeki tüm







madencilik faaliyetleri sonunda bozulan doğal zemin özellikleri, işletme sonunda tekrar benzer özellikleri yansıtabilecek hale getirilecektir. Bu konuda Suncor Şirketi tüm harcamalarının 1/6'sını madencilik faaliyetleri nedeniyle bozulan çevrenin zararlarını gidermek amacıyla kullanmaktadır.

Bu tür açık işletmelerin yanısıra derinde gömülü bulunan petrolü kumtaşları ve şeyllerden petrol üretimi için alternatif bir teknoloji de kullanılabilir. Buhar destekli graviteye bağlı akıtma yöntemi olarak adlandırılan bu alternatif teknolojiye göre yer altındaki petrolü formasyona buhar enjekte edilerek kayaç boşluklarına yapışık halde bulunan petrolün inceltilmesi ve akışkan hale geçmesi sağlanmaktadır. Daha sonra alışımlı petrol

üretiminde kullanılan ekipmanla petrolün yeryüzüne çıkarılması sağlanmaktadır. Bu teknoloji halen Suncor ve Alberta Enerji şirketleri tarafından denenmekte olup olasılıkla gelecekteki petrol üretiminde kullanılacaktır.

Suncor Şirketi'ndeki mühendisler daha önce William Taciuk tarafından gerçekleştirilen ve petrolü kayaçlardan petrol elde etmeye yönelik diğer bir yöntemi de araştırmışlardır. Bu yöntemle petrolü kumtaşları ve şeyller, kırma ve öğütme işleminden sonra tank biçimli dev bir fırında kavrulmaktadır. Ancak yapılan araştırmalarda bu yöntemin petrolü kumtaşlarından çok petrolü şeyler için çok daha uygun olduğu görülmüştür. Avustralya'da Suncor Şirketi ile Avustralya'lı Güney Pasifik Petrol ve Orta

Pasifik Mineralleri şirketlerinin birlikte yaptıkları pilot tesislerden eğer olumlu sonuçlar alınırsa gelecek 10 yılda Avustralya'daki tüm petrolü şeyllerden petrol üretimi endüstrisi gelişecektir.

Sonuç olarak dünyada halen alışılmış yöntemlerle yapılan petrol üretimi gün geçtikçe azalmaktadır ve önümüzdeki yüzyıl içinde dünyanın temel enerji kaynağını bitümlü kumtaşları ve şeylleri oluşturacaktır.

#### **Çeviren: A. Hakan Saka**

Jeoloji Yüksek Mühendisi,  
Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü  
Maden Etüt ve Arama Dairesi

George, R.L. 1998 Mining for Oil *Scientific American*  
March 1998, 66-67.



# “Kaynak”tan “Düşünce Yatağı”na Felsefe Tarihi’nde dolaşan düşünce izleklerindeki yerbilgisi

*"Nulla Vestiga  
Retrorsum!"*

[Hiçkimsenin izine rastlamayana  
dek geriye git!]

Bir Latin atasözü

Felsefe tarihi, başsız sonsuz (*perennial*) diye nitelenegelen birtakım felsefe sorularının düşünce yoluyla soruşturulduğu bir tarih olduğu kadar, söz konusu soruşturmayı ilk elden yürüten düşünme yetisinin de aralıksız kavranmaya çalışıldığı bir tarihtir. Nitekim düşüncenin başladığı "yer" diye görülen "Eski Yunan Felsefesi"nden bu yana süregelen uzun düşünme serüveni boyunca hemen her filozof, bir yandan belli başlı felsefe soruları üzerine düşünürken, öbür yandan tam da bu soruları düşünebilmeyi olanaklı kılan düşünme yetisi üzerine de ayrıca düşünmeyi doğru düşünmenin, *felsefeye düşünmenin*, olmazsa olmaz bir gereği saymıştır.

Kuşkusuz felsefe, doğası gereği, varolan bilgi uğraşları içinde düşünümü (reflexive) olma niteliği taşıyan tek düşünsel etkinliktir. Bu nedenledir ki, ele aldığı sorunlar ya da konular üzerine düşünürken ortaya çıkan düşüncelerle yetinmeyip bu düşünceleri ortaya çıkaran düşünme edimi üzerine de düşünür. Filozoflar da felsefeye düşünmenin



*Felsefeye düşünme çok büyük ölçekte “yer” yönelimli bir dile yaslanmaktadır. Filozofların düşüncelerinin büyükçe bir bölümü hep “yer bildiren” bir eğretilenme dağarcığı ile beslenmekte ve daha da önemlisi filozoflar hemen tüm soruşturmalarını belli yerbilgisi içgörülerini doğrultusunda yürütmektedirler.*





bu ayırt edici özelliği uyarınca, düşüncenin nereden geldiği, düşüncenin nasıl olanaklı olduğu, düşüncenin nasıl ilerlediği gibi birtakım "düşünbilgisi" sorularını kimileyin geliştirdikleri felsefenin bütün bir yapısıyla birden, kimileyin de bu tür soruları özgül birer soru olarak yanıtlamaya büyük bir özen göstermişlerdir.

Bu yazımızda felsefe tarihinde dolaşımda bulunan birtakım canalcı soruşturma izleklerine (temalarına), egemen düşünce tasarımlarına, belirleyici olmuş evren kavrayışlarına değinerek, felsefeye düşünmenin çok büyük ölçüde "yer" yönelimli bir dile yaslandığını, filozofların düşüncelerinin büyükçe bir bölümünü hep "yer bildiren" bir eğretileme dağarcığıyla beslediklerini, daha da önemlisi hemen tüm soruşturmalarını belli yerbilgisi içgörülerini doğrultusunda yürüttüklerini göstermeye çalışacağız. Daha açıkça söylersek, felsefedeki sorun örgülerinin, kavram çatılarının, uslamlama yapılarının, kısacası bir bütün olarak felsefe etkinliğinin belli bir yerbilgisi birikimi olmadan olanaksız olduğu savını temellendirmeye çalışacağız. Bu savın

düşünce açısından ne gibi içerimleri olabileceğini ise yazının daraltılmış kapsamı nedeniyle yalnızca sezdirmekle yetineceğiz.

*Yerbilim Terimleri Sözlüğü*, "yerbilim" adlı bilim kolunu kısaca şöyle tanımlıyor: Yer in ve yerdeki yaşarlığın gelişme tarihini, yerkabunun bileşimini, yapı koşullarını ve evrimlerde egemen olan güçleri inceleyen bilim." (Hamit Nafiz Pamir ve Önder Öztunalı, *Yerbilim Terimleri Sözlüğü*, Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara, 1971, s. 134.) Bu özlü yerbilim tanımı, kuşkusuz ilk bakışta yer kavramının genelde düşünceyle özeldyse düşünce diliyle arasında ne gibi bir bağlantı olabileceği yönünde pek bir şey söylemiyor. Bu yüzden öncelikle, düşünbilgisi ile yerbilgisi arasında böyle bir bağlantıyı kurabileceğimiz bir ortaklık bulgulamak zorundayız. Böylesi bir ortaklık, usa dayalı düşüncenin daha yeni yeni filizlendiği düşünsel bir ortama dönülerek; Thales, Anaximenes, Anaximandros, Parmenides, Heraklitos, Parmenides gibi "Socrates öncesi" ilkçağ filozoflarının düşünüşlerinde, düşüncelerini dillendirdikleri belli

başlı felsefe tasarımlarından kalkarak kurulabilir.

Felsefe, felsefe tarihini dönemlere ayırma çabalarından da görüleceği üzere, çoğunluk Socrates öncesi felsefeyle, en temel anlamda da "arkaik" bilinç durumunun bırakılmasıyla başlatılır. Arkaik bilincin egemen olduğu söylencelerle örülü kavrayış çerçevesinde(n) yapılan hemen tüm açıklamalar, anlam bakımından sınırları us'un kurallarıyla iyiden iyiye çizilmiş kavramlara, ilkelere, düşüncelere dayanarak değil; somut varlıklara öykünen benzetmeler kurarak, doğa üstü güçlerden yardım alarak, usdışı imgeler yaratarak yürütülmekteydi. Bir kanıtsavdan (aksiyom), bir düşünceden ya da bir önermeden bir başkasına mantıksal yolla ilerleyerek belli varlıklara ulaşan usyürütmeye (*discursive*) dayalı düşünme alışkanlığı edinmiş şu ya da bu düşünce uygarlığının üyeleri için, bu çağrışımlarla bezeli düşünme yordamını kavrayabilmenin felsefe öncesi bir kavrayış konumuna geçmeyi zorunlu kıldığı açıktır. Bununla birlikte, gerek arkaik düşünme düzeninde olsun gerekse arkaik yaşam dünyasında olsun, yer yönelimli izleklerin Socrates öncesi felsefeye göre daha da egemen bir konumda oldukları kuşku götürmez bir olgudur.

Arkaik kavrayışın bırakılış sürecindeki en belirgin kırılma noktalarından biri, doğrudan usu göreve çağırarak "soru sorarak düşünme geleneği"nin başlayışıdır. Nitekim doğa felsefecileri diye de anılan Socrates öncesi filozoflar, bir yandan günümüzde halen yanıt aranmakta olan "oluş", "bilgi", "varlık", "algı" gibi pek çok görüngünün "neleklerini" anlamak amacıyla çeşitli felsefe soruları inşa ederlerken, öbür yandan bu sorular üzerine ilkörmek teşkil edecek birtakım özgül düşünme yordamları geliştirerek usa dayalı düşünme geleneğini başlatmışlardır. (Bu gelenek günümüze gelinene değin çok büyük ölçüde





geçerliliğini korumuştur. Ne var ki söz konusu düşünme alışkanlığı, Nietzsche ile Heidegger'in başını çektiği pek çok yirminci yüzyıl düşünürünce düşünme ediminin gerçek doğasıyla çelişmesi bir yana ahlaksal, toplumsal, siyasal bir yığın sorunun da asıl kaynağı olarak gösterilmiştir.)

