



Mavi Gezegen

Popüler Yerbilim Dergisi

Yıl 2003 • Sayı 8



Resifler

Bor ve Bor Tuzları

Trilobitler

İzotop Jeolojisi



Denizlerin Gerçek Rengi

**Çevresel
Bir Madencilik Sorunu**

Sualtı Tünelleri



Asfalt ve Asfalt Karışımlar

X Işınları

İyonizan Radyasyon

Tabiat Tarihi Müzeleri

Sahibi

TMMOB Jeoloji
Mühendisleri Adına
Aydın ÇELEBİ

JMO Yönetim Kurulu

Aydın ÇELEBİ
Oktay EKİNCİ
İsmet CENGİZ
Dündar ÇAĞLAN
Bülent ECEMİŞ
Ramazan DEMİRTAŞ
Hatice Erbay ÇALAĞAN

Editör / Yayın Yönetmeni

Veysel IŞIK
isik@eng.ankara.edu.tr

Yayın Kurulu

Azad SAĞLAM
Elif GÜNEN
Seda ÖZDEMİR
Serap KURT

Adres ve Dergi Merkezi

Mavi Gezegen Dergisi
PK 4664 064444
Yenişehir / ANKARA
TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
Bayındır Sokak 7/11
06410 Yenişehir / ANKARA

Grafik Tasarım & Baskı

Nurol Matbaacılık ve Ambalaj San. A.Ş.
1. Organize San. Böl. Göktürk Cad. No: 16
Sincan - ANKARA
Tel: 0.312 267 19 45 (pbx)
Faks: 0.312 267 19 50

Mavi Gezegen Dergisi

Mavi Gezegen, yerbilimleri ve yerbilimleri ile yakın ilişkili diğer bilim dallarına ait bilgileri ve bu konudaki teknolojik gelişmeleri okuyucuya sunan popüler bir dergidir. Bu çerçevede insanoğlunun karşılaştığı, merak ettiği, bilgi sahibi olmak istediği jeoloji ve alt dalları, coğrafya ve çevre ile ilgili özgün yazı, derleme ve diğer dillerden çeviri yazılarını yayımlar.

Bu Sayıda

Yaşadığımız çevre dinamik bir sistemin parçasıdır. Dinamik sistemlerde gelişme ve değişim genelde beraber işleyen süreçlerdir. Mavi Gezegen dergisinin bu sayısında bazı değişiklikler oluşturduk. Ön kapak sayfası başta olmak üzere bazı sayfaları yeniden düzenlendi.

Bu sayıdaki yazılar okuyucuya üç grup altında sunulmaktadır. İlk dört çalışma jeoloji nitelikli konular üzerinedir. İkinci üç çalışma çevre nitelikli ve son dört çalışma ise yerbilimlerinin diğer bilim dalları ile kesiştikleri noktalarda Mavi Gezegen dergisi okuyucularına sunulan yazıları kapsamaktadır. İlk bölümde "Resiflerin" gelişimi ile ilgili ilginç bilgiler, "Bor ve bor tuzları"nın özellikleri oluşumu ve yeryüzündeki yayılımı ile ilgili merak edilenler, Paleozoyik paleontolojisi içerisinde özel bir yere sahip "Trilobitler.." ile ilgili yazılar ile jeolojide yaygınca kullanılan bazı izotop yaşlandırma tekniklerini "izotop jeolojisi" başlıklı yazıda bulabilirsiniz.

Kilometrelerce kıyı şeridine sahip ülkemizin denizlerinin rengi ile ilgili öğrenmek istediklerinizi "Denizlerin gerçek rengi" yazısında bulacaksınız. Bu bölümde yine dünyamızda ve ülkemizde sürekli karşı karşıya olduğumuz madencilik sorunu ve çözümü ile ilgili bir araştırmayı "Çevresel bir madencilik sorunu, ..." başlıklı çalışmada, ayrıca yakın gelecekteki bir teknolojinin olumlu-olumsuz yanlarının tanıtıldığı bilgileri "Sualtı tünelleri" yazısından edinebilirsiniz.

Bu sayımızın son bölümünü oluşturan yazıların ilginç olduğunu düşünmekteyim. Görmeye alışık olduğumuz yollardaki asfaltın bazı özelliklerini "Asfalt ve asfalt karışımları" başlıklı yazıda, X ışınlarının yerbilimleri dahil pekçok alandaki kullanımını, daha da önemlisi insan vücuduna etkilerini anlatan iki çalışmayı okuyabilirsiniz. Bu sayıdaki son çalışmayı ülkemizde benzeri olmayan ve zengin bir koleksiyona sahip "...MTA Tabiat Tarihi Müzesi ..." ile ilgili yazımız yer almaktadır.

Diğer sayıda görüşmek üzere...

Editör

İÇİNDEKİLER

Resifler4



Bor ve Bor Tuzları12

Trilobitler19



İzotop Jeolojisi23

Denizlerin Gerçek Rengi27

Çevresel Bir Madencilik
Sorunu Asit Maden Drenajı
ve Bir Örnek: Matsuo
Nötürleşme Tesisi33



Sualtı Tünelleri40



Asfalt ve Asfalt Karışımlar43

X Işınlarnının Farklı Alanlarda Kullanımı48

iyonizan Radyasyonun insan Vücutundaki Etkilerine
Bakış53

Tabiat Tarihi Müzelerinin
Evrensel Yapısı:
MTA Tabiat Tarihi56



RESİFLER



Resifler, bentik (tutulu yaşayan) deniz ekolojisi için doğal laboratuvarlar olmakla birlikte önemli ölçüde petrol, doğal gaz ve metalik maden yatakları içerdikleri için doğabilimcilerin ilgi odağı olmaktadır.

Hülya Alçicek
Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
alcicek@eng.ankara.edu.tr

Resif terimi eski Norveç dilinde kaburga (reef) anlamına gelen "rib" sözcüğünden türetilmiştir. Terim ilk olarak Güney denizlerine açılan denizciler tarafından deniz seviyesine kadar uzanan ve gemiler için tehlike oluşturan dar kaya sırtları gibi doğal engeli tanımlamak için kullanılmıştır. Resifler dalga kuşağında veya türbülanslı sularda büyüebilme potansiyeline sahip, çevresindeki ortamı denetleyebilen, sert ve dalgaya dayanıklı karbonat yığılımlarıdır. Resif konusunda ilk çalışmalar bir doğa bilimcisi olan Chamiso'ya aittir. Chamiso, Hint Okyanusu ve Güney denizlerine açılarak (1814-1819) buradaki mercan resiflerini gözlemlemiştir. Darwin 1842 yılında "Mercan Resifleri" adlı yapıtı ile resiflerin oluşumu, sınıflaması, evrimi ve kökeni üzerinde ayrıntılı çalışmalar yapmıştır⁽⁵⁾. Eski ve güncel resiflerle ilgili ilk jeolojik çalışmalar ise Cummings (1932), Dunham (1970), Heckel (1974) ve Wilson (1975) tarafından yapılmıştır⁽¹⁾.

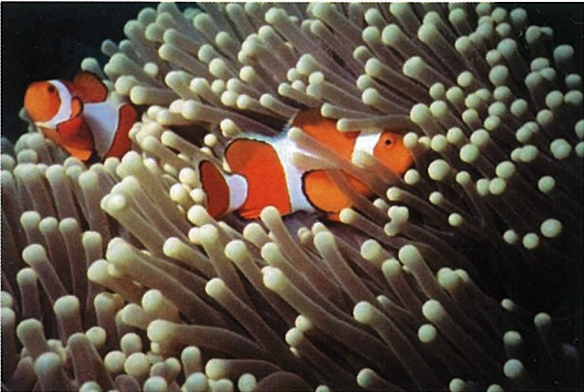
Resifler konusunda günümüze kadar çok fazla sayıda çalışma yapılmıştır. Bazı araştırmacılar resifleri içerdikleri organizmalara göre tanımlarken, bazı araştırmacılar ise resifin biçimi, bileşimi ve dalgaya dayanıklı olma özelliğini esas alarak resifleri biyostrom, biyoherm, stratigrafik resif, ekolojik resif, bank, karbonat yığılımı veya çamur tümsekleri gibi terimlerle sınırlandırmışlardır.

Güncel Resifler ve Resif Ortamları

Güncel resifler genellikle sığ denizlerde oluşurlar. Bu oluşumların en dikkat çekici olanları platform kenarları boyunca yer alan çizgisel resiflerdir. Bu resifler çoğunluk-

la set resifi olarak adlandırılırlar. Günümüzdeki en büyük set resifi Queensland (Avustralya) kıta şelfinde yer alan Büyük Bariyer Resifi'dir. Bu resif kuşağının uzunluğu 1900 m, genişliği ise 13 ile 320 km arasındadır. Şelf alanlarının dar olduğu yerlerde resif gelişiminin kıyıya doğru ilerlemesi ve giderek kıyıya yaklaşması ile saçak resifleri oluşur. Bu resiflerin günümüzdeki en güzel örneği yaklaşık 4000 m uzunluğa sahip Kızıldeniz kıyıları boyunca görülen saçak resifleridir.

Açık okyanusların sığ sularında çember veya atnalı şeklinde gelişmiş olan resiflere atol denir. Atollerin iç kısımlarında lagün bulunur. Bu resif tipi için en güzel örnekler Tuanake Atolü (Fransız Polinezyası) ve Alacron Resifi'nde bulunan atollerdir (Atlantik Okyanusu). Fırtına dalgaları ve açık okyanus kabarmalarının set resifleri tarafından engellenmeleri nedeni ile set resifleri ile kara arasında oluşan küçük, izole olmuş resif kütleleri genellikle yama, kule veya masa resifleri olarak adlandırılır. Bu tür resifler bazı şelf kenarları boyunca veya orta şelfte saçılmış olarak bulunurlar⁽¹⁾.



Büyük Anemone'ler (Heteractis magnifica) içerisinde Palyaçobalıkları (Amphiron ocellaris), Malezya.
Fotoğraf :Steve Turek.

Resif Süreçleri

Resif tiplerinin özellikleri genellikle dört temel süreç tarafından denetlenir. Bu süreçler; yapıcı ve yıkıcı süreçler, sedimentasyon ve çimentolanmadır⁽²⁾.

Yapıcı süreçler, çeşitli resifal organizmalar tarafından üretilen karbonat üretim tarzı ve oranını temsil eder. Birincil çatı yapıcılar kolonileşmiş mercanlar, stromatoropoidler, kalkerli algler ve özellikle kırmızı algler gibi organizmalardır. Bu organizmalar resif çatı dokusunu oluşturan rijid bileşenlerdir. Çatı dokusu kabuk bağlayıcı gibi ikincil çatı oluşturucular tarafından sıkılaştırılır. Resiflerde Orta Triyas'tan günümüze kadar örneğin krustos mercanimsi algleri, tüm jeolojik zaman boyunca ise, serpüldiler, vermetid gastropodlar, bryozolar ve kabuk bağlayıcı foraminiferler resif yapımında rol oynamışlardır. Bu organizmalar çoğunlukla resiflerdeki boşluklarda bulunurlar. Dolaylı yoldan yapıcı rol üstlenen başka organizmalar da vardır. Örneğin günümüzde iskelet banklarında yaşayan kalkerli deniz bitkileri (epibiontlar) kabaca sediman ayrışımına da katkıda bulunurlar.



Kaplanbalığı (Pterois volitans), Fiji,
Fotoğraf :Steve Turek.

Yıkıcı süreçlerin oranı yapıcı süreçlere göre daha azdır. Ancak bu süreçler resif gelişiminde önemli bir yere sahiptirler. Yıkıcı süreçler sadece fiziksel yıkılma (rüzgar, dalga ve gelgit hareketleri) değil aynı zamanda biyolojik yıkılma veya biyerozyonu da kapsarlar. Büyük rüzgarlar çok sık olmamasına rağmen resifin ekolojisi ve sedimentolojisi üzerinde önemli etki yaparlar. Biyolojik erozyonun bir kaç çeşidi vardır. Kayaç içerisinde

yaşayan mikrodeleri organizmalar birkaç cm kalınlığa ulaşan çok yönlü boşluklar meydana getirirler. Bu organizmalar bivalv, cyanobakteriler, mantarlar, süngerler, barnacle'lar ve ekinidlerdir. Clinoid süngerler en aktif organizmalardır ve bazı güncel resiflerdeki biyoerozyonun % 90'ından sorumludurlar. Gastropod ve ekinid gibi bazı organizmalar resifin yüzeyinde otlayarak ve resifi oyararak yaşarlar. Papağanbalığı ve palyaçobalığı gibi diğer organizmalar ise canlı mercanları yerler. Yuva yapan organizmalar iskeletsel istifası ve vaketaşı üretirek daha zayıf düşük enerjili resif yapılarını bozarlar.



Sert resif yüzeyini saran mor sünger (Nara nematifera), Malezya, Fotoğraf : Jeff Dawson.

Sedimentasyon resifin büyümesini sağlayan süreçlerden biridir. Resif içerisinde gelişen büyük boşluk sistemlerini doldurmak için çok az miktarda sediman gereklidir. Ancak aşırı sedimentasyon resifin gömülmesine neden olabilir. Sedimanın kaynağı, resif içerisinde bulunan bentik iskeletler gibi çatıdokusu organizmaların fiziksel ve biyolojik yıkım ürünleridir. Güncel resifler Halimeda, mercanimsi alg, mollusk, ekinid ve foraminifer içerirler. Dalga ve gelgit hareketleri resif içerisindeki aktif sediman taşınımı en küçük delik ve boşluklara ince sedimanın yayılmasını sağlar. Bu nedenle bu sedimanlar resifal kireçtaşı özelliği taşırlar.

Çimentolanma aktif su dolaşımının olduğu

resifal karbonatlarda gerçekleşen yaygın bir süreçtir⁽²⁾. Resif çimento tiplerinden biri olan peloidal çimento, resiflerde bol olarak bulunur. Bunlar eski resif çatıdokuları ve resif tümseklerinin ana kısmını oluştururlar. Bu tür çimentolar çoğunlukla mikrobiyolojik aktivite ve stromatolitik yapılarla birlikte bulunurlar. Daha az görülen resifal çimentolar ise lifsi karbonat botryoidleri içerirler. Resifal çimentolar bazı Geç Paleozoyik ve Triyas "cementstone resifleri" nin % 80'lik hacmini oluştururlar. Algler ise bu formların oluşumuna katkıda bulunurlar.

Yukarıda değinilen süreçlerin tümü genellikle büyük ölçekte karmaşık resifal fabriklerin oluşmasını sağlar ve çok farklı organizma-sediman mozayikleri meydana getirirler⁽²⁾.



Kırmızı ve beyaz renkli denizyıldızı (Froma monilis), Malezya, Fotoğraf : Jeff Dawson.

Resif Gelişimini Kontrol Eden Faktörler

Güncel mercanlar normal tuzlulukta (% 34-37) sıcaklığın 25-29°C ve su derinliğinin 100 metreden az olduğu sularda gelişirler. Ancak bazı güncel ve birçok eski resif tümseği yığılımları çeşitli sebeplerden dolayı daha soğuk ve daha derin sularda da yaşayabilirler. Su derinliği, fototropoların yayılımını kontrol eden ana etkidir. Fotosentetik simbiyosizme kısmen bağlı olarak yaşayan kalkerli algler veya organizmalar, bu duruma örnek olarak verilebilir. Bu durum Paleozoyik yaşlı rugose ve tab-

lamsı mercanların ışığa, bazı stromatoropoid veya çoğu rudist bivalvlerine bağlı olarak yaşamalarına benzer. Simbiyotik ilişkiler resifin hızlı bir şekilde büyümesine imkan verir ve bu nedenle çok yüksek oranda karbonat üretimi gerçekleşir. Uygun sığ su ve iklimsel koşullar altında bazı mercanların kısa süreli büyüme oranı 100 m ky^{-1} dir. Karayiplerde ortalama büyüme oranı $9-15 \text{ m ky}^{-1}$, Büyük Set Resifinde ise $7-8 \text{ m ky}^{-1}$ olarak kaydedilmiştir.

Resifler dalga enerjisi, ışık yoğunluğu, yüzeyleme derecesi ve sedimantasyon oranındaki değişimler tarafından kontrol edilen baskın biyolojik ve sedimantolojik zonlanma gösterirler. Güçlü, çoğunlukla yarıküresel veya kalın dendroid morfolojili güncel mercanlar yüksek enerjili ortamlarda; zayıf, dallı mercanlar öncelikli olarak düşük enerjili ortamlarda oluşurlar. Tablamsı mercanlar geniş yüzeye ve düşük ışık yoğunluğuna sahip derin sularda gelişirler. Bazı güncel dallı mercan türleri dışında (*Acropora palmata*), sadece mercanimsi algler gibi kabuklu formlar yüksek dalga zonunda durabilirler. Eski resifler özellikle küçük resif tümsekleri veya yama resifleri en altta biyoklastik birikme ile başlayan, yukarı doğru çatı yapıcı kolonileşmeleri ile devam eden ve az çeşitlilikte kabuklu organizmalarla son bulan uygun bir düşey organik topluluk dizisi gösterirler⁽²⁾.