Sokrates öncesi felsefe duruşuna göre, soru sormayı öğrenmek de soru sorarak düşünmek de dünyanın, yeryüzünün, evrenin neden yapıldığı sorusu, yani "İlk ilke (Arche) nedir?" sorusu sorularak başlıyordu. Sorulan bu ilk sorunun daha ilk bakışta yerbilimin ana soruşturma izlencelerinden biriyle taşıdığı yakınlık açıktır. İlk (proté) soruyu soran bu filozoflar, kendilerinden önce olduğu üzere soruya birtakım "söylencebilim" ile "tanrıbilim" kaynaklı dinsel sayılıtların iş başında olduğu doğaüstü açıklamalar getirmek yerine dünyanın yapıtaşını yine dünyada varolan doğal öğelerle açıklama yoluna gitmişlerdir. Anamaddenin Thales "su", Anaximenes "hava", Heraklitos "ateş" olduğu açıklamasını getirmiş; Anaximandros *apeiron* dediği "belirsiz" ya da "sınırı ol-

mayan" anlamına gelen metafizik bir arche anlayışı geliştirerek yeni açıklama olanakları sunmuş; Empedokles dört öğeyi birden anamadde olarak belirleyerek bileşik ilk ilke düşüncesine varmıştır. Derken Demokritos ile Anaxagoras önderliğindeki ilkçağ atomcuları tekçi ilk ilke anlayışını bırakarak çoğulcu ilk ilke anlayışına geçmişler, böylelikle de "ilk ilke tasarımı"nda boy veren tarihin bilinen bu ilk ussal düşünce yapısının evriminin son aşamasına geçilmiştir.

İlk ilkeye dayalı dünya tasarımıında yanıt aranan (verili) dünyanın gerisinde, başlangıcın öncesinde yatanın ne olduğu, dünyanın nasıl var olmaya başladığı, varoluşu neyin başlattığı gibi sorular yardımıyla "başlama olgusu"nun kaynak izleği doğrultusunda kavranılmasıdır. Bu yüzden söz konusu düşünürlerden elimize ulaşan sayıca sınırlı, çoğu da bölük pörçük nitelikteki parçaların birçoğuna bir "başlangıç metafiziği" ya da bir kaynak arayışı diye bakılabilir. Özünde yerbilimin sözdağarcığından devşirilmiş olan kaynak eğretilmesi, "düşüncenin kaynağı", "varlığın kaynağı", "yaşamın kaynağı" gibi ad öbekleri altında

filozofların ana soruşturmalarına yön çizer olmuştur. Nitekim, "kaynak" izleği sonradan kurulmuş onca felsefe dizgesinin de kimileyin belirgin kimleyin de belli belirsiz yönelimlerinden biri olmayı yüzyılımızda yaşanan derin düşünce bunalımına gelinene dek sürdürecektir.

Hemen burada yukarıda andığımız sözlüğün "kaynak" maddesinde neler denildiğine kulak vererek ilerleyelim. Sözlük şöyle tanımlıyor kaynağı: "Yeraltı suyunun doğal olarak [kendiliğinden] yeryüzüne çıktığı yer" (a.g.y., s.779). Şimdi bu yerbilim teriminin tanımını biraz önce değindiğimiz ortaklığı kurmak amacıyla bir de felsefe gözüyle işleyip irdeleyelim. Tanımda ilk olarak dikkat edilmesi gereken nokta, oldukça önemli bir ayrımın daha baştan varsayılarak tanımın veriliyor oluşu. Kaynak teriminin *neliği*, "yeraltı" ile "yeryüzü" arasında yapılan ayrım üzerine temellendiriliyor. Tanımı felsefi bir dille yeniden yazacak olursak, kaynak yerin altında bulunan bir şeyin yerin üstünde çıktığı yerdir. İşte buradan yani kaynaktan, pek çok varlıkbilgisi kategorisini de pek çok varlıkbilgisi sorununu da kurmak



olanaklılık kazanır - yeter ki yerin altındaki bir şeyin belli bir yerden yeryüzüne çıktığını, yerin altından yerin üstüne çıkan bir şey(ler) bulunduğunu kabul edin. Kaynak teriminde tanım gereği yatan yer-altı/yerüstü ayrımı, Yunan felsefesinin ola ki en önemli ayrımlarından biridir, çünkü hemen tüm Yunan düşünürlerinin sorgulama gereği dahi duymadan kullandıkları, düşünüşlerini belirleyen temel bir sayılıdır. Ancak kaynak teriminin felsefe açısından asıl önemi, bir başka deyişle filozofların bu terimsiz düşünemez oluşlarının nedeni, terimin aslında "başlangıç" düşüncesine, bir biçimde başlayabilme sorununa yanıt olmasında yatar. Bu anlamda ilk ilke (kaynak) tasarımıyla yalnızca dünyanın hangi maddeden oluştuğu değil, ne zaman oluştuğu, yani dünyanın ne zaman başladığı sorusunun da bina edilmiş olduğu söylenebilir. Aynı soruyu kaynağı olduğu düşünülen, kaynağı aranan herşey için ayrıca sormak olanaklıdır. İnsan ilk ne zaman varoldu, düşünce ne zaman başladı, evren ne zaman kuruldu, hatta zaman ne zaman başladı diye. Öyleki ilerleyen yüzyıllar ile birlikte, her bir soru aracılığıyla ayrı ayrı kollardan yürütülen kaynak arayışı, bir yandan felsefenin araştırma damarlarının dallanıp saçaklanmasına, öte yandan da giderek genişleyerek tüm bir düşünce tarihi gövdesini sarmasına yol açacaktır.

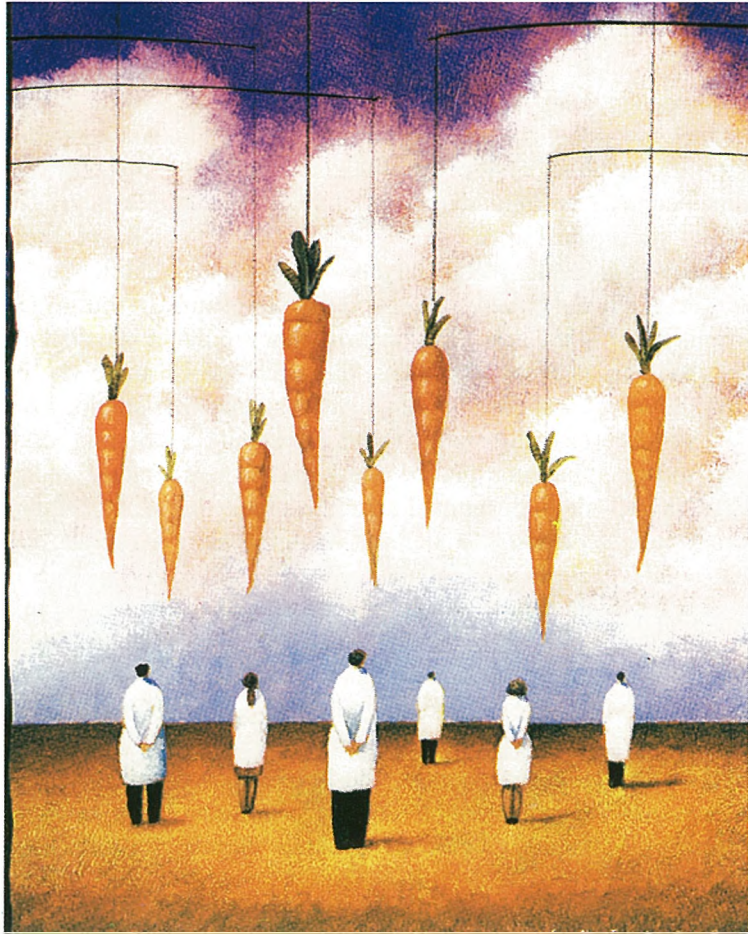
Düşüncenin temelini çok büyük ölçüde yer bildiren terimlerle atmış Sokrates öncesi fel-

sefenin kapanışıyla birlikte, gerek düşünmenin gerekse düşünme dilinin artık iyiden iyiye yer bildiren terimlerle iş görür olduğuna tanık oluruz. Bu anlamda Sokrates öncesi felsefe konuşmayı yeni sökmeye çalışan bir çocuğun alıştırmalarıysa, Sokrates sonrası felsefenin çocuğun yeni yeni söktüğü dilde giderek yetkinleşmesiyle konuşma ustalığına erişti olduğu söylenebilir.

Sözgelimi, Platon "Görünürdeki Dünya"yla da (Duyular Dünyası), "İdealar Dünyası"ndaki (Düşünler Dünyası) gerçek varlıkların birer gölgesi diye gördüğü bu dünyadaki kopya nesnelere de yetinmeyip, görünen şeylerin "İdealar Dünyası"ndaki gerçek hallerini anımsama zorunluluğuna dikkat çeker. Bir başka deyişle, düşüncenin ya da varlığın kaynağına yeniden dönmek isterken, dönülmesi gereğine dikkat çekerken tüm bir düşünme yapısını özünde yine kaynak izleğinden kurar. Hemen farkedileceği üzere, kaynak tasarımında içerilen yeryüzü ile yeraltı ayrımı Plato'nun elinde bu

kez başka bir ayrıma, "Görünüşler Dünyası ile Gerçekler Dünyası" ayrımına bürünmüştür. Ayrımın Platon'un elinde böylesi bir başkalaşıma uğrayışı açık ki Sokrates öncesi felsefenin kaynak tasarımının da bir başkalaşım geçirdiğinin kanıtıdır. Nitekim, Platon anımsanması gereken unutulmuş bir kaynağa (İdealar Dünyasına) diyalektik yöntemle insanın geri dönmek gibi bir ödevi olduğunun altını çizirken, felsefenin neredeyse bütün çerçevesini kaynaktan uzaklaştığı, kaynağın uzağına düşüldüğü olgusuna göre biçimlendirir. Burada dile gelen "kaynak özlenesi (nostaljisi)" diyebileceğimiz, felsefece de bir hayli derinliği bulunan felsefece duyuş durumu, çeşitli evrimlere uğrayarak yüzyılımızda Heidegger'in Varlığın unutulmuş sesini duymaya yönelik çağrısında yeniden karşımıza çıkar. Gerçi Heidegger kaynaktan çok daha uzaklaşmış bir yüzyılın düşünürü olması nedeniyle, felsefe için kaynağın yani başlangıcın yeri için ister istemez daha yakın bir başlangıç önerir: "Felsefe, gerçek düşünce yurt özlemiyle başlar." Bu aslında yirminci yüzyılda düşüncenin geldiği yerin kaynaktan ne denli uzak bir yer olduğunun da çarpıcı bir savsözle açığa vuruluşudur. Görünen o ki, kaynak gibi halis bir yerbilim teriminin salt felsefe tarihindeki dolaşımını izlemek bile başlı başına ilginç bir düşünsel deneyim olmaya adaydır; tıpkı bir yerbilimcinin kaynağın yerini bulgulamak için kaynağın yönünü belli eden birtakım izleri okuyarak kaynağın izini sürmesi gibi.