Turuncu renkli kupa mercanları (*Tubastraea coccinea*), Malezya. Fotoğraf :Willis Greiner.

Resif Fasiyesleri ve Ortamları

Resiflerin kökenini, yayılımını, konumunu ve gelişimini ortaya koymaya yönelik çalışmalarda resifal karbonat kütlelerinin morfolojisi, boyutları, tipi ve içerdiği organizmaların doğası ile sedimanter yapısı belirleyici rol oynamaktadır⁽²⁾. Güncel resiflerde genel özellikler kolayca tanımlanabilmektedir. Ancak jeolojik kayıtlardaki fosil resiflerin tanımlanması, yüzeyleyen karbonat istiflerinin doğası ve yayılımın veya sondajlardan elde edilen bulguların sınırlı olması nedeni ile oldukça zordur. Resif yapıcı organizmaların jeolojik geçmişte evrime uğraması, farklı dönemlerde değişik özellikler gösteren resiflerin gelişmiş olmasından dolayı resif fasiyeslerinin saptanması ve bu fasiyeslerin yer ve zamanda düşey ve yanal fasiyes toplulukları, eski resiflerin tanımlanması ve yorumlanmasında oldukça önemlidir. Bir resifte resif karmaşığı, resif doruğu, resif önü yamacı, resif düzlüğü, resif gerisi lagünleri ve resif tümseğı (ve çamur tümseğı) olmak üzere yedi fasiyes tipi vardır.

Resif karmaşığı özellikle şelf kenarları gibi büyük resif alanlarıdır. Bu nedenle bu alanlar devamlı ve kesikli olarak yüzlerce hatta binlerce kilometre yayılabilirler. Avustralya Büyük Set Resifi ve Florida Şelf kenarı resif karmaşığına verilebilecek güncel örneklerdendir.

Resif doruğu, resifin aktif ana üretim bölgesidir ve resifin en üst noktasıdır. Bu bölge çatı üretiminin bittiği noktadır. Resif doruğu sürekli dalga hareketine maruz kalır ve periyodik olarak yüzeyler. Kırılma, aşınma, biyerozyon ve çimentolanma en yüksek düzeydedir. Birçok resifin doruk bölgesindeki eski ve güncel organizmalar az çeşitlilik gösterirler. Bu organizmalar kabuk bağlayıcı ve dalgaya dayanıklıdır. Burada bağlamtaşı ve bazı çatıtaşları egemendir. Güncel resiflerdeki çok düşük enerjili ortamlarda *Acropora palmata* yaygındır.

Resif önü yamacı, resif önünden havza tabanına kadar devam eder ve resif içi çökme, gra-

vite akmaları, rüzgar vb. etkenler tarafından üretilen sedimanlarla beslenir.



Mavi ağızlı ve gri kabuklu çok iri midye (*Tridacna maxima*), Büyük Set Resifi, Australia, Fotoğraf :Chuck Savall.

Resif doruğunun arkasında yer alan resif düzlüğü, iri iskelet çakıllarından ve kumlardan oluşan iki bölgeye ayrılır. Resif doruğunun hemen arkasında yer alan çakıllı bölge dar, genişliği birkaç metreden yüzlerce metreye kadar olan su derinliğinin birkaç metre olduğu alanlardır. Bu bölge çoğunlukla çok düşük gel akıntıları (low tides) boyunca yüzeyler. Güncel resiflerde bu bölge kalkerli alg ve küçük mercanlar tarafından örtülmekte olup, biyerozyon görülebilir. Organizmaların çeşitliliği düşük düzeydedir, bu bölgedeki kayaç-



Denizati (*Hippocampus erectus*), Bonair Marine Park, Netherlands Antilles, Fotoğraf :Bill Miller.

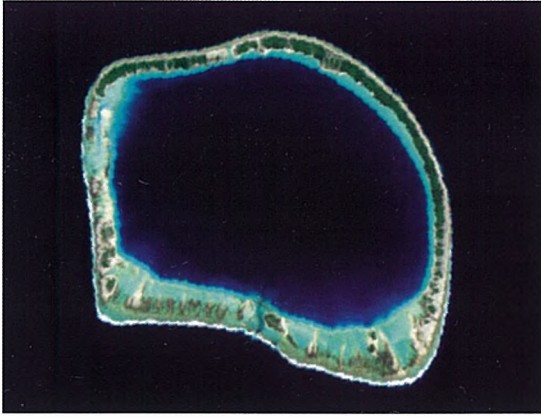
lar bağlamtaşı, çomaktaşı ve boşluklu çatıtaşı fabrik sunarlar. Kumlu bölge, çakıllı bölgenin arkasında uzanır ve platformun içinden 10 m derinliğe kadar devam eder. Dar bir bölge olmakla birlikte Florida resif bölgesinde olduğu gibi çok geniş bir bölge de olabilir. Bu bölgede depolanan sedimanlar büyük ölçüde iskeletsel tanetaşı ve çomaktaşından oluşur.

Resif gerisi lagünlerinin derinliği değişkenlik gösterir ve bu bölge resifin yüksek enerjili açık deniz koşullarından korunmuş karaya bakan kısmıdır. Buradaki sedimanlar sıg denizel organizmalı biyoklastik istiftaşı, vaketaşı ve yarı düzenli tanetaşı içerirler. Güncel lagünlerde Halimeda ve Penicillus gibi kalkerli alglar ve deniz bitkileri üretilen sedimanın doğasını büyük ölçüde etkiler. Bütün lagünel sediman tipleri özellikle deliklidir ve mikritleşmiştir.



Beyaz salyangoz içerisinde kırmızı ve beyaz renkli yalnızcıyengeç (*Dardanus venosus*), Cumber Mağaraları, kuzey kıyısı, Little Cayman Adası, Fotoğraf :Mary Lou Frost.

Resif tümseği ve çamur tümsekleri jeolojik kayıtlarda şimdiye kadar en sık bulunan resifal yapılardır. Bunlar özellikle matris bakımından zengin, zayıf çatılı, merceksi (biyohermal) veya tablamsı (biyostromal) yapılardır. Büyük oranda biyoklastik yığışimlardan karbonat çamuruna kadar çok geniş çeşitlilikte resif tümsekleri vardır. Resif tümsekleri bazı gün-



Tuanake Atolü, Fransız Polinezyası. Fotoğraf: Serge Andrefouet, University of South Florida (www.nasa.gov).

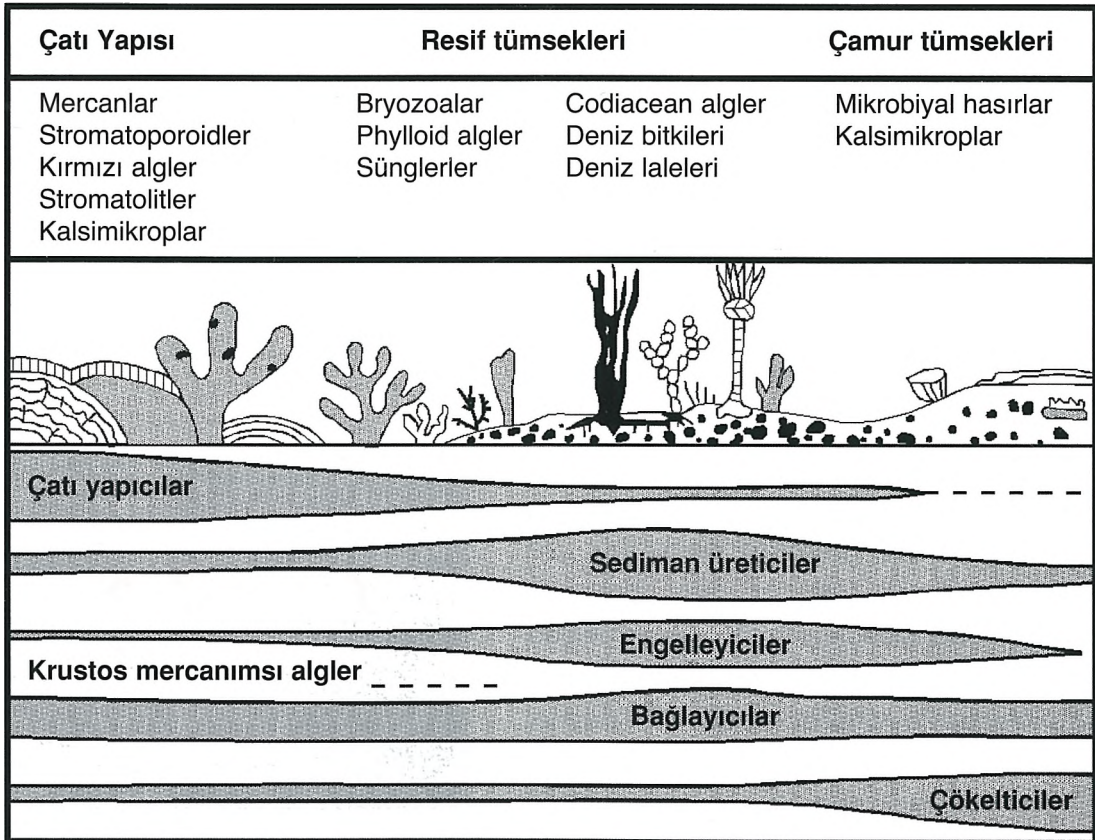
cel ortamlarda da oluşabilir. Bunlar Florida Şelfi'ndeki çok sığ su iskeletsel çamur banklarından Büyük Set Resifi'nin biraz daha derin (30 m) Hali-meda bankları ve Kalukalukung platformu'na kadar geniş çeşitlilik gösterir.

Eski Resiflerin Ekonomik Önemi

Eski resifler uygun bir şekilde korunduklarında iyi bir hidrokarbon rezervuarı oluşturmakla birlikte

metalik cevher minerallerinin oluşumu için de uygun ortamlardır. Bu nedenle eski resifler önemli bir ekonomik değere sahiptirler⁽³⁾.

Resif eğer deniz tabanında belirli bir engebe üzerinde gelişmişse resif çevresindeki çökeller sıkışır ve bunun sonucunda tanelerarası gözenek suyu kaçar. Evaporit ve şeyl gibi çökeller petrolün düşey göçünü engelleyen örtü kayaçlar olarak önemli bir rol üstlenirler. Batı Teksas ve Yeni Meksika'da Permian havzasındaki evaporitler ve Batı Kanada'da Devon resiflerinde ise evaporitler ve şeyller, resiflerdeki petrol için iyi bir örtü kayadır. Chevalier (1977), Güneybatı İran'daki zengin petrol yatakları içeren Asmari kireçtaşının alt kısmının alg, foraminifer ve mercanlardan oluşan Oligo-Miyosen yaşlı resif karmaşıkları olduğunu belirtmiştir. Kanada'nın Alberta bölgesindeki Üst Devoniyen (Frasnian) yaşlı Leduc resifal karbonatları 4.5 milyar varil petrol ve yaklaşık 6 trilyon m³ doğalgaz içerir.



Resif tipleri ve çeşitli resif organizmalarının rolleri⁽⁴⁾.



Saçak resifine örnek oluşturan Mayotte resifleri, Madagaskar ve Afrika arasında bulunan Mozambik kanalında yer alır (www.nasa.gov).

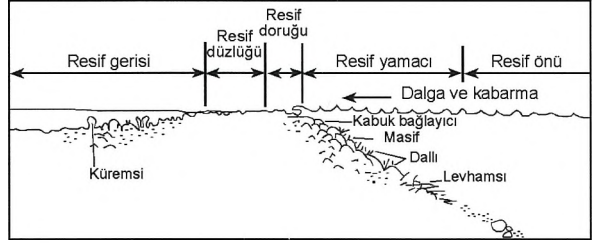
Libya'da 1968 yılında İntizar sahasında bulunan petrol yaklaşık 245 m derinlikteki Paleosen yaşlı resifal kireçtaşlarından elde edilmektedir. Bu resifal kireçtaşları bugüne kadar bulunan en zengin petrol yataklarıdır⁽⁵⁾.

Büyüme Biçimi	Ortam	
	Dalga enerjisi	Sedimentasyon
 Narin, dallı	Düşük	Yüksek
 İnce, narin, levhamsı	Düşük	Düşük
 Küremsi, ampul biçimli, sütunsal	Orta	Yüksek
 Dayanıklı, ağaç gibi dallanan	Orta yüksek	Orta
 Yarı küresel, kubbemsi, dezensiz, masif	Orta yüksek	Düşük
 Kabuk sarıncı	Yoğun	Düşük
 Tablamsı	Orta	Düşük

James'e (1984) göre iri iskeletli metazoaların ve metaphyte'lerin büyüme biçimleri ve dalga enerjisi ve sedimentasyonla ilişkileri⁽⁶⁾.

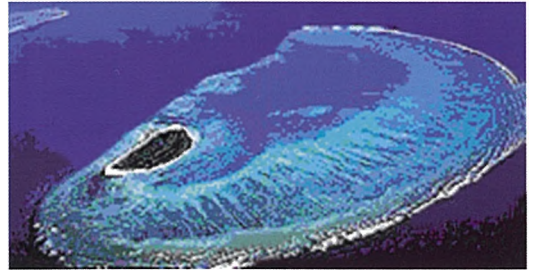
Resifler büyük miktarda petrol ve gaz bulundurmalarının yanı sıra aynı zamanda fiziko-kimyasal süreçlere bağlı olarak gelişen ekonomik öneme sahip yatakların oluşumunu da sağlarlar. Bu yataklar özellikle sülfür cevher çökelleri, nikel, asfaltit, vanadyum, barit, dolomit ve kalsit içerir. Bu çökeller özellikle tektonik olarak duraylı bölgelerde oluşurlar⁽³⁾.

Petrol ve doğalgazda olduğu gibi resif karmaşığında minerallerin dağılımı zaman ve yer olarak değişir. Avustralya'da Canning havzasının Devoniyen yaşlı resiflerdeki resif önü fasiyeslerinde maden yatakları mevcuttur. Maden içeren eski mercan resiflerine en güzel örnek Kanada'nın kuzeybatısında bulunan Great Slave gölünün güney kıyısındaki set resif karmaşığdır.



James'e (1984) göre farklı morfolojiye sahip resif yapıcılar⁽⁴⁾.

Bu set resifinin kuzey kenarında ekonomik öneme sahip kurşun ve çinko yatakları resif karmaşığının resif gerisi ve organik resif fasiyeslerinde bulunmaktadır⁽⁵⁾.



Heron Adası, Büyük Set Resifi, güney Avustralya (www.coral-reef.org).



Siyah ve beyaz renkli deniz lalesi-crinoid (Comanthera brius), Fiji. Fotoğraf :Chuck Savall.



Deniz sorguları ve kabuk bağlayıcı organizmalar arasında ırl Kaplan-balığı (*Mycteroperca tigris*), Little Cayman Adası, Fotoğraf :Mary Lou Frost.



Pembe renkli yumuşak mercanlar, Kızıldeniz, The Brothers Islands, Mısır, Fotoğraf :Mary Lou Frost.

Kaynaklar

- (1) Boggs, S., Jr., 1995. Principles of Sedimentology and Stratigraphy. Second Edition. Prentice Hall, London, 774 s.
- (2) Reading, H.G. (Ed.), 1996. Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Blackwell Scientific Publications, UK, 688 s.
- (3) Selley, R.C., 1980. Ancient Sedimentary Environments and their sub-surface diagnosis. Chapman and Hall, London, 287 s.
- (4) Tucker, M.E. and Wright, V.P., 1990. Carbonate Sedimentology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 496 s.
- (5) Tuzcu, S. ve Karabıyıklı, M., 1991. Resifler: Genel karakterleri, fasiyesleri, evrimi ve ekonomik nemi. Jeoloji Mühendisliği, 38, 5-38.
- (6) <http://www.nasa.gov>.
- (7) <http://www.coralreef.org>

BOR VE BOR TUZLARI

Borat minerallerinin dünyadaki tarihçesi 13. yüzyılda, Marco Polo zamanında cevherin Tibet'ten Avrupa'ya getirilmesiyle başlar. O devrilerde borun tıp alanında ve değerli metallerde kaynak olarak kullanılması, yeni yatakların bulunmasını zorunlu kılmıştır. 18. yüzyıl başlarında ilk işletme İtalya'da gerçekleşmiştir. 1864 yılında Kaliforniya'da, 1872 ve 1890 yıllarında Neva'da dünyanın en büyük yatakları bulunmuştur⁽¹⁾.

Türkiye'de ilk bor cevheri Balıkesir ili Susurluk ilçesine bağlı Sultançayırı yöresinde kesin olarak bilinmeyen bir tarihte bulunmuştur. Cevherin, 1815 yılında sürekli olarak işletilmeye başlatıldığı ve 1865 yılından itibaren de dış piyasalara satışı yapıldığı tespit edilmiştir. 1865 yılından 1887 yılına kadar bir Fransız ortaklığınca yönetilen işletme, 1887'de ise Borax Consolidated Ltd. adlı İngiliz ortaklığının eline geçmiştir. 1950 yılında Bigadiç (Balıkesir) dolaylarında borat minerali olan kolemanitin varlığının ortaya çıkması üzerine cevher önem kazanmış ve bölgede 12 ocak açılarak işletilmeye başlamıştır. 1952 yılında Mustafa Kemalpaşa (Bursa), 1956'da ise Emet (Kütahya)'de borat cevherleri bulunarak Türkiye bor rezervlerine katılmıştır. Bunun dışında Kırka (Eskişehir) bor cevheri de önemli miktarda işletim olanağına sahiptir.