Kaynak izleği, kursuz bir bölümleneci, şeyleri ayrılabilir en





küçük yapıtaşlarına dek ayırmayı bilen usta ayırmacı Aristoteles'in felsefesinde gene iş başındadır. Aristoteles yeryüzü'nde olan bitenlerin Platon'un yaptığı gibi bu denli hafife alınamayacağını kesinledikten sonra, düşüncenin kaynağının da yatağının da varlık denizine döküldüğü yerin de bu dünyada temellendirildiği bir düşünce dizgesi çıkarır ortaya. Dünyayı "devinmeyen devindirici" dediğiyle başlatır, bunun dışında bir önem yüklemeyeceği kaynağı ayrıca soruşturma gereği duymaz. Kaynak yapması gerekeni yapmış, yeryüzüne bir devinim kazandırdıktan sonra yeryüzünün devinisine bir daha müdahale etmemiş, kendi devinisine bırakmıştır yeryüzünü. Aristotelesçi düşünme konumunda, kaynağın işlevi yani başlangıç noktası belirlendikten sonra, ayrıca bir kaynak

araştırması ya da kaynak felsefesi yapmanın gereği kalmamıştır artık. Önemli olanı başlangıçtan bu yana olmakta olanların dizgeli bir yolla bilinmesi, ilerde olacakların mantıksal olarak öngörülmesidir. Aristoteles bu amaç uyarınca ilkece bilenebilecek her ne varsa araştırmış, yüzyıllar boyunca doğruluğu tartışmasız kabul edilecek koca bir bilgi dağarcığı sunmuştur. Aristoteles'in bu denli başarılı oluşu kuşkusuz kaynak tasarımı bir şekilde alt etmeyi başarmış olmasından ileri geliyor olsa gerektir. İlkçağ felsefesi "kaynak" gibi anlamca doğurgan birtakım yer bildiren terimlerle varlığın düzenini, doğasını, oluşunu araştırmayı çok büyük ölçüde yine yerbilgisinin sağladığı olanaklarla gerçekleştirmiştir.

Yakın dönemlere değin "karanlık" diye nitelenegelen ortaçağa ge-

lindiğindeyse, bu dönemde düşünülmüş olanları, yapıp edilenleri ola ki çağcıl önyargılardan kurtularak değerlendirmek için biraz daha incelelikli bir bakışla bakmak gerekir, tıpkı Fransız bilim tarihçisi ve bilim felsefecisi Alexandre Koyre gibi. Koyre, Ortaçağın gerçek düşünsel ruhunu yansıtmak amacıyla ortaçağ düşünürlerinin bıkıp usanmadan yanıt aradıkları, biz çağcılların düpedüz saçma bulacağı şöyle bir tartışma sorusuna değinir: "Bir toplu iğnenin başına 1000 mi yoksa 1001 mi ruh (melek) kanadı sığar?" Bu "saçmasapan" soru Koyre'ye göre aslında hiç de öyle değildir, çünkü ortaçağ'lı meslektaşları aslında ruh yer kaplar mı yoksa kaplamaz mı gibi derin bir soruyu soruşturmaktadırlar.

Burada yer teriminden daha da önemlisi "yer kaplama" eylemce-





sidir, çünkü bu eylemce bizi doğrudan doğruya felsefe düşüncesinin çok temel bir özneliliğine götürür: varlığın ya da varolmanın yer kaplama yüklemine dayanak yapılarak soruşturuluyor oluşuna. Nitekim felsefe tarihinde varlık ile yokluk gibi iki temel varlıkbilgisi kategorisi uzunca bir süre yer kaplama yüklemi doğrultusunda belirlenir olagelmıştır. Gözükten o ki, felsefenin en önemli kollarından varlıkbilgisinin, varlık ile yokluk ikiliği temelinde yerbilgisiyle yan yana geliyor olması hiç de yabana atılmaması gereken bir ortaklıktır. Gerçi bu ortaklık düşüncesinin ilk izlerini yine Aristoteles'in erek yönelimli (*teleolojik*) evren kurgusunda belirttiği bir düşünsel eğilimde bulmak olanaklıdır. Aristoteles, "evrende varolan (devinen) herşeyin havaya yükselen dumandan tutun da fırlatılan öka dek "doğal yerine dönme çabası içerisinde" olduğunu ileri sürer. Aristoteles boşlukta devinimin olmayacağı düşüncesinden kalkarak boşluğu yerden saymaz. Bu nedenle Aristoteles'in dile getirdiği "evren boşluktan tiksindir" sözü, pek çok konuda olduğu gibi tüm ortaçağ boyunca pek çok varlıkbilgisi araştırma izlencesinin uymak zorunda olduğu bir ilksavdır. Bu ilksava göre, varlık araştırması boşluğun olumsuzlanıp doluluğun olurlandığı bir yer araştırmasıyla bir görülür, doluluksa zorunlu olarak doldurulmuş yani varlık kazandırılmış bir yerin olduğu düşüncesini imler.

Modern felsefenin kurucusu Descartes ile birlikte işler, düşünme eyleminin bir bütün olarak kurulan felsefe dizgesiyle temellendirmek yerine sorunun özgül bir felsefe sorunu olarak başlı başına araştırılmaya başlanmasıyla birlikte epeyce değişmeye başlar. Artık sorunsuz, çelişkiler içermeyen, düşüncelerin birbirine dolaşmadığı "açık seçik" bir düşünme ya da kavrayış arayışı felsefe gündeminin birinci sorunu konumuna gelir. Zaman içinde düşüncenin başlangıçtaki açık se-



çikliğinin yitirildiğinin, karışık ya da çapraşık düşünölmeye başlandığının da alttan alta olurlanmasıdır bu. Daha da önemlisi, geçmişten gelen yerbilgisi yüklü düşünce terimlerinin kuşku sınamasına tutulmalarının önünü açar bu gelişme. Bundan böyle felsefenin baş koşulu, yöntemli bir kuşku aracılığıyla ilkece kuşkulanılabilecek herşeyden kuşku duyarak düşünceleri tek tek elden geçirmektir, ta ki kendisinden kuşkulanılmayacak bir şeye, kendisinden kuşku duyulamayacak bir yere varana dek. Nitekim Descartes da bilgi kuramını elden geldiğince yöntemli bir kuşkuyla denetleyerek kurarken, sonuna dek götürölmüş bir ilkçağ kuşkuculuğu önermeyip bir "yer"de durulup kuşkuya son

verilmesi gerektiğini bildirir.

Felsefe tarihinde ilk kez yöntem üstüne bu denli yöntemlice yoğunlaşmış olmasının önemli bir içerimi vardır. Yöntem felsefe açısından Descartes'ın dilinde doğru-düzgün, yanlışa düşmeden us yürütmek anlamına gelir. Yöntem düşüncesi üzerine yapılan son derece güçlü vurgunun doğal bir sonucu, felsefenin gündemini uzunca bir süre düşüncenin haritasını çıkarmak gibi bir amacın peşine düşülecek olmasıdır. "Düşünce Haritası" izleği, bize ister istemez "yerbilim haritası" terimini çağırıştırıyor, terimin filozoflarca kullanılmasının nedenlerini filozoflara sunmuş olduğu düşünce olanaklarına kısaca bakarak görmek olanaklı. Sözlük şöyle



tanımlıyor terimi: "Çeşitli yerbilim katmanlarını başka başka renk ya da imlerini gösteren topograf haritası"(a.g.y., s.135). Tanımın felsefe açısından ilk içerimini belirgileştirecek olursak, tanımda geçen yerbilim "katmanları" deyişi bizi doğrudan doğruya düşünce "katmanları gibi" bir başka önemli felsefe izleğine taşır. Felsefe tarihinde bu izlek doğrultusunda düşüncenin çeşitli katmalara ayrılışına, her birinin ayrı ayrı incelenişine tanık oluruz. Sözgelimi bu katmanlardan ilki genelgeçer, öğrenilmiş, herkesçe tartışmasız onaylanan "ortakgörü" katmanıdır. Birçok felsefeciye göre, ortakgörü düşüncenin en sıg, en yüzeysel, en yetersiz çoğunluk belli önyargıların, gelenek ile göreneklere dayalı inanç ya da kanıların, yerleşik kalıplaşmış bilgilerin taşındığı geçirimsiz bir katmandır. Daha çok sıradan, sokaktaki insanın düşünme alışkanlarına karşılık gelen bir düşünme katmanıdır. Bu yüzden, felsefeye dolayısıyla da felsefeciye düşen bu katmanla kalmayıp daha derinlere inerek, öteki düşünce katmanlarını soruşturmak, "katmanbilgisi"ni genişletmek, düşünce evrenindeki "katman bilgisi eksikliği"ni gidermektir. Katmanın felsefe yeterliğinin "derinlik" ile "sıglık" gibi iki yerbilim nitelemesiyle belirtilmesi yerbilimin felsefeyle ne denli içli dışlı olduğuna gene kanıt oluşturuyor gibidir.

Felsefe tarihi boyunca, çeşitli düşünce akımları ya da okullarınca en doğru, en sağlam, en şaşmaz bilginin hangi düşünce katmanından geldiği konusu pek çok bilgi kuramının temel sorunlarından biri olmuştur. Sorun bir yer bilim terimine dayanarak bina edilince, soruya verilecek yanıtların da oluşturulacak felsefe duruşlarının da "bölge", "alan" "plato" "toprak" gibi yer bildiren pek çok başka yerbilim terimlerinin sunduğu düşünme çağrışımlarıyla aranacağı açıktır. Katman eğretilmesinden yola çık-

mış yirminci yüzyılın önde gelen düşünürlerinden Foucault'nun elinde felsefece soruşturmanın özünde bir kazıbilim olarak belirlenişine dek gider.

Descartes'ın başlattığı modern felsefeyle birlikte filozoflarının yer tasarımında önemli değişiklikler başgösterir. Nitekim Descartes düşüncenin doğru yürümesi için doğru yöne yönelerek yol alması gerektiğini düşündüğünden *Yöntem Üzerine Konuşma* başlıklı yol gösterici bir kitap yazma gereği duymuş, bununla da yetinmeyip *Akılın Yönetimi için Kurallar* adlı yapıtında konunun önemini derinlemesine incelemiştir. Çağdaşı sayabileceğimiz Spinoza aynı sorunun yanıtını kurduğu dizgenin sürekli sağlamsanı yapmak amacıyla hep canlı tutmuştur. Hatta felsefe tarihinin başyapıtlarından *Ethica* adlı yapıtını yazmaya girişmezden önce *Ethica'yı* anlamayı, *Ethica'da* kurulmuş felsefe dizgesini daha kolay kavranır kılmak amacıyla bitirmeden bıraktığı kitabın başlığı da özünde aynı soruya yanıt arandığını gösterir. *Kavrayış Gücünün İyileştirimi Üzerine İnceleme*. Bitmemiş bu önemli yapıtın altbaşlığı daha da ilginçtir. *Kavrayış Şeylerin Gerçek Bilgisine Götüren Yol Üzerine*.

Artık açık açık "yol" izleğiyle felsefe yapmaya başlayan bu düşünme yapısında, zaman içersinde yol izleğinin de bırakılıp "ırmak yatağını" anıştıran "düşünme yatağı" izleğine geçilmesi söz konusudur. Bu yeni düşünce yapısıyla da gene yerbilim terimlerinden beslenerek kurulmuş koca koca felsefe dizgeleriyle karşılaşılır. Geçmişten gelip geleceğe uzanan, üzerinde yürünen bir yol ya da içerisinde düşünülen bir yatak vardır hep, yeter ki akış halinde oluşunu sürdüren bir şey olsun. Felsefe bundan böyle ne kaynak arayışıdır, ne de başlangıç. Jasper'ın deyişle "felsefe yolda olmaktır" artık.

Son çözümlenmede, felsefe tarihindeki önemli düşünce devrim-

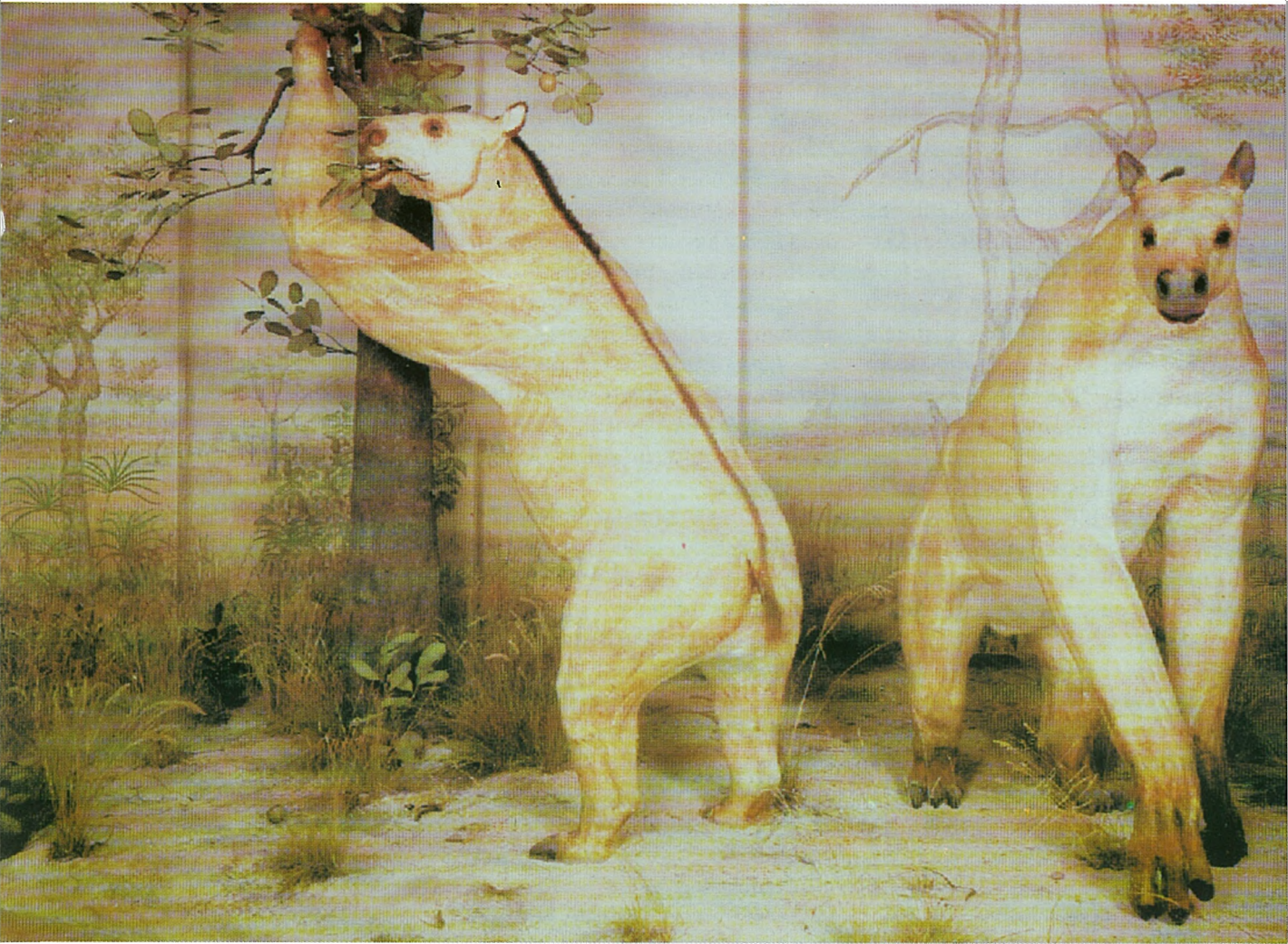
lerinin, düşünsel kırılma ya da kopmaların büyük ölçüde yer bilim terimlerinin değiştirilmesiyle, yeni yerbilim terimlerinin dolaşıma sokulmasıyla gerçekleşmiş olması baştaki savımızın geçerliliğini daha bir pekiştiriyor. Ne var ki, yirminci yüzyıla girilmesiyle birlikte düşünme olanağının temellendirilmesi ödevi yerini, düşünememe olanaksızlığının gerekçelendirilmesi girişimlerine bırakmıştır. Bu bakımdan Nietzsche'nin, Wittgenstein'in, Heidegger'in daha yakınlarda ise Deleuze, Derrida, Levinas gibi önde gelen Fransız düşünürlerinin felsefe çalışmaları, düşüncenin nasıl olanaklı olduğu sorusunu yanıtlamak yerine artık neden düşünemeyiz olduğumuz sorusuna verilmiş kapsamlı yanıt arayışları diye görülebilirler. Söz konusu durumun düşüncenin önünde ne denli ciddi bir açmaz oluşturduğunun ayırdına, geçmişten getirilen yerbilgisi terimleri ağının artık olanca yüküyle düşünceyi taşıyamayıp çökmüş olduğunun saptanışıyla biraz olsun varılabilir. Gelinen bu noktada, çoğunluğu yer kaynaklı olan tek tek kavramların bırakılmasından ya da yenilenmesinden çok, yere dayalı bütün bir kavram üretme yordamının değiştirilmesinin gereği yenilenmektedir sürekli. Ama böylesine büyük bir izlenec de enisonu yine yer bildiren bir terimle dolaşıma sokulmaktadır. Durmadan sözü edilen artık "düşüncenin yatağının değiştirilmesi"nin, yeni bir düşünce yatağında düşünme vaktinin geldiğidir... ta ki yeni bir düşünme yeri bulana, düşünceye yeni bir yer gösterene dek.



# MEMELİLER

## VE KARASAL

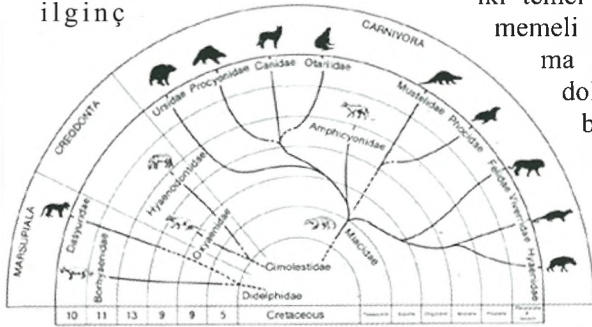
### TERSİYER ÇÖKELLERİ



*Memeliler yeryüzünde yaklaşık olarak 220 milyon yıl önce ortaya çıktılar. Yarasalardan balinalara, farelerden insanlara, fillerden kaplanlara, develere, kangurulara, mastodonlara kadar çok çeşitli olan memeliler 220 milyon yıl öncesinden bugüne kadar evrimlendi veya yok oldu.*



**M**emeliler yeryüzünde Geç Triyas-Erken Jura döneminde, diğer bir deyişle yaklaşık olarak 220 milyon yıl önce dinazorlar henüz ortaya çıkarken göründüler. O dönemde fare kadar küçük olan dinazorların yeryüzündeki yaklaşık 150 milyon yıllık saltanatları boyunca geri planda kaldılar. Tersiyer başında, yani 65 milyon yıl kadar önce, dinazorlar sahneden çekilir çekilmez, bütün karaları, denizleri, gökleri işgal ettiler. Yarasalardan balinalara, farelerden insana, fillerden kaplanlara, develere, kangurulara, mastodonlara kadar çok çeşitli ve büyük uyumlar gösterdiler. Ortaya çıkışlarından günümüze dek geçen bu geniş zaman diliminde birçok memeli türü evrimlendi veya yok oldu (Şekil 1). Günümüzdeki memeli türleri geçmişteki memeli tür sayısının küçük bir kısmını oluşturur. 2 milyon yıl önceki memeli faunası bugünkünden çok farklıydı, 10 milyon yıl önceki çok daha farklı. Bugün gördüğümüz fil, gergedan, zürafaa gibi ilginç



Şekil 1 : Etçil memelilerin Tersiyer dönemdeki evrimsel ilişkileri

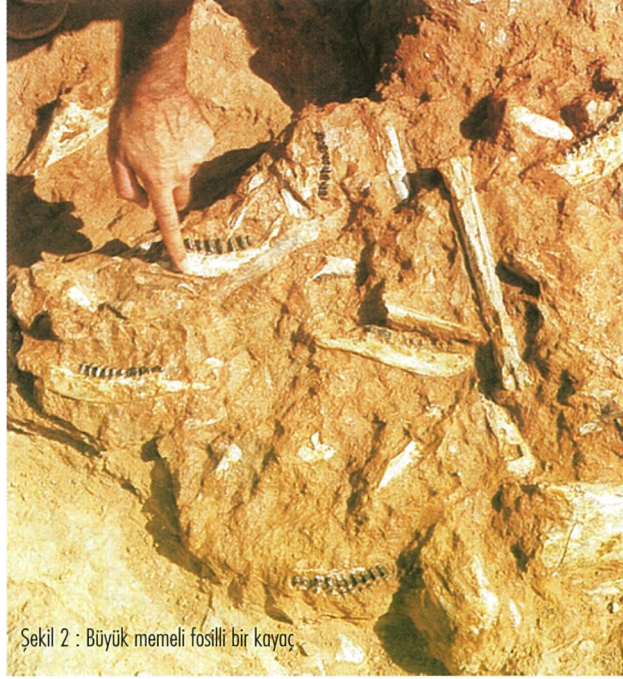
memeliler bir zamanların çok çeşitlenmiş zengin memeli ailelerinin yalnızca izleridir.