Bor Elementi ve Borat Mineralleri

Periyodik tablonun 3. grubunda yer alan bor elementi, tetragonal ve hexagonal kristal yapısında olup, doğada kristal ya da amorf olarak bulunur. Atom

"Tarihin akşına bakılacak olursa, ilkel insanların uğraşlarından ilki Endüstriyel Hammaddeler üzerine olmuştur. Eline aldığı bir taşı yontmuş, cilalamış ve bir alet olarak kullanmıştır. Bugün ise Endüstriyel Hammaddelerin önemi daha da anlaşılmiş olup, dün taş diye değer verilmeyen birçok kayaç ve mineral, metalik olmayan madenler sınıfında yerini almıştır. Bunlardan birtanesidir Bor Tuzları"

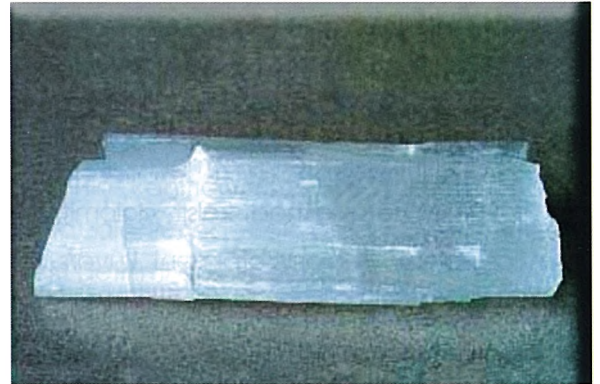
Elif Günen
Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
egunen@eng.ankara.edu.tr

numarası 5, atom ağırlığı 10,811 ve ortalama yoğunluğu $2,33 \text{ gr/cm}^3$ olan bu elementin ergime noktası 2300°C , kaynama noktası ise 2550°C 'dir. Siyah renkte metal ile ametal arası özelliklere sahip ve metalik bir iletken değil, bir yarı iletken özelliği gösterir. Borun, yerkabuğu ve sularının başlıca elementlerinden biri olduğu söylenemez. Ancak bu mineralin pek çok kayaç ve sıvının ikincil önemli bileşeni olduğu bilinmektedir. Yerkabuğunda ortalama 10 ppm'den az bulunmaktadır. Yerkabuğundaki genel dağılımı çok az olmasına karşın, belli ortamlardaki bor konsantrasyonlarının çok fazla oranda oluşu, ekonomik bor yataklarının oluşmasını sağlamıştır.

Bor doğada tek başına bulunmaz. Oksijenle bağ kurmaya yatkın olduğundan pek çok değişik oksijen bileşimi oluşturmaktadır. Basitten karmaşığa, sonsuz sayıda değişik molekül yapılarına sahip olabilen bu bor-oksijen bileşimlerine "borat" ismi verilmektedir. Doğada %19,78 saflıkta 10B izotopu ya da %80,22 saflıkta 11B izotopu halinde bulunmaktadır. Yüksek saflıktaki kristal bor, bor triklorit ya da bor tribromit'in hidrojen ile buhar evresinde indirgenmesi sonucunda hazırlanabilmektedir. Kahverengimsi-siyah bir toz olan amorf bor ise bor trioksiti magnezyum tozu ile ısıtma süreci sonucunda elde edilebilmektedir⁽²⁾.



Kolemanit ($2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)
Rengi: Renksiz-Beyaz
Kristal sistemi: Monoklinik
Sertlik: 4,0
Özgül Ağırlık: $2,42 \text{ g/cm}^3$



Üleksit ($\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{CaO} \cdot 5\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$)
Rengi: Beyaz-Renksiz
Kristal sistemi: Triklirik
Sertlik: 2,5
Özgül Ağırlık: $1,95 \text{ g/cm}^3$



Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
 Renği: Renksiz-Beyaz
 Kristal sistemi: Monoklinik
 Serflik: 2-2,5
 Özgül Ağırlık: 1,71 g/cm³

Ülkemizdeki borat yatakları evaporitlerle benzer koşullarda oluşmuş olmalarına karşın, trona ve kaya tuzu türü evaporit minerallerini içermez.

Boratların, karbonatlı birimlerin çökelimini izlemesi ve Ca-evaporitlerin ilk çökelim ürünü olması nedeniyle, tüm havzalarda ilk çökelen borat mineralleri Ca-boratlardır. Buharlaşmanın hızlanması ile Na-Ca boratlar çöker. Ortamın, Na yoğunlaşması için elverişli olması koşulunda, Na-Ca-borat çökeliminden Na-boratlara; bu koşulun elverişli olmaması durumunda ise yeniden Ca-borat çökelimine geçiş söz konusudur. Bu çerçevede Emet, Bigadiç, Kestelek(Bursa) ve Sultançayırı(Balıkesir) Ca-borat yataklarını, Kırka ise Na-borat çökelimini karakterize etmektedir⁽³⁾.

Borat yataklarında, kalsit, dolomit, anhidrit, jips, sölestin, realgar, orpiment, kuvars, zeolit ve çört gibi borat olmayan mineraller ile montmorillonit ve illit gibi kil mineralleri de gözlenmektedir^{(3) (4) (5)}.

Yerkabuğunda ortam ve kaya türüne göre B ve borik asit içeriği şu şekildedir⁽⁶⁾.

Kayaç Türü	B İçeriği (ppm)
Granit	15
Bazalt	5,0-31,0
Şeyl	100,0-320,0
Liparit	31,0-100,0
Kil taşı	300
Tüfler	114
Riyolit ve Dasit	32

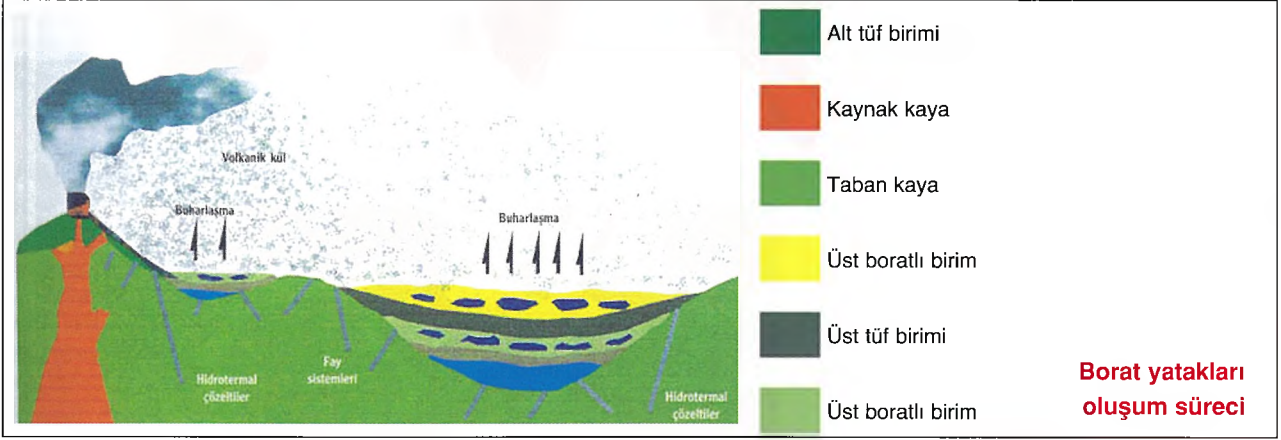
Ortam Türü	B ₂ O ₃ içeriği (ppm)
Yerküre ortalaması	10
Okyanus suyu	4,6
Akarsular	0,013
Sıcak su kaynakları	>100,0
Sulphur Bank (ABD)	720
Okyanus taban çamurları	50,0-500,0
Siyah killer	240
Kıyı çamurları	450
Boksit	5,0-10,0
Ateş kili	10
Kül	100,0-5000,0
Deniz canlılarının iskeletleri	50,0-1000,0
Toprak	5,0-100,0

Borat Yataklarının Oluşum Süreci

Dünyanın en büyük borat yatakları, kimyasal çökelme sonucu göl ortamlarında meydana gelmiştir. Bunlar genellikle kil, kiltası, volkanik kül, kireçtaşı ve benzer tortul tabakaları ile ara katmanlıdır. Volkanik kül tabakalarının yer alması, borat yataklarının etkin volkanizmaya bağlantılı olarak oluşmalarının bir göstergesidir. Volkanik etkinliklerle eş zamanlı oluşan sıcak su kaynakları ve hidrotermal çözeltiler, bor elementinin oluşması için en uygun ortamları oluşturur. Örneğin, Güney Amerika'nın volkanik olarak etkin bölgelerindeki sıcak su kaynaklarında, halen borat çökelmektedir. Ayrıca ABD'de keşfedilen ilk boraks cevheri de yine volkanik olarak etkin bir bölge olan Kaliforniya Eyaleti yakınlarındaki sıcak su kaynaklarının

oluşturduğu çamurlarda bulunmuştur. Bundan başka, 19. yüzyılın başlarında İtalya'nın Toskana bölgesinde keşfedilen boratların kökeninde de volkanik etkinlik olduğu saptanmıştır. Borat yataklarının göl ortamlarında oluşabilmesi için, volkanik etkinliğin yanı sıra, boratların çökelebileceği bir havza gereklidir. Ayrıca

bölgede kurak - yarı kurak bir iklimin hüküm sürmesi de önemli bir diğer koşulu oluşturur. Boratlar suda çözünebilir nitelikte olduğundan, bunların milyonlarca yıl boyunca böyle bir tehlikeden korunabilmesi, üzerlerinin başka kayaç tabakaları tarafından örtülmesi koşulunu doğurmaktadır.



Borat oluşumlarına, görsel ortamlar dışında, deniz ortamında oluşan tuz yatakları içinde de rastlanır. Ancak bu tür ortamlarda meydana gelen boratlar çoğunlukla ekonomik değere sahip değildir.

Borat mineralleri, yeraltındaki magmanın yeryüzüne doğru yükselirken kristalleşmesi sonucu da oluşabilir⁽⁷⁾. Bu tür bir oluşum sırasında bor; kayacı oluşturan minerallerin kristal yapısına girmez; magma kristalleşirken dışarı atılan suyla birlikte, sokulum kayacını terk eder. Borat minerallerinin diğer bir oluşum biçimi ise; magmanın yeraltından yükselmesi ve yüzeye yakın yerlerde soğuması sırasında, çevredeki farklı kayaçların magmanın yüksek ısı ve basıncından etkilenmesi ve bu değişimle birlikte bor elementinin oluşması şeklindedir. Bu tür yollarla oluşmuş bor madenlerine Doğu Rusya ve Çin madenleri örnek olarak gösterilebilir.

Borat Yataklarının Oluşum Süreci

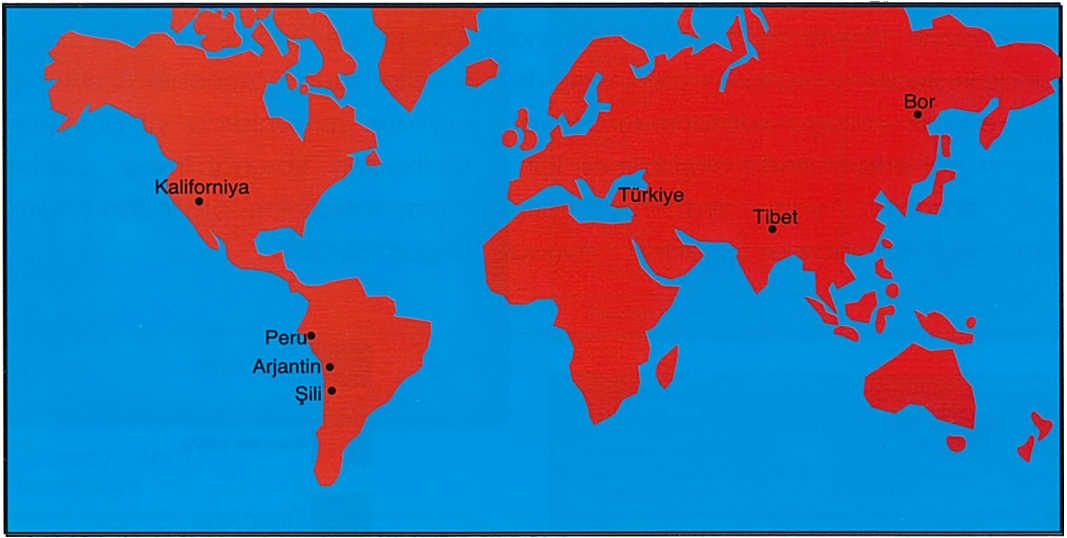
Bor, magmanın kristallenmesi sonrasında kalıntı sıvılar ve gazlar içinde yoğunlaşır. Volkanik

gazlarda ve sıcak su kaynaklarında bor içeriğinin çok yüksek olduğu bilinmektedir. Türkiye ve ABD'deki bor yatakları bölgelerindeki sıcak su kaynaklarında 100 ppm oranında ekonomik önemli miktarda bor belirlenmiştir.

Bu bulgular borun ana kaynağının magma olduğu görüşünü getirmesine karşın çökel kayaçların magmatik kayaçlardan daha fazla bor içerdiği göz önüne alındığında, borun magma kökenli olabileceği gibi, magmatik kayaçlar ile dokanağı olan çökellerden de oluşabileceğini belirtir. Denizel çökellerin, deniz suyundan aldığı bor içeriği, karalardan taşınanlardan daha çoktur. Bu durum, deniz suyuna karalar dışında diğer kaynaklardan bor geldiğinin kanıtıdır. Özellikle, okyanus tabanı açılma alanlarında okyanus suyuna gaz ve çözelti getirmesi çok yoğundur.

Borat Yataklarının Jeolojisi

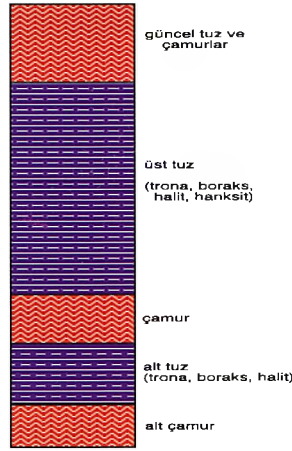
Tüm borat yatakları dünya üzerinde Senozoik yaşlı, tektono-volkanik kuşakların bulunduğu kurak iklimli bölgelerinde gözlenir.