## Memeli fosillerin hangi parçaları ayırtmandır?

Bir memeli iskeleti genellikle ikiyüzün üstünde kemik ve otuzun üstünde diştan oluşur. Ancak, bir memeli fosil iskeletinin tam olarak

korunması ve bulunması çok ender gerçekleşen bir olaydır. Çoğu zaman fosil olarak iskeletin kırık bazı parçaları ve dişler ele geçer (Şekil 2).

Memeli paleontologlar için me-

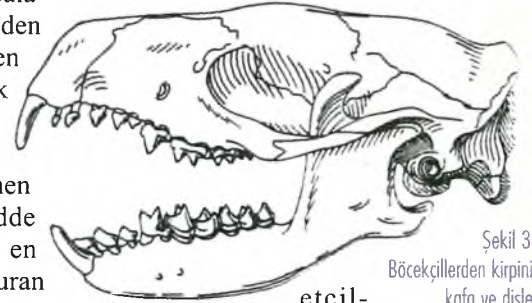


Şekil 2 : Büyük memeli fosilli bir kayacık

meli fosillerin en değerli parçaları, küçük memeliler söz konusu olduğunda dişler, büyük memeliler içinse genellikle önce dişler, sonra da kol ve bacak kemikleridir. Bunun iki temel nedeni vardır: Birincisi, memeli dişleri koparma, parçalama ve öğütme işlevlerinden dolayı yaşam boyu süren bir aşınmaya dayanmak zorundadır. % 98 apatit'ten ( $Ca_2PO_4$ ) oluşan ve hemen hemen hiç organik madde içermeyen, dişin en sert kısmını oluşturan diş minesi omurgalıların evrimlendirmiş olduğu eşsiz bir maddedir. Bu nedenle memeli dişleri günümüze kadar korunabilme olasılığı en yüksek iskelet parçalarıdır. İkincisi, memelilerin yaşamı doğrudan doğruya beslenmeye ve harekete bağlı olduğundan en çok beslenmeye ve harekete eşlik eden iskelet parçaları evrime uğramıştır; yani, bacaklar ve dişler. İklim değişikliklerinin yol açtığı biyota (bir bölgenin bitki ve hayvan yaşantısı) değişiklikleri doğ-

rudan doğruya dişlere yansımıştır. Bu nedenle, temel bileşim olarak benzerlerse de memeli dişleri çok karakteristiktir. Özellikle yanak dişleri, ana işi -yiyeceğin çiğnenmesi işini- yaptığından diyete paralel olarak en büyük çeşitliliği gösterir. Yanak dişlerinin yapısı, memelilerin evriminin anlaşılması ve sınıflamalarında kullanılan en önemli araçları oluşturur. Dişlerin şekli ve okluzyon (birbirine uyan küsbitleriyle üst ve alt dişlerin ısırarak yada öğütme üzere kapanması) tarzı memelilerin diyetleri ve yaşam şekillerine büyük ölçüde bağlıdır. Ne çeşit yiyeceğin yendiğini, nasıl çiğnediğini gösterdikleri gibi hayvanın yaşını da verirler. Örneğin, böcekçiller ve yarasalar gibi böceklerle beslenen takımlarda dişlerin çiğ-

neme yüzeyinde dar, yüksek, delici, keskin, konik tepelikler vardır (Şekil 3). Etçiller büyük leşlerden parçaları koparmak zorundadırlar. Böyle parçalar fazla çiğneme gerekmeden sindirilir. Bu nedenle,

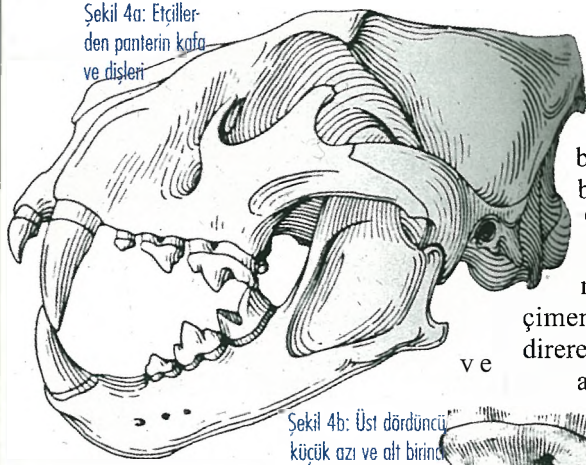


Şekil 3 : Böcekçillerden kirpinin kafa ve dişleri

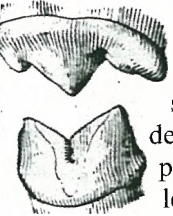
etçillerin dişleri saplanma ve kesme işlevleri için keskinleşmişlerdir (Şekil 4a-b). Etçiller üst dördüncü küçük azı (P4) ve alt birinci büyük azı (m1) dişlerini karnassial aygıt olarak bilinen makas gibi çalışan kesici bıçaklar olarak geliştirmişlerdir. Ezici arka dişler daha az önemlidir. Diyetlerindeki et arttıkça, yani omnivorluktan (karışık beslenenler) karnivorluğa (etle beslenenler) geçtikçe karnassialler genişlerler, ezici azı dişleri küçülür



Şekil 4a: Etçillerden panterin kafa ve dişleri



Şekil 4b: Üst dördüncü küçük azı ve alt birinci büyük azı dişlerden oluşan karnassial ayağı.



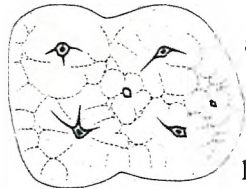
kaybolurlar.

İnsan, maymun ve domuz gibi omnivor memelilerin diyetinde bitki ve hayvan bulunur. Birçok bitki sert selüloz hücre duvarlarından dolayı sindirime dirençlidir. İçerdikleri besin, bitkinin pürüzlü yüzeyler arasında öğütülmesiyle alınır. Bundan dolayı yanak dişleri alçak taçlı ve yassı, yuvarlak küsbitlidir (Şekil 5a-b). Otçul memelilerin diş taçları daha sert bitkilerin çok fazla olan



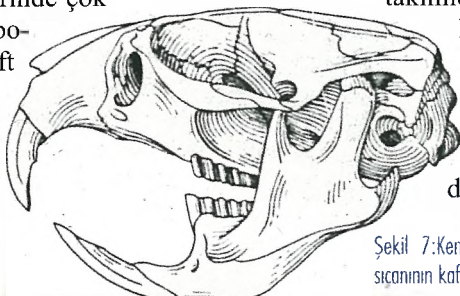
Şekil 5a: Omnivor memelilerden domuzun kafa ve dişleri

Şekil 5b: Bir azı dişinin çiğneme yüzeyinin görünümü



aşındırıcı etkilerini karşılamak için genellikle yüksektir ve küsbitleri dayanıklı mine yüzeylerini arttırmak için sırtlar halinde birleşmişlerdir (Şekil 6a-b). Otçullar daha sert bitkiye yönelmiş gerçek kökler hiçbir zaman oluşmaz, dişler açık köklü kalır ve yaşam boyu büyümeye devam eder. Tavşanlar ve kemiriciler alt ve üst çenelerinde çok genişlemiş, yaşam boyu büyüyen bir çift kesici diş geliştirmiştir (Şekil 7). Böylelikle en sert bitki kabuklarını

Memelilerin önemli bir kısmını oluşturan küçük memeliler ve genellikle 1 kg dan hafif hayvanların oluşturduğu bir grup olarak tanınırlar. Kemiriciler ve Böcekçiller küçük memelilerin iki önemli takımıdır. Yarasagiller fosil olarak daha enderle geçen bir küçük memeli grubudur. Tavşan-



Şekil 7: Kemiricilerden bir su sıçanının kafa ve dişleri

giller de küçük memelilere katılır. Günümüzde birçok farklı ortamda ve iklim kuşağında yaşayan küçük memeliler tanımlanmış, fauna tipleri ve ekoloji arasındaki ilişkiler iyi belgelenmiş olduğundan küçük memeli fosiller ekoloji/habitat yorumlarında kullanılan önemli bilgiler içerirler. Bunun yanı sıra, son otuz yılda, özellikle fosil kemiriciler üzerine yapılan araştırmalar karasal Senozoik (son 65 milyon yıl) biyokronolojisine çok önemli katkılarda bulundu. Bu, birçok kemiricinin karakteristik (indeks fosil) olarak değerlendirilen kısa yaşamlı türlere yol açan hızlı evrimlerinden dolayıdır. Ayrıca, birçok kemirici soyunda yapılan evrimsel

gillere evrimlenme potansiyeli o kadar yüksektir ki birçok memeli türü bir tek azı dişinin küsbitlerinin yapıyla belirlenebilir.

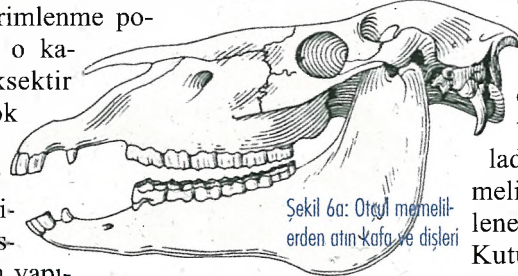
Ancak, fonksiyonel ve gelişimsel baskılar nedeniyle her bir ana taksonomik grup sınırlı bir diş morfolojisi yelpazeyle belirgindir. Öyle ki, insan hariç dişlerle yapılacak bir memeli sınıflaması tüm anatomi bilgisiyle yapılacak bir memeli sınıflamayla hemen hemen aynıdır.

## Küçük Memeliler

Memelilerin önemli bir kısmını oluşturan küçük memeliler ve genellikle 1 kg dan hafif hayvanların oluşturduğu bir grup olarak tanınırlar. Kemiriciler ve Böcekçiller küçük memelilerin iki önemli takımıdır. Yarasagiller fosil olarak daha enderle geçen bir küçük memeli grubudur. Tavşan-

giller de küçük memelilere katılır.

Günümüzde birçok farklı ortamda ve iklim kuşağında yaşayan küçük memeliler tanımlanmış, fauna tipleri ve ekoloji arasındaki ilişkiler iyi belgelenmiş olduğundan küçük memeli fosiller ekoloji/habitat yorumlarında kullanılan önemli bilgiler içerirler. Bunun yanı sıra, son otuz yılda, özellikle fosil kemiriciler üzerine yapılan araştırmalar karasal Senozoik (son 65 milyon yıl) biyokronolojisine çok önemli katkılarda bulundu. Bu, birçok kemiricinin karakteristik (indeks fosil) olarak değerlendirilen kısa yaşamlı türlere yol açan hızlı evrimlerinden dolayıdır. Ayrıca, birçok kemirici soyunda yapılan evrimsel



Şekil 6a: Otçul memelilerden atın kafa ve dişleri



Şekil 6b: Bir alt azı dişinin çiğneme yüzeyinin görünümü

eğilim analizleri zaman belirleyici önemli soyların ortaya çıkmasını sağladı. Kemiriciler memelilerin en hızlı evrimlenen gruplarından. Kutuplardan ekvatora kadar dünyanın yiyecik bulunan her yerine dağılmış ve adapte olmuşlardır. Üreme oranları çok yüksek olduğundan memelilerin en kalabalık takımıdır; günümüzde yaşayan memelilerin cins olarak %35 ini, tür olarak %50 sini oluştururlar. Dolayısıyla, diğer memeli gruplarına göre kemirici fosillerini bulma şansı çok daha fazladır.

## Memeli Biyokronolojisi

Yakın zaman öncesine kadar denizel ve karasal kat/yaşlar arasında güvenilir korelasyonlar yoktu. Bu durum memeli paleontologları temelde karasal memelilerin evrimine dayalı kendi kronolojik sistemlerini geliştirmeye itmiştir. "MN Zonlaması" ve "MP Zonlaması" (MN: Neojen Memelileri, MP: Paleojen Memelileri) olarak bilinen bu yöntem gerçek bir biyozonlama (biyozon: bir fosil cinsin varlığı sırasında çökelmiş bütün tabakaları



kapsayan bir biyostratigrafi birimi) ile evrimsel aşamaya dayalı biyokronoloji arasında bulunan orta bir yoldur ve kaya katmanlarının sınıflanmasından çok biyolojik olaylara odaklanmıştır. Memeli zonları tek lokalitelerden bulunan belirli taksonların evrim aşamasına, göç yoluyla ilk ortaya çıkışlarına ve soyları tükenerek yok oluşlarına dayandırılarak kronolojik istife yerleştirilen fosil memeli topluluklar serisidir. Avrupa'da, kıtasal ölçekte uygulanabilmeleri için geniş tutulduklarından örneğin, yaklaşık 8 milyon yıl sürmüş olan Orta-Geç Eosen'de (Bartoniyen-Priaboniyen) tanımlanan 7 zonla ve ortalama 10 milyon yıl süren Oligosen'de 10 zonla, yaklaşık olarak bir milyon yıllık zaman farklılıkları belirlenebilmektedir. Ancak, daha dar ölçekte, örneğin Fransa'da belli başlı lokalite faunalarının (Orta-Üst Eosen'de 27, Oligosen'de 32) temsil

ettiği evrimsel düzeye bu dönemlerde ortalama 300 bin yıllık zaman farklılıkları çıkarılabilmektedir. Miyosen başlangıcından Pliyosen bitimine kadar geçen yaklaşık 22 milyon yıllık dönemde 19 memeli zonu tanımlanmıştır. Dolayısıyla, bu dönemde tüm Avrupa, Batı Asya ve Kuzey Afrika ölçeğinde gene bir milyon yıllık zaman farklılıkları belirlenebilmektedir. Ancak, bu zonlar içinde biyokronolojik pozisyonlarına göre sıralanan İber Yarımadasında 126, Orta Avrupa'da 110 belli başlı lokaliteyle bu 22 milyon yıllık dönem İber Yarımadasında 175 bin yıl, Orta Avrupa'da 200 bin yıllık zaman dilimlerine bölünebilmektedir (Şekil 8). Avrupa ölçeğinde son 5 milyon yılda 200 bin yıllık, paleomanyetik ve iklim olaylarıyla birleştirildiğinde 100 bin yıllık, son 800 bin yılda 30 bin yıllık zaman farklılıkları belirlenebilmektedir. Görüldüğü gibi memeli toplu-

luklarındaki, özellikle kemirici soylarındaki evrimsel değişimlerin esas alındığı bu biyokronolojik sınıflandırmalarda ulaşılan kararlılık ve incelik diğer guruplarla elde edilenlerden çok daha yüksektir.

## Memeli fosiller nerelerde bulunur ve küçük memeliler nasıl elde edilir?

Yırtıcılara av olma ve boğulma memelilerin iki temel ölüm nedenidir. Bazı avcı kuşlar karstik arazilerde oluşan çatlaklarda barınırlar. Bu kuşlar avlarını barınaklarına getirir, yer ve kusarlar. Bu şekilde karstik çatlaklarda zaman içinde çok zengin memeli kalıntıları birikir. Mağaralar ise ayılar ve diğer bazı memeliler için gölgeleme ve kış uykusuna yatma yerleridir. Mağaralarda binlerce yılda kışı çıkarmayan memelilerin kalıntıları birikir. Bu nedenle, mağara ve çatlak dolgularında bol ve iyi korunmuş memeli fosilleri bulunur. Küçük sığ göl ortamları bataklık bitkilerinin dolayısıyla memelilerin yaşam ortamlarıdır. Çökeller çoğunlukla biyoturbasyon (canlı eşeleme) nedeniyle katmanlı değildir, litoloji daha çok tatlı su mollusku, linyitli killere temsil edilir, fosiller bir yerden taşınmamıştır. Savan ya da yarı çöl arazilerde en zengin bitki örtüsü genellikle kuru ırmak yataklarında bulunur. Ani fırtınalarla yükseklerden alçak alanlara gerçekleşen sel baskınları o sırada çevrede otlayan hayvanların bacaklarını yerden keser ve boğulmalarına, ırmak aşağı uzun mesafelerde taşınmalarına yol açar. Akarsu çökellerinde fosiller ortam enerjisinin denetiminde çökelmişlerdir. Dolayısıyla memeli fosiller genellikle akarsu ve göl çökme sistemlerinin bataklık kesimleriyle, mağara ve çatlak dolgularında bol bulunurlar (Şekil 9).

ORLEANIAN					
MEMELER	İspanya Portekiz	Fransa	Orta Avrupa	G.D. Avrupa	Batı Asya
5 Pontlevoy	Chelas *  Las Planas 4 Arroyo del Olivar Puente Vallecas  Quintanetas * Amor * Charnea de Lumihar Qta. Farinheira *	Savigné Pontlevoy - Thenay * Beaugency Tavers Castelnau & Arbieu Vx. Collonges (p.p)	Puttenhausen Schönenberg Massendorf Teiritzberg * Oggenhof Langenmoosen Franzensbad Vermes 1 Elbiswald Leoben	Chios  Sibnica Hoşküy Mürefte Komotini  Mala Milliva	Kayıbulak
4 La Romieu	Regajo 2 Maratines Vaidemoros 3B Tarazona Qta. Pombeiro * Qta. Pedreiras Relama Bunol Corcoles Artesilla Villatelliche 2A Rubielos de Mera Son Marnet Can Julia Qta. Narigdo *	Vx. Collonges (p.p) Port-la-Nouvelle  Montreal Foissin La Romieu Baigieux Bezian  Pellicahus Aerotrain Artenay	Forshart Rembach Rauscheröd Orechov * Langenau Erkershofen 1 Doimice 3 Erkershofen 2 Doimice 1,2 Petersbuch 2	Bishtubia Kintytshhe  Aliveri	Hortak 1
3 Wintershof - West	Moratilla 1 Moli Calopa  Agedra Costablanca Valhondo 1 Univ. Cat. Lisboa * Horta da Tripas *	Neuville Chilleurs Beaulieu * Serre de Verges  Estrapouy Espira-du-Confient Las Belleaux Chitenay	Schnaitheim  Tuchorice Wintershof-West Merkur-N.  Bissingen Eggenburg * Maigen *		Keseköy

Şekil 8 : Avrupa - Batı Asya'da Erken Miyosen dönemin bir bölümünün memeli zonları ve referans lokaliteleri. (Örneğin, bir milyon yıllık bir zaman aralığını kapsayan MN4 zonunda, İspanya Yarımadası'nda belirlenen 15 referans memeli lokalitesi MN4 zonunun bu bölgede yaklaşık olarak altmışbeşbin yıllık dönemlere bölünebileceğini göstermektedir.)



Küçük memeli fosil birikimi için en iyi çökeller koyu renkli, masif (laminasız) biyoturbasyona uğramış kil, silt, marn, bazı durumlarda da kumlardır. Linyit kapsamlı ve/veya tatlı su yada karasal mollusk yoğunlaşmalı bu tür devamsız çökeller hemen hemen daima küçük memeli fosil kalıntıları içerirler. Bu tür çökellerde önce çökeli kırarak küçük memeli olup olmadığı araştırılır. Orta zenginlikte bir yatakta küçük memeli fosiller dikkatle bakıldığında gözle görülebilir. Görülmedikleri durumlarda bile, bu tür ortamlardan önce 100 kg (4 çuval) kadar deneme örneği alınır, kurutulur ve üst üste konmuş 3 boy (1 cm, 2.5 mm ve 0.5 mm) elek sisteminden geçirilerek basınçlı suyla yıkanır. 1 cm lik eleğin üstünde kalan örnekler gözle ve genellikle hemen yıkama