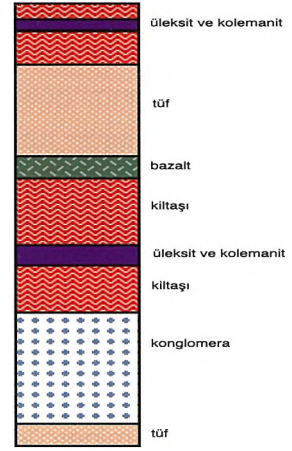
Boron, Kaliforniya



Searles Lake, Kaliforniya



Death Valley, Kaliforniya



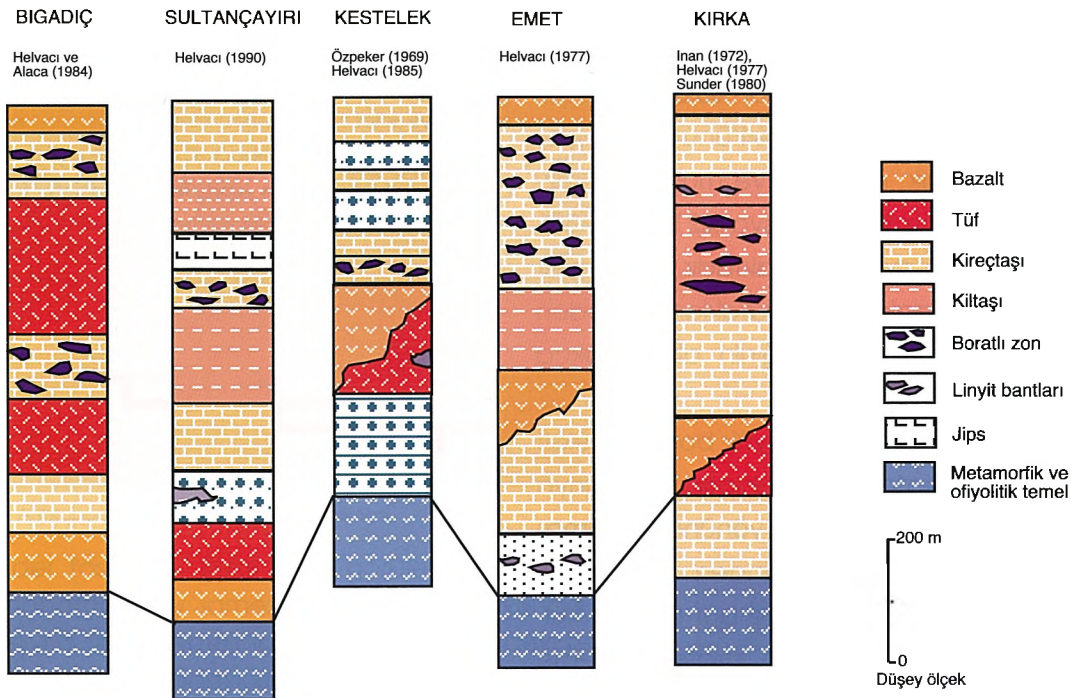
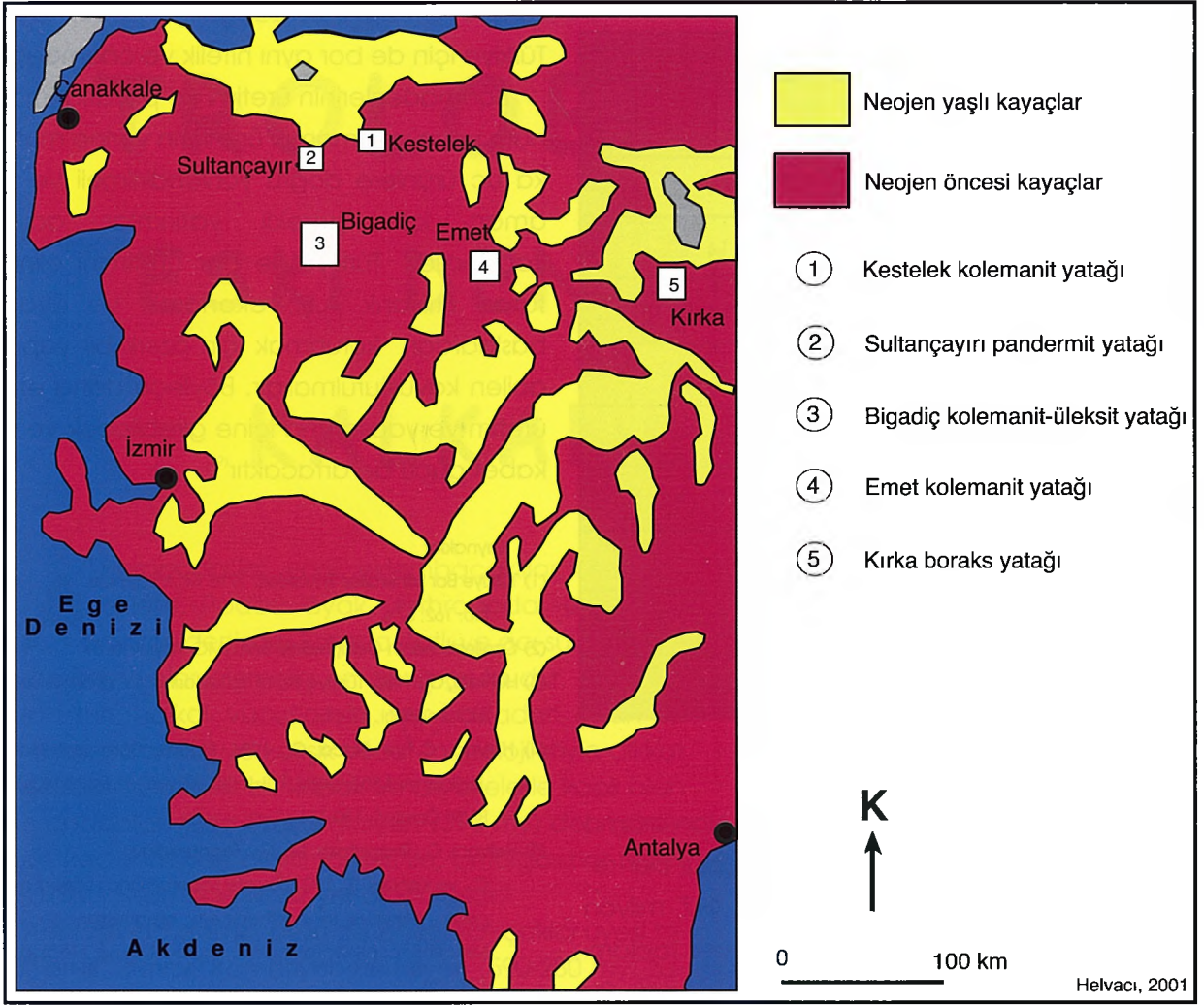
Amerika Birleşik Devletleri'ndeki borat cevherleri Kaliforniya bölgesinde (Boron, Searles Lake ve Death Valley Bölgeleri) yer almaktadır.

Ülkemizin bilinen borat yataklarının tümü Batı Anadolu'dadır. Bu yarıklar D-B doğrultusunda yaklaşık 300 km ve K-G doğrultusunda yaklaşık 150 km'lik bir alan içinde Bigadiç, Sultançayırı, Kestelek, Emet ve Kırka alanlarında yer alır⁽⁸⁾. Türkiye'nin bilinen bu borat yatakları, Tersiyer'de başlayan ve Kuvaterner'in başlangıcına kadar devam

eden volkanik aktivitelerin yer aldığı dönemlerde, Miyosen göl ortamlarında depolanmıştır. Borat yataklarının oluştuğu playa gölleri çökellerini genelde çakıltı, kumtaşı, kilitaşı, tuf, marn ve kireçtaşı oluşturur.

Dünyadaki Borat Yatakları

Borat yatakları ayrıntılarda birbirinden farklı olmalarına karşın, genel olarak benzer özellik gösterirler. Bu yatakların özellikle karasal ve göl fasiyeslerinde geliştiği gözlenmiştir.



Bor Kullanım Alanları

Kullanım Alanları	% Olarak Kullanılma Oranları
Cam Sanayii	28
Porselen Sanayii	14
Gübre Sanayii	14
Sabun Sanayii	14
İlaç Üretimi	3
Antifriz	3
Yapışkan Madde	2
Tecrit Maddeleri	2
Diğer Sanayi Kolları	31
Toplam	100

Türkiye Bor Rezervleri

Günümüze kadar sürdürülmüş olan arama çalışmalarına göre dünyada görünür bor rezervleri toplamı (B_2O_3 bazında) 497 milyon ton, muhtemel ve mümkün rezervler toplamı ise 1 milyar 21 milyon ton civarındadır⁽²⁾. Bu rezervlerin ülkelere göre dağılımında ülkemiz, toplam dünya görünür ekonomik bor rezervlerinin %75,4'ünü, ABD ve Arjantin rezervleri %9,6'sını, Rusya'daki yataklar %5,6'sını ve Çin %5,4'ünü, diğer ülkeler ise %4'ünü içermektedir. Buna karşılık, mümkün ve muhtemel rezervlerde ülkemiz %51,3, Rusya %21,4 ve ABD-Arjantin %12,8 pay taşımaktadır. Bu veriler Batı Anadolu'daki borat yataklarının neden önemle izlenmesi gerektiğinin altını açıkça çizmektedir⁽²⁾.

Türkiye, dünyanın en büyük boraks, üleksit ve kolemanit yataklarına sahiptir. Tüm dünya ülkeleri kolemanit üretimi yönünden tamamen, üleksit üretimi yönünden ise kısmen Türkiye'ye bağımlıdır. Bor ve bor ürünleri kullanım alanları bakımından stratejik öneme

sahiptir. Örneğin, Ortadoğu için petrol ne ise, Türkiye için de bor aynı nitelik ve önemdedir.

Bor madenlerinin üretimi ve pazarlanması, ham veya yarı mamül ürünlerin yerine mutlaka uç ürünlere doğru yönlendirilmeli ve bu amaç için gerekli yatırımlar acilen yapılmalıdır. Türkiye'de bor üretimini elinde tutan Etibank A.Ş.; ekonomik ve siyasal baskılardan korunmak için özerk bir yapıya acilen kavuşturulmalıdır. Böylece daha etkin üretim ve yapılanma içine girebilecek ve rekabet gücü de artacaktır⁽⁹⁾.

Kaynaklar

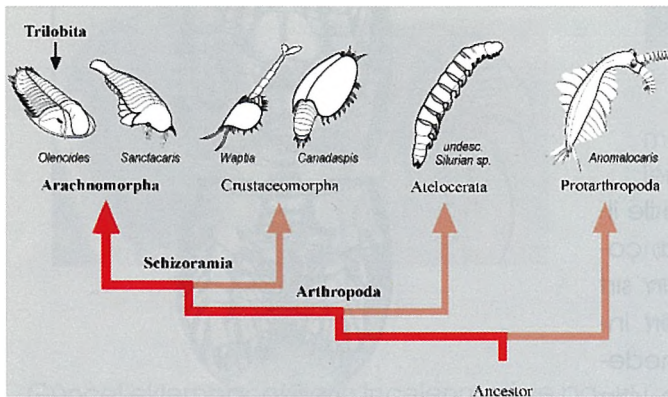
- (1) Türkiye Bor Mineralleri Envanteri, 1976. MTA Yayınları, No. 162, 57 s.
- (2) Özelleştirmenin Odağındaki Bor. JMO Yayınları: 59.
- (3) Helvacı, C., 1983. Türkiye Borat Yataklarının Mineralojisi. Jeoloji Mühendisliği, 37-48.
- (4) Helvacı, C. Ve Alaca, O., 1984. Bigadiç Borat Yataklarının Jeolojisi ve Mineralojisi. T. J. K. 38, Bilimsel ve Teknik Kurultay Bildiri Özetleri, 110-111.
- (5) Helvacı, C., Stamatakis, M., G., Zagourglou, C., ve Kanaris, J., 1993. Borate Minerals and related auto-genic silicates in northeastern Mediterranean Late Miocene continental basins. Explor. Mining Geology 2, 171-178.
- (6) İler, S., 1976. Bor Bileşikleri. Yeryuvarı ve İnsan, C 1, S 4, ss 48-66.
- (7) Bilim ve Teknik Dergisi. Tübitak, Mayıs-2002
- (8) Helvacı, C., 1989. Türkiye Bor Madenciliğinin İşletme, Stoklama ve Pazarlama Sorunlarına Mineralojik Bir Yaklaşım. Jeoloji Mühendisliği, No 34-35, ss 5-17.
- (9) Türkiye Borat Yatakları, JMO Yayınları: 71
- (10) Kistler, R. B. And Helvacı, C., 1994. Boron and Borates. Industrial Minerals and Rocks. Society for Mining, Metallurgy and Exploration, 6. baskı.

TROLOBİTLER: ESKİ DENİZLERİN KALKANLARI

Arthropoda'lar yani eklembacaklılar (Arthron: eklem, Podos: ayak, Arthropoda: eklembacaklı), denizde, karada, tatlı ve acı sularda yaşayan hayvanlar aleminin en geniş grubudur. Bu geniş grup uzun, halkalı vücutlarıyla, her halkadan çıkan bir çift ayak sistemleri ve karışık vücut morfolojileriyle dikkat çekicidirler. Çok sert bir kabuk ve dış iskeletle kaplı olan Arthropodalar, Geç Prekambriyen (590 my)'den günümüze kadar ulaşan çeşitli fosilleri ile, omurgasızlar paleontolojisi içinde önemli bir yer oluştururlar.

Arthropoda dalının belki de en dikkat çekici üyesi trilobitlerdir. Bunlar, Kambriyen-Permiyen (590-230 my) zaman aralığında yaşamışlar ve bu dönem sonunda yok olmuşlardır⁽¹⁾.

Trilobitler, sert ve korkunç denilebilecek bir dış görünüme sahiptir. Bunlar bazı sanat eserlerine konu edil-



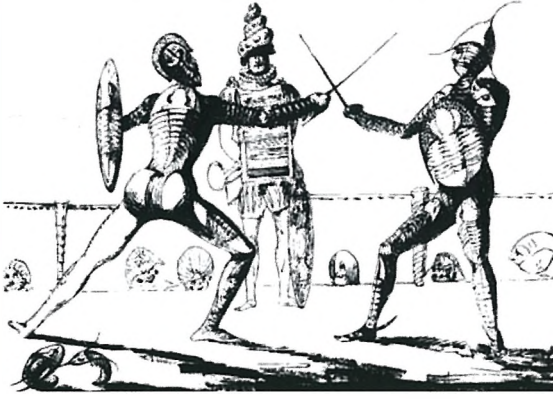
Şekil 1. Arthropoda Dalı'nın genel sınıflandırılması.

miş ender fosillerdir. Şekil 2'de görülen resim İrlandalı jeolog sanatçı Henry James tarafından, 1843 yılında Silüriyen devrini tasvir etmek için çizilmiştir. Resimdeki her iki şovelyenin sol ellerindeki kalkanlar ve üzerlerindeki zırh-

lar, trilobit morfolojisinden yola çıkılarak çizilmiştir. Ayrıca resmin sol alt kenarındaki birbirleriyle dövüşen iki trilobit de dikkat çekicidir⁽²⁾.

Trilobitlerin Morfolojisi

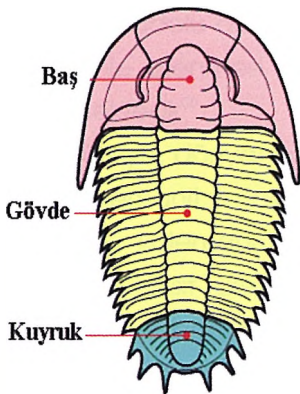
Trilobitler, yaşadığı dönem ile ilgili önemli bilgiler sunan fosiller arasındadır. Paleontoloji bulgularına göre, trilobitler, yaklaşık 350 my.



Şekil 2. Kalkanları trilobit fosiline benzetilerek çizilmiş, Henry James'in dövüşen şovalyeleri.

boyunca eski denizlerde hüküm sürmüş, sert vücut yapısına sahip adeta yüzen veya sürünen bir kalkanı andıran eski deniz böcekleri olarak düşünülmektedir⁽³⁾.

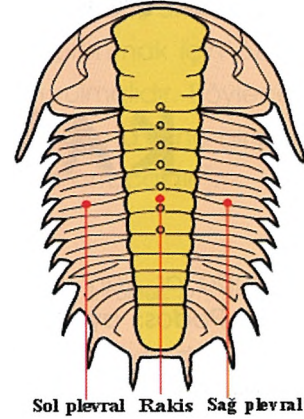
Trilobitler baş (cephalon), gövde (thorax), ve kuyruk (pygidium) bölümlerinden oluşurken; boyuna morfolojilerinde ortada aksel lob ve iki yanda plevral lob'a sahiptirler. Bütün bu vücut yapıları ise dıştan sert bir kabuk ile örtülüdür. Bu sert kabuk trilobitlerin kalkan şeklinde görülmesini sağlar⁽¹⁾⁽³⁾.



Trilobit fosilleri ile ilgili çalışmalarda, çoğunlukla bunların sırt (dorsal) bölgeleri incelenir. Bunun nedeni, bu bölgelerin kitin ve kalker bileşimli olarak fosilleşmesidir. Karın (ventral) kesimlerinin fosilleşmiş olanlarına ise az rastlanılır.

Trilobitlerin ortalama büyüklüğü 3-10 cm'dir. Yaşadıkları dönem içinde 5-6 mm'lik ufak tipleri (Agnostus) ve 30-45 cm'lik iri türleri de (Paradoxus) bulunmaktadır. Bilinen en iri trilobit ise 70 cm boyuna ulaşmıştır.

Paleontoloji çalışmaları içinde trilobit fosillerinin en iyi korunan sırt bölgesindeki baş kıs-

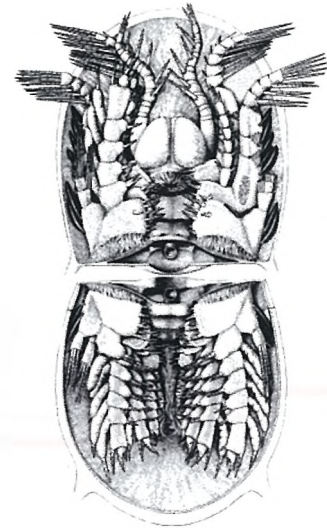


Şekil 5. Trilobit morfolojisi (Dorsal taraf).

mı ile familya, cins ve tür şeklinde taksonomik sınıflaması yapılır⁽³⁾.

Baş

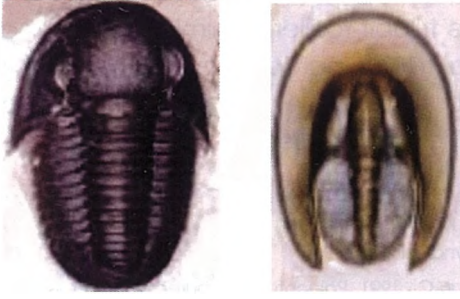
Trilobitlerde en önemli vücut parçası olan baş, genel olarak yarım daire şeklindedir. Baş arka taraftan gövdeye eklenmiştir. Başın tam



Şekil 6: Karın tarafı fosilleşmiş bir trilobit (Agnostus).

orta bölgesindeki şişkinlik glabel adını alırken, bu kısım düzgün veya loplulu olabilir. Glabelin şekli ve üzerindeki süsler trilobitlerin sınıflandırıl-

masında önemlidir. Glabelin her iki yanında üçgen şeklinde de olabilen yanaklar bulunur. Bunun



Şekil 7. Sirt tarafı fosilleşmiş trilobit örnekleri.

ların ortasında ise gözler vardır. Trilobitlerde glabel ve yanaklardan oluşan bu baş kısmı kranidyum olarak adlandırılır⁽³⁾.