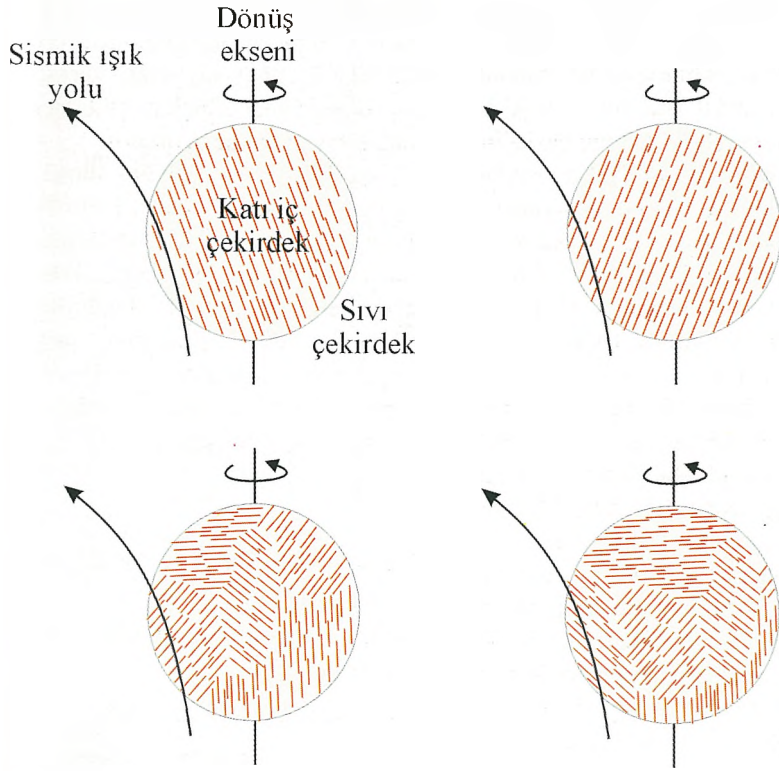


yerinde, diğer örnekler laboratuvarında binokülerle ayıklanır (Şekil 10). Küçük memeliler bulunmuşsa, zenginliğe ve amaca göre 1000 - 5000 kg kadar örnek artırması yapılır ve aynı işlemler yinelenir. Sözü edilen bütün bu çökellerin salt suyla yıkanması kolay değildir. Çoğu zaman karbonatlı örnekler asitle, kömürlüler sodayla ve diyajenez geçirmiş olan killer de gazla kimyasal işlem gerektirir.

**Engin Ünay**

Doç. Dr., Cumhuriyet Üniversitesi  
Antropoloji Bölümü





# DÖNÜŞ GERÇEK Mİ?

İç çekirdeğin farklı döndüğüne dair iki yaklaşım. (üst) İç çekirdeğin üç boyuttaki değişiminin silindire benzer bir simetrisi vardır, eksenine eğimlidir. İç çekirdek döndüğünde (burada yarı dönüş) üç boyuttaki değişimin yönelmesi, sabit bir sismik hat ile karşılaştırılırsa, yayılma süresinde küçük değişiklikler yaratacak şekilde farklılaşır (1,2). (alt) İç çekirdek üç boyuttaki farklılıklar veya düzensizlikler göstermektedir. Dönüş oranı, bu düzensizliklerin sismik hat altından geçişleri suretiyle algılanmaktadır ve bu algılama yardımıyla, yerel bir düzensizlik ve üç boyuttaki farklılık modeli mevcut ise, saptanabilir.

**D**emir alaşımı ve 1220 km'lik yarıçapı ile (Dünya'nın sıvı iç çekirdeğinin üçte biri büyüklüğünde) katı iç çekirdek, özellikle son yıllarda değişik alanlardan bir çok bilimadamlarının ilgisini çekmiştir. İç çekirdeğin özellikleri arasında en göze çarpanlardan birisi anizotrop oluşudur. Sismik dalgalar Dünya'nın dönme eksenine paralel durumda iken, eksene dik oldukları konuma göre daha hızlı yayılırlar. Sismik hızlardaki bu % 3-4'lük anizotropi, büyük olasılıkla iç çekirdeği meydana getiren demir kristallerinin yönelmesinden kaynaklanmaktadır, ancak bu yönelmeye neden olan mekanizma, manyetik ve dinamik yöntemlerin her ikisine de başvurulmuş olmasına rağmen, hala belirsizliğini korumaktadır.

Yakın zamanda yapılan sismolo-

jik üç çalışma (1-3), iç çekirdeğin mantodan daha hızlı döndüğü fikrini ortaya atarak doğrudan doğruya bilimadamlarının lehte ve aleyhte tepkilerini harekete geçirmiştir. Bu farklı dönüşün ispatı için yapılan araştırmalar, sıvı çekirdek içerisinde dünyanın manyetik alanını oluşturan dinamo ile ilgili bazı teorik model varsayımları ile başlamıştır. Ancak, sismolojiden edinilen farklı dönüş oranları, hipotez ve araştırma yöntemlerine bağlı olarak, değişik çalışmalarda farklı sonuçlar vermektedir.

Song ve Richards (1) ile Su vd. (2) analizlerini; iç çekirdeğin, dünyanın dönme eksenine göre daha eğimli bir eksene hemen hemen silindirik bir simetri gösterdiği varsayımına dayandırmaktadırlar (şeklin üst kısmı). Eğer iç çekirdek manto ile aynı hızda dönmüyor ise, bu durum simet-

ri ekseninin yalpalanmalarından açıkça gözlenebilecektir.

Song ve Richards bu yalpalanmayı, Güney Atlantik Okyanusundaki Sandwich adasından başlayarak kutupsal bir hat boyunca giden sismik dalgaları çalışarak araştırmalarıyla, Su vd. Uluslararası Sismoloji Merkezinin kataloglarında bulunan geniş ve Dünyanın her tarafına yönelik verileri dikkate almışlardır. İsimleri ilk geçen bilimadamları, 30 yıllık bir sürece yayılan çalışmaları sonunda iç çekirdeğin mantoya göre 1.1 derece/yıl daha hızlı döndüğünü gözlemlediler. İkinci gruptaki bilimadamlarının aynı süreç için buldukları hızlı dönme değeri ise 3 derece/yıl oldu. Ancak ulaşılan her iki değer de daha çetin soruları beraberinde getirmiştir. Özellikle simetri ekseninin eğimi belirsizdir (4). Bu durumun örnek seçimlerindeki hatalardan kaynaklandığı sanılmaktadır; çünkü depremler genellikle dalma batma zonları ve okyanus ortası sırtları boyunca meydana gelirler. Oysa bunları kaydeden istasyonlar çoğunlukla kıtalar üzerine yerleştir-



ilmişlerdir. Buna ek olarak, kısa zaman aralıkları boyunca değerlendirildiklerinde, depremlerin zaman içerisindeki düzensiz dağılımları farklı eksen pozisyonları ile sonuçlanabilir. Anizotropinin kendisi silindirel simetriden önemli sapmalar göstermektedir ya da düzensiz dağılımlarla üst üste binmiş durumdadır.

Daha ümit verici bir yaklaşım, Creager (3) tarafından yapıldığı şekilde iç çekirdek düzensizliğini veya üç boyuttaki değişimini belirli bir ışın yolu boyunca ortaya çıkarmaya çalışmaktır (şeklin alt kısmı). Alaska'daki bir şebeke istasyonunda kaydedilen Güney Sandwich adası verilerini kullanarak, ilk önce ışınlar yardımıyla bir bölgenin iç çekirdek anomali haritasını çıkaran Creager, bu haritayı, (gözlemlerin 30 yıllık bir süre boyunca geçerli olabileceği) belirli bir doğrultudan iç çekirdek dönme oranını elde etmek için kullanarak 0.2-0.3 derece/yıl oranlarını hesaplamıştır, ancak sinyalin ne kadarının manto düzensizliğinden kaynaklandığına bağlı olarak, uyumlu dönme oranına yakın çok düşük değerler elde edilmesi de mümkündür.

Manto düzensizliği, şüphesiz ciddi çelişkileri de beraberinde getirmektedir. Güney Sandwich adasından Alaska'ya kadar olan hat için, kaynaklar ve alıcılar dalma-batma zonları ile yakın çevresinde bulunmaktadır. Bu yapılardan kaynaklanan zihin karıştırıcı etkiler, iç çekirdek boyunca yayılan ışınların düzenli sıvı çekirdek içerisinde kalan yakın bir ışınla karşılaştırılması yoluyla kısmen açıklanabilir, ancak kalıcı etkiler zihinleri bulandırmaya devam etmektedir. Bu yüzden algılama için gerekli en yüksek duyarlılığa ulaşmak zordur. Bütün sismogramların incelenmesinde, dalma-batma zonlarının etkisi açıkça görülmektedir. Birbirine çok yakın iki olay için, iç çekirdekten etkilenmeyen eşit fazlar, hareket sürelerinde büyük farklılıklar gösterirler. Deprem odaklarının yanlış yerleştirilmesi, hareket sürelerinin ve özellikle de en yakın istasyonun

2000 km mesafede olduğu Güney yarımküredeki en eski olayların gerçeğinden farklı değerlendirilmesine neden olabilmektedir. Sismik kaynak ve kayıt istasyonu altındaki daha basit yapıların olduğu başka bir kutupsal hatta (Antartika'da yapılan Novaya Zemlya nükleer denemeleri) 25 yıldan daha uzun bir hareket süresi anomalisi tesbit edilememektedir. Böyle hassas bir sinyali sismoloji ile algılamak tartışmalı kalacak gibi gözükmektedir.

Farklı dönüş ile ilgili en ciddi problemleri, ancak onun jeodinamik sonuçlarında görebiliyoruz (8). Çünkü, manto yoğunluk farklılıklarına sahiptir ve bundan kaynaklanan yerçekimi alanı iç çekirdeğin biçimini, yüzeyinde 100'er metre genişliğinde dalgalanmalar meydana getirmek suretiyle değiştirir. Bu yerçekimsel bağ, muhtemelen manyetik bağdan daha büyüktür. Eğer iç manto ile aynı hızda dönmüyorsa, iç çekirdeğin şekli manto tarafından uygulanan çekim alanına göre değişiyor olmalıdır. Bu değişim erime ve katılaşma şeklinde gerçekleşebilir; çünkü iç çekirdek yüzeyindeki demir, erime noktasına oldukça yakındır. Eğer iç çekirdeğin şekli kolaylıkla bozuluyorsa, bu olay katı malzemenin gevşemesi şeklinde de gerçekleşebilir. Bu durumda ise sismologlar tarafından tesbit edilen düzensizliklerin ve üç boyuttaki değişimlerinin devamlılıklarını nasıl sürdürdükleri sorusu gündeme gelecektir.