Jeoloji tarihi içinde görme yeteneğinin olup olmadığı kavramı, ilk olarak trilobit için kullanılmıştır. Bazı trilobitlerde (örn; Agnostus) göz yoktur ve bunlara kör trilobitler denirken, bazılarında ise (örn; Phacops) gözler fazlasıyla iri olabilmıştır. Trilobitlerde gözler önemli morfolojik değişiklikler gösterir ve yaşam koşulunu belirtir. Uzun kuyruklu ve iri gözlü cinsler denizde serbestçe yüzebilirken, dipte yaşayanlarda ise genelde gözler gelişmemiştir.



Güncel eklembacaklıların incelenmesi ve paleontoloji bulgular, trilobitlerin serbest yüzücü veya deniz dibinde yaşadıklarını ortaya koyar. Son derece yırtıcı oldukları ve deniz dibinden çöpçül beslendikleri düşünülmektedir. Besinlerini ağızlarında bulunan bir süzgeç yardımıyla seçmişlerdir⁽³⁾.

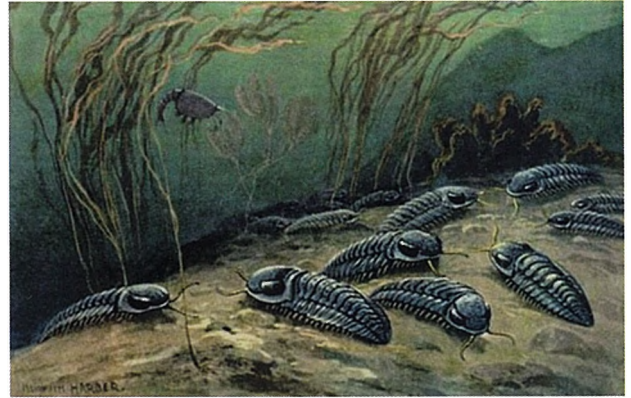
Gövde ve Kuyruk

Gövde, başın hemen arkasındaki halkalı bölmelere oluşur. Halkaların sayısı 2-40 arasında değişir. Trilobitlerde görülen ortalama halka veya bölme sayısı 9-15 arasındadır. Kuyruk kısmı trilobit gövdesinin arkasına eklenmiştir. Genelde yarım daire, üçgen veya dörtgen şekle sahiptir. Bazı türlerde kuyruk uçları dikenlidir⁽³⁾.

Trilobitlerde gövde (toraks) ve kuyruk (Pijidiyum) tüm eklem araları ince olduğundan hayvan belli zamanlarda, özellikle tehlike anında, tesbihböceği gibi kendi üzerine kıvrılabilir (Pliomera) (Şekil 10)⁽³⁾.

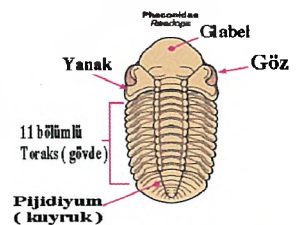
Trilobitlerin Stratigrafik Yayılımı

Trilobitlerin ilkel tiplerinin Prekambriyen'den (2500 my) itibaren yaşadığı, fakat sert dış iskeletleri gelişmediğinden fosilleşemedikleri düşünülmektedir. Saskatchewan Üniversitesindeki trilobit uzmanı paleontologların Çin'de Orta Kambriyen yaşlı 0.3 mm büyüklüğünde bir trilobit yumurtası bulduklarını açıklamaları, trilobitlerin



Şekil 8 : Eski denizlerde trilobitlerin yaşam ortamı.

meydana gelme ve gelişme evrelerinin de incelenmesi gerektiğini ortaya koymuş önemli bir adım olarak değerlendirilir⁽⁴⁾. Kambriyen başlarında (590 my), eski denizlerde bir anda gelişen ve yayılan trilobitler, Ordovisiyen (500 my), Siluriyen (430 my) ve Devoniyen (400 my)'de yaygın



Şekil 9. Gözler belirgin, gövde gelişmiş, kuyruk geniş.



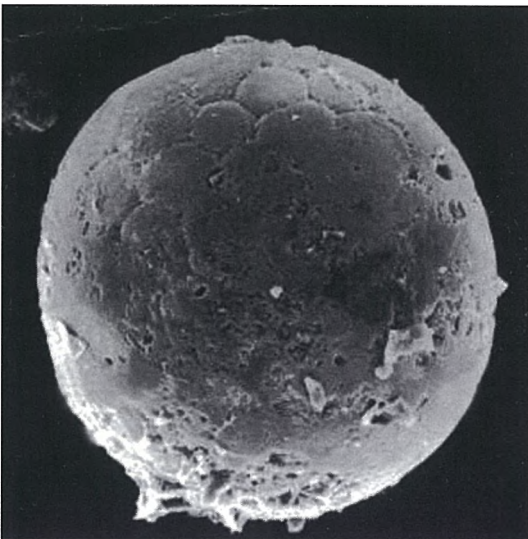
Şekil 10. Kendi üzerine kıvrılmış trilobit fosilleri ve şematik çizimi.

olarak gözlenir. Devoniyen'den sonra sayıları azalmış, Karbonifer (350 my) ve Permiyen (280 my)'de boyları küçülmüş, sayı ve çeşitleri de azalarak, Permiyen sonunda (230 my) tamamen ortadan kalkmışlardır.

Kambriyen sisteminin katlara ve fasiyeslere ayrılmasında en önemli rolü oynayan bu ilginç eski hayvanlar, Atlantik ve Pasifik bölgesinde değişik cinsler geliştirmişlerdir⁽³⁾.

Trilobitler, en yaygın gelişimini Kambriyen devrinde gerçekleştirmişlerdir. Haritada en tipik Kambriyen yaşlı trilobit fosil lokalitelerini göstermektedir.

Kuzey Amerika'da, Rocky Dağlarında şeyller içinde bolca trilobit fosilleri bulunmaktadır. Bu bölge 1981 yılında UNESCO'nun koruma altına aldığı bir lokalite olup trilobit uzmanları için çok önemlidir⁽⁵⁾. Yine Kuzey Amerika'da, Kaliforniya-Nevada sınırını oluşturan White ve Inyo Dağlarındaki şeyller indeks trilobit fosilleri içermektedir. Sibirya'da Aldan River Bölgesi de, kendine özgü trilobit fosilleriyle (Bergoniellus), Kambriyen devrindeki dünya haritasını oluşturulması açısından önem taşımaktadır⁽⁵⁾.



Şekil 11. Zamanın ve doğanın gizli kalmışlarından bir örnek; trilobit yumurçası.

Türkiye'de Mardin bölgesinde metamorfize olmuş sedimanter kayaların yumuşak seviyelerinde Alt ve Orta Kambriyen'i temsil eden trilobitler belirlenmiştir. Akdeniz sahil kesiminde, Antalya ile Silifke arasında şistler içinde trilobit fosilleri yanılmıştır. Amanoslar'da trilobit parçaları bulunmuştur. Ayrıca, İstanbul-Kocaeli Paleozoyik serilerinde de trilobitlerden bahsedilir⁽⁶⁾.

Kaynaklar

- (1) Sayar, C., 1991. Paleontoloji, Omurgasız Fosiller. İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, Sayı 1435, İstanbul.
- (2) Ludvigsen, R., 1909. The Trilobite Papers-1, Denman Institute Research on Trilobites, 140s.
- (3) Black, R., 1970. The Elements of Paleontology. Cambridge Univ, 260s.
- (4) Zhang, X and Pratt, B., 1994. The Trilobite Papers-6, Denman Institute Research on Trilobites, 148s.
- (5) Conway- Morris, 1998. The Curible of Creation: The Burgess Shale and Rise of Animals. Oxford&N.Y. Oxford Univ. Press.
- (6) Erentöz, C., 1966. Türkiye Stratigrafisinde Yeni Bilgiler. MTA.Dergisi (Ayrı baskı). No.66,1-19, Ankara. Şekil 1,3,4 ve 6, www.paleos.com/invertebrates/Arthropods/Trilobita.htm. adresinden alınmıştır.



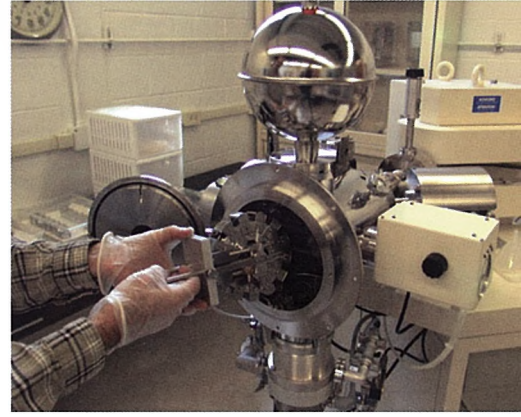
Şekil 12. Kambriyen trilobit lokaliteleri.

İZOTOP JEOLOJİSİ

Tarihçe

1896 yılında Henry Becquerel'in uranyum tuzlarının radyoaktivitesini keşfetmesiyle fizikte çok büyük gelişmeler olmaya başladı. Bu konular Marie-Pierre Curie, Montreal'de Frederick Soddy ve Ernest Rutherford'un öncülüğünde önemli ilerlemeler kaydetti. 1902 yılında yeni keşfedilen bazı elementlerle ilgili bir süreç olan radyoaktivite tanımlandı. Bununla birlikte α (alfa) ve β (beta) partiküllerinin emisyonu (yayılımı) ile γ (gama) radyasyonu süreçleri ortaya konuldu. Buna göre γ (gama) yayılımının oranı radyoaktif atomların sayısı ile ilişkili olup zamanla bu değer giderek azalma göstermektedir. Bu gelişmeler atom fiziğinin temelini teşkil etmiştir (Romer, 1971).

Jeoloji bilimi içinde radyoaktivite Curie ve Laborde'nin 1903 yılında "Radyoaktivite ekzotermik bir süreçtir" adlı çalışmasından sonra önem kazanmaya başlamıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar ile Lord Kelvin'in dünyanın yaşı ile ilgili hesaplamalarının yanlış olduğu sonucu ortaya konulmuştur. 1905 yılında Rutherford, uranyumun içindeki helyum partiküllerini kullanarak jeolojik yaşların hesaplanması üzerinde durmuştur. 1909 da John Joly kayaların radyoaktivite ölçümlerini ve radyoaktivite sonucu oluşan ısı miktarını bir kitapta toplamıştır. 1911 yılında, Arthur Holmes U-Pb bozunmalarını kullanarak kayaların yaşlarını ortaya koymuş, 1913 yılında ise "The Age of Earth" (Dünyanın Yaşı) adlı kitabında kayaç ve minerallerin yaşları ile ilk jeoloji zaman cetvelini oluşturmuştur. Bütün bu gelişmeler yerbilimlerinde "İzotop Jeolojisi" adlı yeni bir alt dalın ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bununla ilgili gelişmeler



Koray Sözeri
Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
sozeri@eng.ankara.edu.tr

teknolojinin gelişimine bağlı olarak radyasyon dedektörleri, kütle spektrometreleri (Şekil 1) ve diğer bazı hassas analitik cihazlar (Şekil 2) doğrudan yaşlandırılmasını beraberinde getirmiştir.

İzotop Tanımı

Aynı atom numarasına fakat farklı atomik kütleye sahip atomlar izotop olarak tanımlanır⁽¹⁾. Herhangi bir elementin tüm atomları o elementin çekirdeğinin etrafında aynı sayıda elektrona sahipken çekirdek içinde de aynı sayıda protonlara sahiptir. Fakat çekirdek içindeki nötron sayıları farklı olabilir. Bir elementin atom numarası veya atomik ağırlığı çekirdekdeki proton ve nötron sayılarının toplamı kadardır. Nötron sayıları değişken olabildiği için atomların kütleleri de farklı olabilir. Yapay olarak bir atom çekirdeğine hızlı hareket eden partikül bombardımanı gerçekleştirildiğinde hidrojen elementi hariç tüm elementlerin izotopları elde edilebilir. Bir elementin izotopları çok az oranda da olsa farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir. Kimyasal özellikler genellikle çekirdek yüküne ve dış yörüngedeki elektron dağılımı ile ilişkilidir.



Şekil 1. ICP (inductively coupled plasma) İndüktif çiftlenmiş plazma-kütle spektrometre cihazı. (Doğa Tarihi Müzesi İzotop Jeolojisi Laboratuvarı, Stockholm-ISVEÇ).

Bazı izotoplar radyoaktif özelliğine sahiptir ve bu izotopların atom çekirdekleri radyasyon yayar. Bu radyasyon değişik şekillerde ortaya çıkabilir. Bunlardan en yaygın olanları

α (alfa), β (beta), γ (gama) yayılımıdır. Radyoaktif bozunma sonucu oluşan çekirdek yavru ürün olarak tanımlanır ve bunlar radyojenik izotoplar olarak adlandırılır⁽¹⁾. Yavru ürünler kendisini oluşturan ana çekirdekten daha fazla radyoaktiflik özelliğe sahiptir. Bazı radyoaktif izotoplar ise atmosferdeki yüksek enerjili partiküllerin (^{14}C , trityum) duraylı çekirdek reaksiyonları ile devamlı olarak oluşmaktadır. Son yıllarda nükleer reaktörler ve nükleer bombalar nedeniyle yeryüzünde yapay radyoaktif izotop üretimi çok fazla miktarda artmıştır. Doğal olarak oluşan izotopların çoğu radyoaktif olmayıp, bunlar duraylı izotoplar olarak tanımlanır.

Radyoaktivite sonucu oluşan izotopların yeryüzündeki miktarları göz önüne alınarak yerkabuğundaki herhangi bir kayaç biriminin yaşı belirlenebilmektedir. Özellikle kurşun (Pb) ve stronsiyum (Sr) elementlerinin izotopları bu konuda önemli veri sağlamaktadır.



Şekil 2. Termal İyonlaşma Kütle Spektrometresi (TIMS). (Pittsburg Üniversitesi, Radyojenik İzotop Jeokimya Laboratuvarı, ABD).

Radyoaktivite ve Radyojenik İzotoplar

Radyoaktif bozunmanın sabit oranlarda gelişmesi ve bozunmanın ortamdaki sıcaklık, basınç ve kimyasal olaylardan etkilenmemesi jeolojik ortamların oluşum yaşlarının belirlenmesi için önemli olmaktadır. Ayrıca kaya örneklerinin analizi sırasında da yine oldukça dikkatli ve titiz çalışmalar yapılması analizin doğruluğunu önemli oranda etkilemektedir. (Şekil 3,4)

Radyoaktif bir izotop, büyümekte olan bir mineralin kristal iç yapısında (kristal kafesi) ise bu izotop atomunun yavru atomları sabit bir oranda bozunmaya uğrar⁽¹⁾. Zaman içinde ana element ile yavru element oranı, yavru element miktarının artmasıyla değişir. Bu oranın kullanılması ile bu kristalin oluşumundan beri geçen zaman hesaplanabilir. Hesaplanan değer doğru olabilmesi bazı koşullara bağlıdır; Bunlar, kristal oluştuğu andan itibaren herhangi bir alterasyon (bozunma) geçirmemesi, ortama yeni radyoaktif elementlerin eklenmemesi ve ortamdan radyoaktif elementlerin kaybolmaması gerekir. Kristal eğer herhangi bir bozunmaya veya metamorfizmaya uğramış ise, bu durumda ölçülen yaş, mineralin yaşı olmayıp, alterasyonun veya metamorfizmanın yaşı olacaktır. Yaş hesaplamaları yapılırken şu formülden yararlanılır:

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln\left(\frac{D - D_0}{p} + 1\right)$$

t : Zaman

l : Bozunma sabiti

D : Radyojenik izotop un t anındaki miktarı

D₀ : Radyojenik

izotopun bozunma başlamadan önceki ilksel değeri

P : Herhangi bir zaman (t) anındaki ana atomlarının sayısı

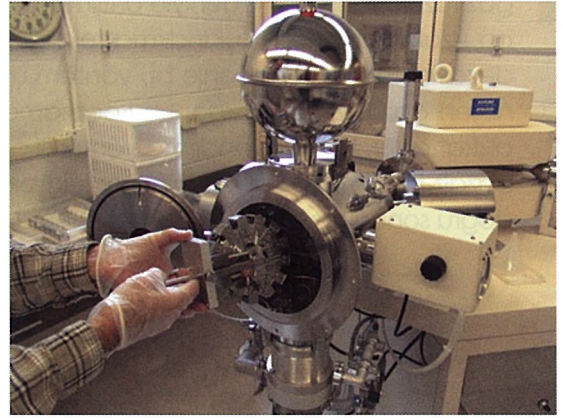
Bu formülden elde edilecek sonucun doğru olabilmesi için l değerinin zamanla değişmemesi ve kaya veya mineralin dış etkilerden etkilenmediği kapalı bir sistem içinde kalması gerekir.



Şekil 3. Termal iyonlaşma kütle spektrometresi (TIMS) laboratuvarı örnek hazırlama bölümü (Pittsburg Üniversitesi, Radyojenik İzotop Jeokimya Laboratuvarı, ABD).

Rb-Sr (Rubidyum-Stronsiyum) Yöntemi

⁸⁷Rb izotopu elektron yayararak ⁸⁷Sr ye dönüşür. Bu dönüşüm kullanılarak yaşlandırma işlemi yapılabilir. Bu yöntem yapısında Rb içeren ve genellikle 65 milyon yıldan daha yaşlı mineral(örneğin: lepidolit, muskovit, biyotit, K-feldispat) veya kayalar için uygulanabilir. Rb elementinin kendine ait bir minerali yoktur, fakat K (potasyum) elementinin yerine kolayca geçebildiği için birçok kayada fazla miktarlarda bulunabilmektedir. Bu yöntem ile doğru sonuçlar elde edebilmek için izotoplar oluştuktan sonra, sisteme yeni izotopların eklenmemesi ya da mevcut izotopların sistemden dışarı kaçmamış olması önemlidir⁽²⁾.



Şekil 4. Termal iyonlaşma kütle spektrometresi (TIMS) cihazına hazırlanan örneğin yerleştirilmesi (Pittsburg Üniversitesi, Radyojenik İzotop Jeokimya Laboratuvarı, ABD).

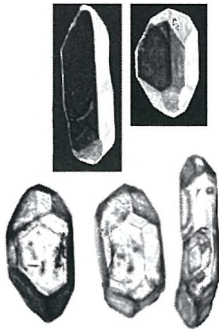
U-Th (Uranyum-Toryum) Yöntemi

Doğal olarak oluşan uranyum (U) çoğunlukla ²³⁸U izotopu, daha az oranda da ²³⁴U izotopu içerir. ²⁰⁶Pb izotopu ²³⁸U nun bozunmasıyla ²⁰⁷Pb ise ²³⁵U'un bozunması sonucu oluşur⁽²⁾. Bu bozunma esnasında Helyum (He) elementi açığa çıkar. Yer kabuğunda bulunan ²³⁵U izotopunun günümüzde hemen hemen hepsi tükenmiş durumdadır. Bunun sebebi yer kabuğu oluştuktan sonra yaklaşık 4.5 milyar yıl süre geçmiş olmasıdır. ²³⁸U izotopu ise bu süre içinde hemen hemen yarı yarıya tükenmiştir. Uranyum içeren mineraller az oranda da olsa ²³²Th (toryum) izotopuna, bu ²³²Th izotopu ise Pb(kurşun) izotopuna dönüşür. Uranyum yöntemi ile yapılan yaş tayini ile 3 farklı yaş değeri elde edilir. Bunlar ²³⁸U - ²⁰⁶Pb, ²³⁵U - ²⁰⁷Pb, ²³²Th - ²⁰⁸Pb yaşlarıdır. Bu değerlerin birbirleriyle uyumlu olması gerekir. Aksi takdirde elde edilen yaş sonucu doğru

olmayabilir. Bu analiz özellikle magmatik kayalarda yaygınca bulunan zirkon minerali üzerinde uygulanır. (Şekil 5) Ayrıca uraninit, sfen, apatit ve monazit gibi minerallerde analiz için uygun tercih edilen diğer minerallerdir.

K-Ar (Potasyum-Argon) Yöntemi

Doğal olarak oluşan ^{40}K izotopu iki önemli radyoaktif bozunmaya uğrar. Bunlardan ilki elektron yayını (emisyonu) ile ^{40}Ca ya dönüşme, diğeri ise elektron yakalama ile ^{40}Ar 'a dönüşmedir⁽²⁾. ^{40}Ca bozunması diğere göre daha önemlidir. Çünkü bu izotop kalsiyum (Ca) elementinin en yaygın izotopudur. ^{40}Ar izotopu ile yaşlandırma diğere göre daha avantajlıdır. K-Ar yönteminde radyojenik izotop ürünün gaz fazında olması nedeniyle ortamdan kolayca uzaklaşabilmesi yaşlandırma tekniğinde bir dezavantajdır. Bu nedenle bu yöntem uygulanırken gaz fazındaki argonun kaçmaması için dikkat edilir. K-Ar yaşlandırma yöntemi özellikle bazalt bileşimli volkanik kayalar için oldukça doğru sonuçlar verir.



Şekil 5. U-Pb yönteminde kullanılan zirkon (ZrSiO_4) mineralleri (Üstteki resimler taramalı elektron mikroskop görüntüsü, alttakiler ise standart mikroskop görüntüsüdür).

^{14}C (Karbon14) Yöntemi

Atmosferdeki ^{14}N (azot) atomları kozmik ışınların çarpışması ile oluşan nötronlarla reaksiyona girerek ^{14}C (karbon)'ü oluşturur. Oluşan ^{14}C ise kolayca okside olarak CO_2 yi oluşturur. ^{14}C radyoaktif olup yarılanma süresi 5730 yıldır. Havadaki CO_2 fotosentez için bitkiler tarafından tüketilir. Hayvanlar hava ve, suda bulunan CO_2 yi bünyelerine alırlar. Buna ilaveten fotosentez yapmak için CO_2 kullanan bitkileri de yedikleri için bu bitkilerden de bünyelerine ^{14}C alırlar. Bu tip canlılar bu işlemleri hayatları boyunca tekrarladıkları için sürekli olarak vücutlarına ^{14}C alırlar. Bu canlılar öldükle-

rinde fosilleşmiş olsalar bile vücutlarındaki ^{14}C durumunu koruduğu için bu canlıların yaşlarını belirlemek mümkündür.



Şekil 6. Taş devrine ait savaş baltası ve çömlek. Radyokarbon yöntemi kullanılarak yapılan yaşlandırma ile M.Ö. 2400 yıl yaşta elde edilmiştir (İsveç Stokholm müzesinden).

^{14}C 'un yarılanma süresi kısa olduğu için bu yöntemle elde edilebilecek en büyük yaş 50.000-60.000 yıl civarındadır (Şekil 6). Bu nedenle özellikle arkeoloji ve antropoloji çalışmalarında kullanılmaktadır. Ancak güneşteki kozmik patlamaların fazla olduğu durumlarda, yerin manyetik alanı bu olaydan fazlaca etkileneceği için bu yöntem ile yapılan ölçümlerin hassasiyeti önemli oranda bozulacaktır. Bunun dışında yeryüzündeki organik aktiviteninde çok fazla değişimi radyokarbon yöntemiyle yapılan yaşlandırma çalışmalarını olumsuz etkileyebilmektedir.

Re-Os (Renyum-Osmiyum) Yöntemi

Renyum(Re) ve osmiyum(Os) elementleri kayalar içinde genelde çok düşük oranlarda bulunur. Re-Os yöntemi ultramafik kayaların ve meteoritlerin yaşlandırılmasında tercih edilmektedir. Özellikle 550 milyon yıldan daha yaşlı olan kabuk kökenli kayalarda $^{187}\text{Os} / ^{186}\text{Os}$ oranlarının yüksek olması bu tip kayalar için oldukça ideal olmaktadır.

Kaynaklar

- (1) Krauskopf, K.B., 1982. Introduction to Geochemistry. Second Edition, McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITIONS. Earth and Planetary Series s. 488-499
- (2) Faure, G. 1998. Geochemistry. Simon & Schuster/A Company. Upper Saddle River. New Jersey 07458 s.276

DENİZLERİN GERÇEK RENGİ

Yeryüzünde çok miktarda bulunan fakat dağılımı dengesiz olan su, çevremizi saran ve yaşam için vazgeçilmez maddelerden biri olduğu gibi aynı zamanda da en ilginç olanadır. Yüzölçümü 500 milyon km² olan yerküremizin %70.8'i su, % 29.2'si de kıtalardan oluşmaktadır.

Dünyada var olan su, denizler ve atmosfer arasında sürekli bir devinim halindedir; hava-su döngüsü içindeki su miktarı sabit kalmakla birlikte, yaşamımızı koşullandıran önemli etmenler arasındadır. Özellikle okyanuslarda bol miktarda sıvı halinde bulunan su, ortam olarak yaşamın doğuşu, gelişimi, evrimi ve devamı için de vazgeçilmezdir. Güneş sisteminde bulunan, içerdığı su miktarı bakımından zengin olan gezegenimizdeki yaşamı, büyük ölçüde suya borçluyuz. Yaşamın ataları sayılabilecek mikroorganizmalar, yaşamlarını topraktan ziyade suda sürdürebilmiştir. Normal yaşamımız yerküremizin yüzeyinde geçtiğine göre deniz ve okyanuslara gereken önemi de vermeliyiz. İnsanlara yiyecek sağlayan deniz, hızla artan dünya nüfusu ve denizin değişik nedenlerle kirlenmesi sonucu bu işlevine daha ne kadar devam edebilir sorusu günümüzde bilim adamları tarafından sorgulanmaktadır. Yeryüvarı uzaydan bakılınca, denizlerdeki saçılma olayının kısa dalgalarda oluşmasından dolayı, 'mavi gezegen' izlenimini verir. 'Mavi gezegen' bize daha ne kadar hizmet edebilecek bir potansiyele sahiptir? Bu tip sorulara yanıt bulabilmek için önce gezegenimizin geçmişteki durumunu tanımamız, evrimin başlangıcından bugüne nasıl ulaştığını anlamamız gerekmektedir.

"Bizde öyle kişiler var ki sudaki yıldızları bulmak için güverteden denizin derinliklerine dalıverirler"

*Blaise Cendrars,
Bourlinger- Fransız Yazar*

Aysel İ. Karafistan
Onsekiz Mart Üniversitesi
Su Ürünleri Fakültesi,
P.K. 56 Çanakkale
akarafistan@yahoo.com

Tarihçe

Evrenin 'Big-Bang' adı verilen büyük bir patlamadan sonra genişlemeye başladığı düşünülüyor. Buna göre yerküremiz, evren içerisinde, 5 milyar yaşındaki güneş sisteminin bir parçasıdır.

Güneş ise 100 milyar yıldızın oluşturduğu 12 milyar yaşlarındaki Samanyolu Gökadasının bir üyesidir. Samanyolu'nda evrimini tamamlamış birinci nesil yıldızlar kendi içlerinde ağır metalleri oluşturarak supernova patlamalarıyla yıldızlar arası ortamı beslemişlerdir. Geride kalan sıcak gaz bulutları yoğunlaşarak Güneş'in ve diğer yıldızların meydana gelmesine neden olmuştur. Bulutun dönmesi nedeniyle belli kuşaklar üzerinde seyreden kayalı gezegenlerden Merkür, Venüs, Yer ve Mars; gazlardan ve kayalardan oluşmuş Jüpiter, Satürn, Uranüs, Neptün ve Plüton gezegenleri de meydana gelmiştir. Yeryuvarı, gaz bulutunun çekimi altında yoğunlaşarak büzülmüş, başlangıçta tamamıyla homojen olan yapısı sonradan çekirdek, manto ve kabuk diye bilinen farklı yoğunluklardaki bölümlere ayrılmıştır. Çekirdekte Fe, Ni gibi ağır elementler, mantoda ise Fe, Mg, Si ve O elementi bulunmaktadır. Kabuk kısmına gelince daha az yoğunlukta alüminyum-silikat minerallerine rastlanmaktadır. Başlangıç koşullarında yer yüzünde atmosferin olmadığı, ayrıca yüksek sıcaklıktan dolayı okyanuslardaki tüm suyun gaz halinde olduğu tahmin ediliyor. Dört milyar yıl önce yeryüzünün yeterince soğuması sonucunda, atmosferdeki su buharının ve diğer gazların yoğunlaşarak denizleri oluşturdukları varsayılıyor. Atmosferdeki su buharı ve diğer gazların, (CO₂, CH₄, SO₂, Cl, N, S, H, B, Br, Ar, F vb.) yanardağların patlaması sonucu atmosferi doldurmuş olabileceği kanısı da yaygındır. Başka bir teoriye göre ise; yeryüzüne yakın geçen bir kuyruklu yıldızın deniz ve atmosferdeki suyu oluşturduğu fikri ortaya atılmıştır.

Okyanus ve Denizler

Çocukluğumuzdan beri 'denizin tuzlu olduğu' sözünü duyarız. Bu nedenle önce tuzluluğun ne olduğunu açıklamak gerekir. Deniz suyu %3.5 oranında tuz, çözünmüş gaz, organik madde ve çözünmemiş halde bulunan asılı parçacıklardan oluşur. Deniz suyunda bulunan bu maddeler suyun yoğunluk, donma noktası ve sıcaklık gibi fiziksel özelliklerini değiştirebilir.

Tuzluluk aslında bir kilo deniz suyunda çözülmüş olan tuz miktarı diye tanımlanmalıydı. Fakat uygulamada ölçülmesi zor olduğundan başka bir özellikten, yani klorür miktarından yararlanılarak tuzluluk tanımlanır.

Su, donma noktasına yaklaştıkça yoğunluğu hızla azalır. Basınç altında donma noktasının düşmesiyle birlikte hidrojen bağları da kopar. Suyun sıcaklığı, balıkların biyolojik, fizyolojik ve üreme aktivitelerinde büyük bir rol oynar. Sıcaklığın 4°C'nin altına düşmesiyle balıkçılık durur. Aksine sıcaklığın artması ise balıkların yem alımlarını dolayısıyla gelişmelerini de artırır. Bu durum, optimum dediğimiz belli bir sıcaklık seviyesinden sonra tersine dönüşebilir. Örneğin alabalıklarda 20°C'nin üzerinde, çözülmüş oksijen azalması nedeniyle solunum güçlükleri görülür. Dolayısıyla, suyun sıcaklığı, canlı yaşamında en önemli faktörlerden birisidir, diyebiliriz.

Suyun evrensel çözücü niteliği vardır. Yer kabuğunun ilk beş kilometresinde hacim olarak diğer elementlerden üç kat daha fazla su bulunur. Sıvıdan katı haline dönüşürken birçok bileşiğin aksine hacmi genişler. Bunun nedeni şu şekilde açıklanabilir; suyun donarken tüm su molekülleri 'tetrahedron', yani dört köşeli bir kristal şekil oluşturur. Bu durum hacmin yeniden artmasına, yoğunluğunun ise azalmasına neden olur. Suyun katı hal sıvı halinden daha hafiftir ve bu nedenle buz suda yüzer. Donma noktasına yaklaştıkça yoğunluğun hızla azaldığı, basınç altında donma noktasının da düştüğü bilinen özellikleri arasındadır. Hidrojen bağlarının da basınç altında kopması sonucu buz esnekleşir.

Suyun ayrıca büyük bir ısı kapasitesi de vardır. Bir metal olan civadan sonra en iyi ısı ileten sıvıdır. Amonyumdan sonra da ısıya karşı en yüksek kapasitesi olan sıvıdır. Bunlar suyu kullanışı ve değerli kılan özelliklerdir. Çevre ile ilgili araştırma konularında ise su kıtlığı ve kalitesi önceliklidir. Başka gezegen veya gök cisimlerinde yaşam koşulları araştırılırken ilk sorulan soru yine suyun varlığı ile ilgilidir.

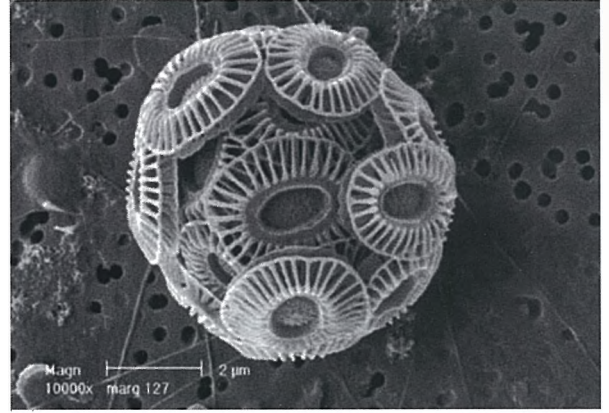
Okyanus ve denizlerdeki büyük su kütlelerinin özellikleri de önemli ölçüde suyun sıcaklığına bağlıdır. Su ısıtıldığı zaman su moleküllerindeki atomların hareket ve duyarlılığı arttığından hacimleri ve suyun çözme gücü de artar. Sıcak sudaki çözünebilir tuz miktarının, soğuk suya göre daha fazla olduğunu gözlemişizdir. Saf su 3.94 °C (yaklaşık olarak 4 °C) sıcaklığında maksimum yoğunluğuna ulaşır. Bu noktadan donma noktasına kadar az da olsa yoğunluğu azalır. Saf su deniz suyundan daha iyi bir iletkenidir. Deniz suyunun yüzey sıcaklığı -2 °C ve 30 °C arasında değişir. Okyanus derinliklerindeki sıcaklıklar iklimsel koşullardan pek etkilenmezler ve -1 °C ve 4 °C arasındaki dar bölgede bulunurlar. Ekvatora yakın enlemlerdeki deniz suyu daha sıcaktır fakat bu sıcaklık kutuplara yaklaştıkça azalır. Büyük akıntılarda bu durum ters olarak gelişebilir.