Acaba sismoloji bu tartışmayı çözebilecek midir? İç çekirdeğin farklı dönüşü (eğer gerçekten öyleyse) aletsel sismoloji ile ölçüldüğü süreç içerisinde sadece hareket süresi karmaşıklıklarına neden olacaktır. Gelecekte yapılacak bir çok araştırmanın çözümü ise geçmişte yatmaktadır. Uzun süreli astronomi gözlemevi kayıtlarının mantonun dönüşündeki düzensizlikleri ortaya çıkarmaları gibi, sismoloji gözlemlerine ait uzun süreli kayıtlar, iç çekirdeğin farklı dönüşünün ortaya çıkarılması için önemlidir. Son 30 yıldır sürekli çalışan ve içine girildiğinde bilgiye

kolay ulaşılabilen arşivlere sahip sınırlı sayıdaki istasyonlara ve iç çekirdek dönüşü hakkında değerlendirilecek çok sayıda veriye sahip olana kadar, hiçbir açıklayıcı sonuç ortaya konulamayacaktır.

Şimdilik iç çekirdeğin farklı döndüğü tam olarak ortaya konmuş değildir. Ancak bugün elde edilen sonuçlar, yarımkiler ile çelişmeler bile, yerbilimleri için önemli adımlardır; çünkü bu olay şimdiden jeomanyetizma, sismoloji ve jeodinamik alanlarında ilginç soruların gündeme gelmesini sağlamıştır.

#### Kaynaklar

1. X. Song and P.G. Richards, Nature 382, 221 (1996).
2. W.J. Su, A.M. Dziewonski, R. Jeanloz, Science 274, 1883 (1996)
3. K.C. Creager, ibid. 278, 1284 (1997).
4. A. Souriau, P. Roudil, B. Moynot, Geophys. Res. Lett. 24, 2103 (1997)
5. P. Shearer J. Geophys Res. 99, 19647 (1994); W. J. Su and A. M. Dziewonski, ibid. 100, 9831 (1995); S. Tanaka and Hamaguchi, ibid. 102, 2925 (1997); D.W. Vasco and L.R. Johnson, ibid. 103 2633 (1998).
6. X. Song, Rev. Geophys. 35, 297 (1997)
7. A. Souriau, Geophys. J. Int., in press; A. Li, P.G. Richards, X. Song, paper presented at American Geophysical Union Spring Meeting, Boston, MA, 26 to 29 May 1998 (Eos 79, S218 (1998)).
8. B.A. Buffet, Nature 388, 571 (1997); B.A. Buffet and K. Creager, paper presented at American Geophysical Union Spring Meeting, Boston, MA, 26 to 29 May 1998 (Eos 79, S218 (1998)).

#### Çevirenler: Selami Toprak

Dr., Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü  
Maden Analizleri ve Teknolojisi Dairesi

#### Ayhan Aydın

ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Souriau, A. 1988. Is the Rotation real?  
Science 28, 55-56.



# İNTERNETTE SÖRF



Çağımızın vazgeçilemeyen iletişim araçlarından biri haline gelen internet, yerbilimleri açısından da bizlere eşsiz bir kütüphane olanağı sunmaktadır. İlk sayımızda sizlere dünya genelinde yerbilimleri ile ilgili olarak en fazla ziyaret edilen sitelerden biri olan USGS'in Web sayfasını tanıtaacağız.

Amerikan jeolojik araştırma derneğinin (U.S. Geological Survey) hazırlamış olduğu Web sayfasında jeoloji ile ilgili olarak çoğu bilgiye rahatlıkla ulaşılabilir. "geology.usgs.gov / index.shtml" sayfasında ilk olarak "What's New?" başlığı altında Şubat 1999'a kadar yapılmış, USGS derneğinin desteklediği "Workshop" lar ve jeolojiyle ilgili yayınlar geniş bir yelpazede tanıtılmaktadır. Aynı zamanda "Yeni ne var? (What's New)" başlığı altında jeoloji ile ilgili çeşitli konularda dersler bulabilirsiniz.

Örneğin Dinamik yerkabuğu adı altındaki sayfada (pubs.usgs.gov/publications/text/dynamic.html) plaka tektoniği ile ilgili birçok konu başlığını okumak ve açıklayıcı resimleri görmek mümkün olmaktadır. Plaka tektoniğiyle ilgili çok güzel açıklayıcı resimleri de bu sayfada görmek mümkündür.

Ana sayfadaki "Deprem Bilgi (Earthquake Information) (geolo-

Location: http://geo002.usgs.gov/index.shtml



## What's New?

## Earthquake Information

## Research

## Products

## Regional Information

## Ask-A-Geologist

## Search USGS

## Customer Support

## About This Site

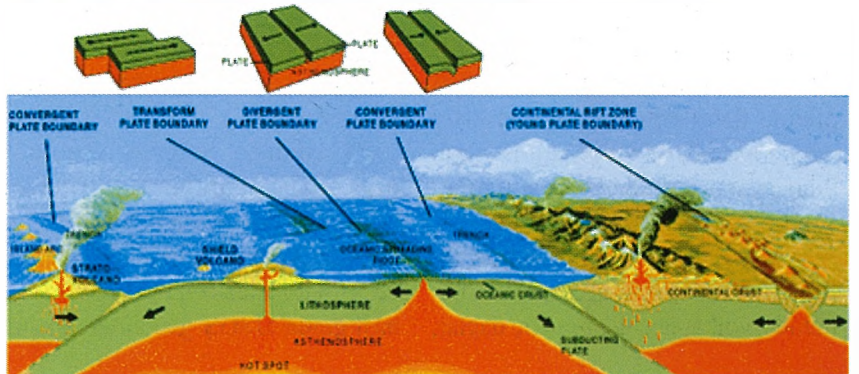


## GEOLOGIC INFORMATION

The USGS Astrogeology Team studies and maps other bodies in the solar system.

This image changes when the page is reloaded.

Location: http://pubs.usgs.gov/publications/text/Vgl.html

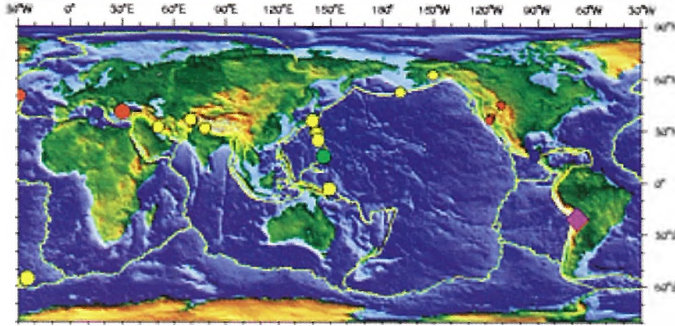




Click on an earthquake below for more information.  
The earthquake list and map change frequently.  
You may need to reload to see the most current version.

CLICK ON AN EARTHQUAKE BELOW FOR MORE INFORMATION.

Updated as of Tue Sep 14 22:23:27 MDT 1999.



gy.usgs.gov/quake.shtml)" başlığı altındaki sayfada dünya genelindeki 1996 yılından itibaren, büyük, küçük hemen hemen tüm depremler hakkında bilgi edinmek mümkün olabilmektedir. Sayfada depremlerin odak merkezleri, magnitüdü ve verdiği zararlar hakkında geniş bilgiler ve depremlerle ilgili fotoğraflar yer almaktadır.

"Araştırmalar (Research) (geology.usgs.gov/research.html)" kısmında ise doğal felaketlerin tanımlanması, araştırma yöntemleri, büyük araştırma projeleri üzerine detaylı bilgiler yer almaktadır. Aynı zamanda "Research" konu başlığı altında yer alan "scientific discipline (bilimsel disiplinler)" sayfasında Jeofizik, Endüstriyel Mineraller, Paleontoloji, Uzay Bilimi ve Uzaktan Algılama disiplinleri üzerine bilimsel dökümanlar ve başka Web sayfalarına bağlantılar yer almaktadır.

"Yayımlar (Products) (geology.usgs.gov/products.html)" bölümünde, USGS tarafından çıkarılan kitapların, dergilerin, çeşitli amaçlara uygun haritaların ve jeoloji ile ilgili bilgisayar yazılımlarının tanıtımları yapılmaktadır.

"Ask-A-Geologist (walrus.wr.usgs.gov/docs/ask-a-ge.html)" bölümünde volkanlar, depremler, dağlar,

kayaçlar, yeraltısuyu, göller ve ırmaklar hakkında aklınıza gelen her türlü soruyu Ask-A-Geologist @usgs.gov e-mail adresine yazarak bilgi alabilirsiniz.

"Search USGS (greenwood.cr.usgs.gov/search.html)" başlığında, altavista arama sayfasına bağlantı



## Ask-A-Geologist

Do you have a question about volcanoes, earthquakes, mountain rocks, maps, ground water, lakes, or rivers?

You can email earth science questions to:

[Ask-A-Geologist@usgs.gov](mailto:Ask-A-Geologist@usgs.gov)

olarak, web sayfasına ulaşmak istediğiniz konunun dünya genelinde araştırması yapılabilir (araştırma yaparken kelimeler arasına "&" işareti koymanız gerekiyor. Örnek "Earth&Science").

"Customer Support (geology.usgs.gov/support.html) (library.usgs.gov)" kısmında jeoloji ile ilgili değişik kütüphanelerin adreslerine ve USGS Electronic Directory alt başlığında USGS genelinde araştır-

macıların e-mail adreslerine ve web sayfalarına ulaşmamıza imkân tanınmaktadır. Burada sadece il soyada veya çalışma grubuna göre arama yapabilirsiniz. Hatta araştırmacının ismini tam olarak hatırlayamıyorsanız, isminin birkaç harfini de yazarak araştırma yapabilirsiniz. Örneğin "ad\*" yazdırmızda ismi veya soyadı ad başlıklarla bütün araştırmacılar listelenecek. Ufak bir not eklemek istiyorum, sağlıklı çalışmıyor!

Jeoloji ile ilgili olarak incelemek için birkaç adres;

shell.rmi.net/~michaelg/index.html (jeoloji ile ilgili çok sayıda web sayfasına bu adres sayesinde erişilebilir)

www.nasa.gov/gallery/photo/index.html (galaksimiz ve dünya ile ilgili çeşitli görüntülere bu sayfadan ulaşılabilir)

www.geosci.unc.edu/web/ESResources/ES12795new.html (volkanlar, tektonik, sismoloji, su ve çevre)

paleontoloji, jeoloji ile ilgili kurslar ve üniversitelerin jeoloji bölümleri hakkında bilgiler bu sayfadaki bağlantılar kullanılarak elde edilebilir.

Adil Bina

Araştırma Görevlisi, H.Ü. Mühendislik Fakültesi  
Jeoloji Mühendisliği Bölümü