Suyun tuzluluk ve sıcaklığı uzun süreçlerde değişmemekle birlikte daha kısa olan gündüz-gece farkları, depremler, mevsim farklılıkları vb. gibi süreçlerle değişebilir. Ayrıca güneş ışımalarının sularda soğurulması, su altı yer kabuğu ısısının artması, yanardağ faaliyetleri, gel-git olayları, yüzeyden esen rüzgarların meydana getirdiği kinetik enerjinin ısı haline dönüşmesine bağlı olarak da değişebilir.

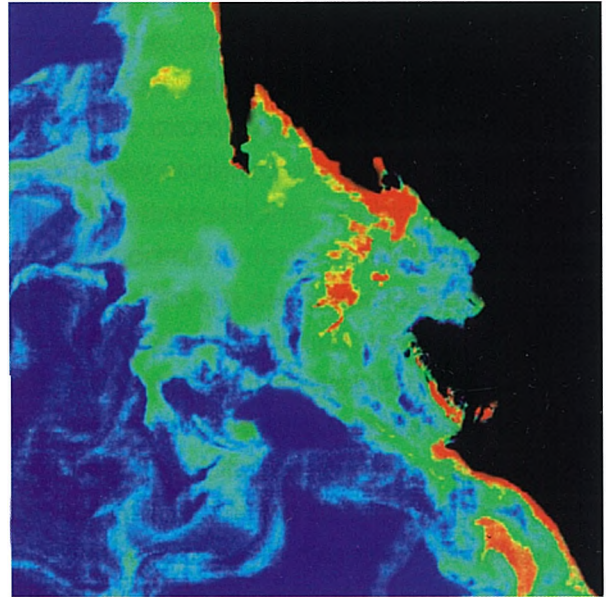
Uydulardan Mavi Gezegen

800 km uzaklıkta uzaydan aşağıya bakıldığı zaman mikron (yani 1/10000000 m) büyüklüğündeki Şekil 1'deki mikroskobik *Emiliana huxley* kokolitoforları (kısaca Ehux) fitoplanktonunu ve kabuğunu görebilmek için gözlerinizi zorlamanız gerekecektir! Bu tabii işin şaka tarafı fakat milyonlarca hatta trilyonlarca bir araya geldiği za-

man durum değişir. Şekil 1'deki mikroskobik canlı yerine Avrupa Uzay Araştırma uydusu Envi-sat'taki MERIS aracının 13 Kasım 2002'de çektiği bir resim karşınıza çıkar. Resim⁽¹⁾, Kuzey Atlas Okyanusu ve Kanada arasındaki kıyısız bölgede bu tür fitoplankton patlamalarından ileri gelen renk değişimlerinin uydudaki alıcılar tarafından görümlenmesidir. Şekil 2'de deniz-yeşili dalgali bölge, 300 x 200 km'lik bir okyanus kesiminde aşırı yoğunluktaki fitoplanktonların uydu tarafından belli dalga boylarında algılanmasına karşılık gelir.



Şekil 1. (Kokolitofor):Ehux Fitoplanktonu ve kabuğu.



Şekil 2. Uydu gözüyle Fitoplankton patlaması.

Fitoplanktonlar, okyanus ve denizlerdeki besin zincirinin ilk halkasını oluşturan mikroskobik su canlılarıdır. Bu nedenle küresel ekosistem için

çok önemli bir rol oynarlar. Fitoplanktonların 'patlama' diye bilinen bu aşırı çoğalmaları sonucunda deniz yüzeyinin yansıtıcı etkisi değişebilmektedir. Bunun sonucunda bu patlama bölgelerine karşılık gelen okyanustaki ani renk değişiklikleri, uydudaki alıcılar tarafından da görüntülenmektedir. Yer yüzüne gönderilen bu tip uydu görüntülerinin işlenmesi ve deniz bilimcilerin tarafından yorumlanması bize su kalitesi hakkında yeni bilgiler vermektedir.

Orta eylemlerdeki fitoplankton patlamaları doğal bir olay olmakla birlikte son yıllardaki Amerikan Uzay Araştırma ve Atmosfer Araştırma Merkezlerine göre yıllık patlamaların küresel olarak azaldığı tespit edilmiştir. Ekvatora yakın açık sularda kayda değer bir artış gösterdiği gibi, diğer bir çok açık kuzey sularında ise azaldığı gözlenmiştir. Bu tip patlamalara orta eylemlerde ilkbaharda rastlanması gerekirken yaz aylarında gözlenmeleri büyük bir ilgi uyandırmıştır. Kış aylarında ise yeterince güneş ışığının olmaması ve rüzgarın da etkisiyle fitoplanktonlar çok az sayıda bulunabilmektedir. Mevsimlerin değişmesiyle artan güneş enerjisi, suları ısıtmakta ve bitkiler gibi sudaki canlılar da ilk baharda gelişebilmektedirler. Bu basit organizmalar hücrelerindeki klorofil pigmentleri sayesinde yeşil toprak bitkilerinde olduğu gibi fotosentez yaparlar. Fitoplanktonlar su, azot ve karbon gibi inorganik bileşikler kompleks organik maddeye dönüştürebilirler. Bu bileşikler "hazmetme" özelliklerinden dolayı da atmosferdeki karbondioksiti topraktaki bitkisel kuzenleri kadar taşımaktan sorumlu tutulurlar. Son birkaç yüzyıldan orman alanlarının hızla daralması, toprak kullanım şekillerinin değişmesi, özellikle de fosil yakıtların kullanılması atmosferdeki karbon dioksiti büyük oranda arttırmıştır. Karbondioksit ise yeryuvarının sıcaklığını etkileyen 'sera' gazlarından bir tanesidir. Uluslararası bilimsel kurumlara göre; atmosferdeki karbon dioksit

konsantrasyonlarının artmasıyla sel, çöllerleşme, kıyı erozyonları gibi istenmeyen doğal afetlerden sorumlu iklimsel değişimlerin gelişimi söz konusudur. Bazı araştırmacılar fitoplanktonların biyosferdeki fotosentezin %50'sinden sorumlu olduğunu ifade ederler. Aynı şekilde karbon döngüsünde de % 50 oranında bir katkı ile yerin iklimini dengelemekte olduğu görüşündedirler.

Denizlerin Rengi ve Kirlilik

Üç tarafı denizlerle kaplı ve iç deniz sayılabilecek Karadeniz ve Marmara'yı bağlayan Türk Boğazlar Sistemi'ne sahip olan ülkemiz de uzaktan ve yakından bakıldığı zaman oldukça ilginç bir coğrafi konuma sahiptir. Karadeniz'e özellikle Tuna Nehri'nin batıdan toplayarak getirdiği, endüstriyel ve zirai atıklar su ortamının kalitesini ve ekolojik sistemin dengesini bozmuştur. Kirliliğin boyutlarını belirlemek amacıyla yürütülen NATO⁽²⁾, AB ve TÜBİTAK destekli değişik uluslararası ve ulusal projeler mevcuttur. Bu çalışmalarda güdülen amaç; suda yaşayan canlılar ve suyu kullanan insanlar açısından su kalitesini belirlemek ve ekosistemin ne derece sağlıklı olduğunu araştırmaktır.

Karadeniz'den İstanbul ve Çanakkale Boğazı'na ulaşan kirlilik de akıntılarla Ege Denizi'ne kolayca taşınabilmektedir. Bildiğimiz gibi, Çanakkale Boğazı Karadeniz'i Marmara'ya, Akdeniz'i ise Ege'den Karadeniz'e bağlayan önemli bir su yoludur. Kendine özgü iki yönlü alt ve üst akıntı sistemi mevsimlere bazen günlere göre meteorolojik değişimler gösterir. Karadeniz kökenli yüzeydeki su kütlesi beraberinde getirdiği kirlilik yükü ile bir yandan güneybatıya doğru akarken diğer yandan kuzey ve güneye uzanarak Akdeniz özellikli derin su kütesine karışmaktadır. Fırtınalı dönemlerdeki karışım olayları yüzeydeki Karadeniz kökenli su kütesini derinlere daha

çabuk ulaştırabilmektedir. Akdeniz sularını alt akıntıyla Karadeniz'e, Karadeniz sularını da üst akıntı ile Marmara ve Akdeniz'e taşıması deniz canlıları için biyolojik koridor görevi görür. Akdeniz'de yaşayan birçok deniz canlısının üremek ve beslenmek için (sardalye, yunus, orkinos, kılıç balığı vb.) Çanakkale Boğazı'ndan Marmara denizine geçtiği biliniyor. Ayrıca yoğun deniz trafiği ile birlikte bölgenin en riskli doğal su yoludur. Karadeniz kökenli suların saniyede yaklaşık 12.600 m³ debi ile Çanakkale Boğazı'na girdiği düşünülürse insan kaynaklı kirliliğin, sudaki ekosistemin binlerce yıllık tarihi içinden günümüze ulaşan dengesi ve su kalitesini her geçen gün bozduğu anlaşılabilir. Günümüzdeki insan kaynaklı değişik etkinlikler biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve bazı türlerin yok olmasına neden olmaktadır. Ekosistemin dengesinin bozulması ise yenilene-meyen doğal kaynaklardaki su kalitesinin bozulması demektir. Dolayısıyla su ile ekosisteme ulaşan kirlilik besin zinciri ile de balıktan insana doğru artarak birikmekte, balıkçılığı etkileyebilmektedir. Bu nedenle günümüzde deniz ve kıyı yönetimlerinde ekosistem dengesi sürekli izlenmektedir. Elde edilen verilerden ekosistemin fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısının çevresel baskılara bağlı değişimleri, karmaşık bilgisayar modelleri ile araştırılmaktadır. Modellerdeki amaç ise yapılan ölçmelerden hareket ederek kirletici kaynakları ve etkilerini saptamak, yakın bir gelecekteki durumu önceden haber vererek önlem ve öneriler getirmektedir^(3,4).

En basit su kalitesi modelini şöyle özetleyebiliriz. Bildiğimiz gibi, su ortamındaki mikroskopla gözlenebilecek derecede küçük canlılar, yani algler, için en önemli besin tuzlarından biri olan fosfat, çevrede kullanılan tarımsal gübrelerden, kanalizasyon atıklarından suya karışıyor. Suda biriken fosfatı kullanan mikroskobik fitoplanktonlar, ilkbahar aylarındaki uygun sıcaklık koşullarında hızla gelişerek suyun ışık geçirgenliğini azaltıyorlar. Suyun berraklığını azaltarak güneş enerjisinin

suyun derinliklerine dağılmasını önledikleri gibi gelişebilmek için sudaki oksijeni de kullanarak oksijensiz bir ortam yaratıyorlar. İnsan kaynaklı bu kirlenme olayının etkileri besin zinciri ile bitkisel alglerden hayvansal olanlara, onlardan balıklara kadar ulaşabiliyor. Örneğin, Karadeniz'in kuzeybatı kıta sahanlığındaki aşırı insan kaynaklı kirlilik yükünün Tuna nehri ile taşınması sonucu bazı bölgelerde oksijensiz ortamlar oluşmaktadır. Aşırı kirli ortamlarda hızla gelişen alglerden suyun renginin kahverengi hatta çay rengine dönüşmesi beklenebilir. Çanakkale Boğazı'nda da bu yılın Mayıs ayından başlayarak 40 gün süren yeşilimsi renk değişimleri gözlenmiştir. Yine Nisan sonlarında Lapseki (Çanakkale) taraflarında gözlenen 'Red-Tide' olayındaki kırmızı renk değişimleri artık ülkemizde de kirliliğin tehlikeli boyutlara vardığının bir göstergesidir. Bu konudaki araştırmalar henüz devam etmekle birlikte aşağıdaki sonuçlara da kolayca varabiliriz.

Boğazlardaki Kirlilik Potansiyeli

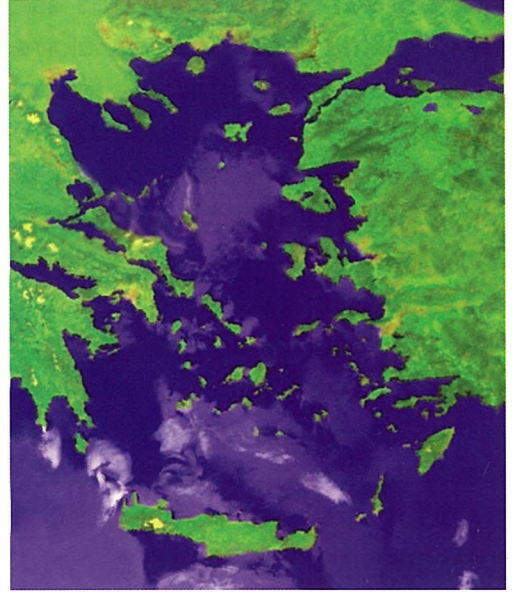
Boğazlardaki en önemli kirleticiler arasında petrol yani hidrokarbon kirliliği sayılabilir. Genel anlamda yoğun bir petrol kirliliğinden bahsedilemezse de petrol konsantrasyonlarının durgun kıyı sularında akıntılı yerlerden daha fazla olması Boğaz ekosisteminde bir kirlenme potansiyeli olduğunun göstergesidir.

Sudaki canlılar için en önemli besin tuzlarından olan fosfat ve azot, çevrede kullanılan tarımsal gübrelerden, kanalizasyon atıklarından suya geçmektedir. Suda biriken fosfatı kullanan fitoplankton gibi mikroskobik algler, ilkbahar aylarında uygun sıcaklık koşullarında hızla gelişerek suyun ışık geçirgenliğini azaltıyorlar. Sonuç olarak güneş enerjisinin suya geçişini önledikleri gibi gelişebilmek için fotosentez aracılığıyla sudaki oksijeni de kullanarak oksijensiz bir ortam oluştururlar. 'Ötrifikasyon' diye bilinen bu çelişkili olayın etkileri besin zinciri ile bitkisel fitoplanktonlardan hayvansal zooplanktonlara, onlardan da balık-

lara kadar ulaşabiliyor. Bu gibi aşırı 'ötrifikasyon' ortamlarında da hızla gelişen alglerin, suyun rengini kahverengi hatta yukarıda belirtildiği gibi çay rengine dönüştürmesi beklenebilir.

Yorum

Aşağıdaki uydu haritasında Ege Denizi'ndeki adalarda gözlenen açık renkli yerler yukarıda adı geçen Ehuş fitoplanktonlarının oluşturduğu bir koloniden kaynaklanıyor⁽⁵⁾. Yaklaşık 5000 dolayındaki fitoplankton türlerinden birisi olan diatomların fazla silikat bularak çoğalması sonucu ortaya çıkıyorlar. Boğazlardaki renk değişimlerini gözleyebilmek içinse daha büyük çözünürlük gücü olan uydulardan veri beklemekteyiz. Geçen bu süreçte artık kapımıza gelmiş olan bu kirliliğin, burada kalmayarak başka denizlerimize de ulaşacağı şüphesiz. Belki de tüm bunlar denizlerdeki küresel ısınmanın da bir sonucudur. Verilerin değerlendirilmesiyle elde edilecek model simülasyonları bize değişik senaryolar sunacaktır. Bunlar bilim adamlarının ve bilim kurgu filmlerinin bir fantezisi olmaktan çıkmış, sorumluluğun hepimize ait olduğunu göstermiştir. Uzaktan 'mavi' görünen gezegenimiz de küresel ısınma gibi etkenlerle bir gün artık maviliğini kaybedebilir. Sıcak yaz aylarında bizi ferahlatan denizlerden elbette kimse mahrum kalmak istemeyecektir. Acaba bir gün insanoğlu, yeniden yıldızları şeffaf denizin derinliklerinde arayacak ve yeryüzünde tanrılar gibi yaşadığını anımsayacak mıdır?



Şekil 3: 3.4.2003'te Ege Adalarında Ehuş patlaması

Kaynaklar

- (1) ESA-satellite Applications-Observing the Earth-Envisat's MERIS captures phytoplankton bloom, 14 Kasım 2002. Esa haberleri. İnternet.
- (2) Karafistan, A., 2001. 'Çanakkale Boğazı'ndaki kirlilik kaynakları ve ekosisteme uygulanabilecek modeller' Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları III. Ulusal Konferansı. Türkiye Kıyıları 01 Konferansı Bildiriler Kitabı: İstanbul, E.Özhan & Y. Yüksel (Editörler), sayfa 431-436.
- (3) Özsoy, E. and Mikaelyan, A. S. 1997. Dordrecht, Kluwer Academic Press. 'Sensitivity to change Black Sea Baltic Sea and North Sea'. Nato Science Series, 2, 27, 469 pp.
- (4) Karafistan A., Martin J. M., Minas, H., Brasseur, P., Nihoul, J. and Denis, C., 1998. Space and seasonal distributions of nitrates in the Mediterranean Sea. Deep-Sea Research I, 45,2-3,387-408.
- (5) Stanichny, S., AVHRR (NOAA) uydu görüntüsünü özel olarak göndermiştir.

ÇEVRESEL BİR MADENCİLİK SORUNU ASİT MADEN DRENAJİ VE BİR ÖRNEK: MATSUO NÖTÜRLEŞTİRME TESİSİ

“ Ekonomik faaliyetler mi, çevre mi, sanayi mi veya doğa mı?” açmazını aydınlatan "sürdürülebilir kalkınma" kavramının gelişmesi ve sınırlı ölçüde de olsa uygulanmasıyla birlikte, tüm ekonomik hareketler için, bütünüyle bir çevresel plânlama gereği doğmuştur. Başlangıçta madencilğe ağırlıklı olarak kentsel alanlara odaklanıldığı için, kırsal bölgelerde nispeten yumuşak kalan çevresel baskıların karşı konmaz rüzgarı, neticede madenciliği de sarmış ve aynı yöne doğru sürüklemiştir.

İnsanoğlunun ilk ekonomik faaliyetleri arasında yer alan madencilik, arama aşamasından izabe aşamasına kadar diğer tüm sektörlerde olduğu gibi, doğada doğanın değiştirilmesine bağlı olarak belli etkiler yaratmaktadır. Bu etkiler bir yandan tahribat, diğer taraftan da kirlenme şeklindedir.

Antik dönemlerde taşın kullanılmaya başlanması, madenciliğin milâdi olduğuna göre, madencilik binlerce yıllık bir süreçtir denebilir. Başlangıcından itibaren, maden yataklarında tenör bakımından zengin zonlardan fakire ve yüzeyden derine doğru bir değişim aralıksız sürmektedir. Geçmişte işletilen yüksek tenörlü yatakların tükenmesi nedeniyle düşen cevher tenörleri bunun yanı sıra artan üretim miktarları, etkilenen hacimleri çok büyük boyutlara çıkarmıştır. ABD’de Utah Bingam’da bulunan Kennecot Bakır Madeni 3 km genişliğinde ve 800 m derinliğinde insanın hayal gücünü zorlayacak çapta bir açık işletmedir. Güney Afrika Cumhuriyeti’nde Johannesburg yakınlarındaki Western Deep Altın Madeni’nde ise, yeryü



Doğal ortamda gerçekleştirilecek her faaliyetin, bu ortam üzerinde belli bir etki yaratacağı açıktır. Bu etkinin doğal yaşamın bir parçası olduğunu unutulmamalıdır. Ayrıca doğanın kendini rehabilite edebileceği tahribat sınırına dek, insanların yaptığı her eylem doğal hayatı felakete sürükleyen bir kaynak olarak değerlendirilmemelidir. Madencilik de Doğada Olumsuz Etki Yaratır.

Mehmet Karadeniz*
Semih Gürsu**

* MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi

** MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi Mineraloji-
Petrografi Koordinatörlüğü
sgursu@yahoo.com

zünden 3350 m'yi aşan bir derinlikte çalışılmaktadır. Böylesi boyutların yanı sıra, Bingham Canyon, Palabora ve Bouganville gibi, günlük üretimi yarım milyon tonu geçen bazı madenler de mevcuttur. Bu büyüklükler madencilik ile doğa arasında, üzerinde durmayı gerektiren bir etkileşimin olduğunun en açık göstergesidir.

İşletme öncesi yapılan çalışmalar genellikle küçük çaplı tahribatlar biçimindedir. Ayrıca, açılan yollar, inşa edilen tesisler ve maden alanındaki hazırlık kazıları tahribatın çapını ihmal edilemeyecek düzeye çıkarır. İşletme aşamasına geçildiğinde etkiler bir takım değişikliklere uğrar. Özellikle açık işletmeler, topoğrafyanın ve ekolojik dengenin çok ciddi ölçüde zarar görmesine sebep olur. Bunun ötesinde su, hava ve gürültü kirliliği ilk akla gelen olumsuz etkileridir. Yeraltı maden ocakları ise, terminolojide tasman adı verilen, yüzeyde çökme ve eğer mevcutsa bina ya da benzeri yapı hasarları şeklinde gözlenen sorunlara kaynaklık eder. Ayrıca, yeraltı su kirliliği de daima rastlanan etkiler arasındadır.

Asit Maden Drenajı

Bir Su Kirliliği Sorunudur.

Madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan en ciddi problemlerden birinin, sülfürlü metalik mineraller içeren madenlerde görülen "asit maden drenajı" (acid mine drainage-AMD) olduğu genel kabul gören bir saptamadır. Örneğin, yapılan bir araştırmada, Kanada Quebec'de bulunan 107 adet kapatılmış maden işletmesinden 21'inin AMD nedeniyle tehlikeli atık alanı olarak sınıflandırıldığı belirtilir⁽¹⁾. Asit kaya drenajı (ARD - acid rock drainage) olarak da literatürde yer alan, asit maden drenajı, madencilik faaliyetlerinin başlamasıyla ortaya çıkmakta ve faaliyet sonrasında da yıllarca devam etmektedir.

Sülfürlü mineral içeren kömür, baz metal, uranyum ve değerli metal madenlerinde, sülfürlü minerallerin su ve hava ile teması sonucunda oksidasyona uğramasıyla nihai tepkime ürünü olarak sülfürik asit (H₂SO₄) meydana gelir. Oluşumun kaynağı kayaç yığınları, atık barajına terkedilen proses artıkları, pirit konsantresi stokları, açık ve kapalı maden ocaklarında yapılan kazılarla açılan ve sürekli yenilenen yüzeylerdir. Başlangıç adımı, bu tür yataklarda sık rastlanan ve tetikleyici rolü oynayan bir demir sülfür mineralinin (çoğunlukla pirit, bazen pirotin veya markasit) su ve hava (oksijen) etkisine maruz kalması gereklidir. Sonrasında, birçok metalik mineral (arsenopirit, bornit, kalkozin, kalkopirit, kovelit, galen, millerit, molibdenit, sfalerit) ve bazı mikroorganizmalar (thiobacillus thiooxidans, thiobacillus ferrooxidans, ferrobacillus ferrooxidans, ferrobacillus sulphooxidans, metallogenium, leptospirillum ve sulfolobus)⁽²⁾ AMD oluşumuna ve gelişimine katkı yapar.

Asit oluşumunu başlatan üç temel unsur bulunur. Bunlar: nem (su), oksijen (hava) ve sülfürlü minerallerdir. Bunların dışında, bölgesel (iklim, hidrojeoloji), jeolojik, mineralojik (minerallerin türü, kristal yapıları, tane şekilleri, tane boyutları ve tenörleri), biyolojik, fiziksel ve kimyasal faktörler, prosese geliştirici veya engelleyici yönde etki eder. Bu bağlamda, asit oluşumu kimyasal, fiziksel ve biyolojik süreçlerin bir ürünüdür. Kısacası, karmaşık ve çok kademel proseler dizisidir⁽³⁾.

Ortamdaki bazı sülfürlü mineraller asit üretim potansiyeli taşıırken, karbonatlı ve silikatlı mineraller de asitlik artınca çözünmekte, tampon veya nötrleştirme etkisi yapmaktadır. Sülfürik asit oluşumu baskın olduğunda, ortamdaki sular asidik karakter kazanır ve pH seviyesini düşürür. Asidik maden suları yüzey akıntıları, sızma ve süzülme yoluyla yerüstü ve yeraltı su sistemlerine karışır. Su sistemlerinin hareketliliği bir yandan konsantrasyonun azalmasına yardımcı olurken, diğer yandan

da kirlenmenin uzak alanlara yayılmalarına sebebiyet verir.

Drenaj sularının pH'ı, ortam koşullarına bağlı olarak drenaj sularının pH'ı, 2'ye kadar düşebilmektedir. ABD'de Güney İllinois'da Shawnee National Forest'ta bulunan kömür madeni kaynaklı akıntıların pH'nın 2.3 ve Idaho Kellogg'daki Bunker Hill Madeninden kaynaklanan drenaj sularının pH 2.2 olduğu belirlenmiştir⁽⁴⁾. Bunun dışında, pH'ın düşmesi sonucu ortaya çıkan asidik koşullar altında genel anlamda metallerin çözünürlüğü artmaktadır. Artan çözünmeyle birlikte metal konsantrasyonu yükselmekte, suda bulunan çözünmüş katı oranı artmakta, organik madde eksikliği ortaya çıkmakta ve ardından sedimentasyon süreci gelişmektedir.

AMD, özellikle nehir ve göllerin ekosistemleri üzerinde etkilidir. pH'ın düşmesi yaşamlarını sularda sürdüren canlılar için başlı başına bir problemdir. Düşük pH (yüksek hidrojen iyonu konsantrasyonu) enzim sistemlerini etkiler. Bitkilerin solunumunu ve köklerin mineral tuzları ile suyu almasını güçleştirir. Suyun pH'ının 3'ün altına inmesi halinde hiçbir balık türünün yaşaması mümkün değildir.

AMD kaynaklı tek olumsuz etken pH değildir. Ayrıca metallerin asidik ortamda çözünürlükleriyle toksiteleri artar. Metaller çözümlüklerinde çok düşük miktarlar da olsa bile bitkiler ve diğer canlılar için toksiktir. Büyümelerini geciktirir veya tamamen durdurur. Kısacası, AMD bazı bitki ve hayvan türlerini yok edip, besin zincirinin basitleşmesine, hatta yıkılmasına sebep olabilir. Sudaki yaşamı tamamen ortadan kaldıracaktır⁽⁵⁾. Özetle, AMD çevresel açıdan tam bir sorun yumağıdır.

Sorunu Tanımlamak

Bir probleme çözüm bulunabilmesinin ilk adımı onun her açıdan tam anlamıyla tanımlanmasıdır. Ancak takip eden aşamada, doğuracağı sonuçları öngörülüp, en uygun çözüm bulunabilir.

AMD'ı bağlamında sorunun tanımlanması,

asit oluşumuna kaynaklık eden yığınlardan ve akıntılardan alınan temsili katı ve sıvı numunelerin niteliklerinin eksiksiz belirlenmesi ile başlar. Bu süreç, katı numunelerin kimyasal ve mineralojik analizleriyle, onların fiziksel ve jeoteknik karakterlerinin tayinini, sıvı ve katı numunelerde demir ve sülfürleri oksitleyen bakterilerin mevcudiyetini ve miktarını tespit etmek için bakteriyolojik incelemeleri kapsar.

AMD'nin oluşumu esnasında bir şekilde rol oynayan faktörlere ilişkin verilerin elde edilmesinden sonra, drenaj potansiyelinin hangi boyutta ve drenaj çözümlüsünün niteliklerinin nasıl olabileceği konusunda geleceğe dönük kestirim yapabilmek mümkündür.

Bu kestirim AMD potansiyelinin büyüklüğünün, sürekliliğinin, drenaj kalitesinin ve uzun dönem etkilerinin değerlendirilmesini içerir. Kestirim için kullanılmakta olan yöntemler arasında statik ve kinetik testler, jeokimyasal modelleme, liç (özütme) testleri, jeostatiksel modelleme (3D modelleme), saha ve laboratuvar çalışmalarıyla sağlanan verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması sayılabilir⁽⁶⁾. Ayrıca, benzer özellikler gösteren başka maden alanlarındaki artık malzeme ile ilgili edinilen veriler de çalışmalara katkı sağlayabilir. Ancak, bu yöntemler arasında kullanımı en yaygın olanlar, statik ve kinetik test metodlarıdır. Son yıllarda, matematiksel modellemeler alternatif olarak düşünülmekte ve dikkate değer gelişmeler göstermektedir.

Çözüm Ne?

Sorunun net bir şekilde tanımlanması çözüm için tartışmasız ilk adımdır. Bir problemin üstesinden gelebilmenin tercih edilen yolu ise, genellikle onun hiç meydana gelmemiş olmasıdır. Eğer yapılan kestirim çalışmaları ile elde edilen veriler, asit üretim potansiyeli açısından, "gelecekte oluşma ihtimali yok" diyorsa, zaten uğraşacak bir mesele de yoktur. Ama, risk söz konusu ise, en iyi çare oluşumu engellemektir. AMD'nin oluşabil-

mesi için, hatırlanacağı üzere, sülfürlü bir metalik mineralin su ve oksijen ile aynı ortamda bulunması gerekir. Üç kritik unsurun bir araya gelip reaksiyon sürecini başlatmalarına mani olunması, sorunun henüz başlamadan bitirilmesi demektir. Bu yöntem, hem maliyeti düşük, hem de diğerlerine kıyasla daha etkin olanıdır. Uygun madencilik metodu seçilmesi, madenin izolasyonu (oksijen ile teması kesmek için sızdırmazlık sağlanması), alkali ilavesi, madenin suyla doldurulması, suyla temasın engellenmesi amacıyla yüzey sularının saptırılması, yüzey reklamasyonu ve yer altı suyu akış sistemlerinin kontrolü de başlıca tekniklerdir. Asit oluşumu kaçınılmaz olduğu durumlarda problemin boyutlarını küçültme yoluna gidilmelidir. Bu amaçla, proses sularını tekrar kullanarak atık su hacmini azaltmak, derin kuyu enjeksiyonu yapmak, yüzey altı barajları inşa etmek ve asit maden drenajını seyreltmek gibi önlemler başvurulabilecek başlıca yöntemlerdir.

Kaynakta önleme mümkün olamamışsa, aktif ya da pasif arıtma sistemlerinden birine başvurulması gerekecektir. Uzun yıllardır çözümlü konusunda yoğun çabalar sarf edilen AMD sorununun halledilmesine yönelik geliştirilmiş sayısız yöntem mevcuttur. Ne yazık ki, maden yataklarının mineralojik yapılarının kendine özgü olmaları ve yerel koşullar nedeniyle çözüm yöntemlerinin tüm yataklara uygulanabilirliği söz konusu değildir.

Aktif arıtma öteden beri uygulanan ve drenaja bazik katkı maddeleri ilave edilmesi temeline dayanan tekniklerden ibarettir. Uygulamada en yaygın olanı kireç, kireçtaşı, hidrate kireç ve dolomitik kireçle ortam pH'ının düzenlenmesidir (nötürleştirme). Kireç bazlı katkı maddeleri dışında kostik soda, soda külü, magnezyum oksit ve magnezyum hidrosit de zaman zaman nötürleştirici olarak kullanılmaktadır. Arıtma teknikleri sadece

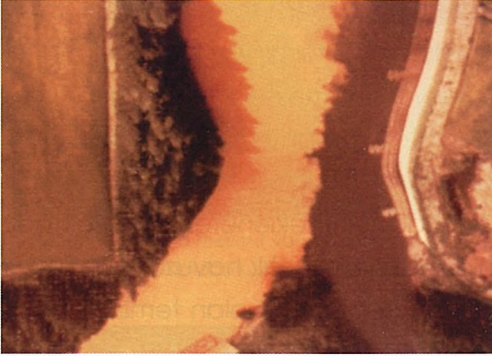
pH'a dönük olmayıp, çözümlüde bulunan ağır metallerin uzaklaştırılması amacıyla sülfat uzaklaştırma, mikrobiyolojik arıtma, iyon değişirme, elektrodializ, buharlaştırma, köpük flotasyonu ve ters ozmoz gibi çok çeşitli yöntemler tatbik edilmektedir⁽⁷⁾. Havalandırma (aeration), radyasyon, flaş distilasyon ve dondurma (freezing) uygulanmalarına rağmen daha az bilinen aktif yöntemlerdir.

Aktif sistemlerin yüksek maliyeti proses sonucu ortaya çıkan çamur hacmi ve uzun sürelerdeki işletme sıkıntıları araştırmacıları yeni arayışlara itmiş, bu sistemlere alternatif pasif sistemler geliştirilmiştir. Pasif arıtma sistemlerinde drenaj özel tasarlanmış suni bataklıktan geçirilip, içindeki kirleticiler uzaklaştırılmaktadır. Son yıllarda geliştirilen suni bataklık (wetlands) yöntemi başarılı sonuçlar vermekte olup giderek yaygınlaşmaktadır. Akış hızının ve çözelti asiditesinin nispeten düşük olduğu koşullarda aktif sistemlere alternatif olan pasif sistemler aerobik suni bataklıklar (constructed aerobic wetlands), anaerobik suni bataklıklar ve anoksik kireçtaşı drenleri (ALD - anoxic limestone drains) olmak üzere üç farklı tipte uygulanmaktadır. Basitlik, yüksek verim, sınırlı reaktif ihtiyacı ve düşük maliyet avantajlarına rağmen, halen bazı limitlerden dolayı, bir aktif sistem tekniği olan nötürleştirme ölçüsünde yaygın değildir.

AMD İçin Bir Japonya Uygulaması

Dünyanın en gelişmiş ülkelerinde biri olan Japonya'da madencilik faaliyetleri geçmişte de oldukça yoğun olmuştur. Özellikle sülfürlü cevherlerin ülkede yaygın olarak bulunması, üretimin tamamlanması sonrasında asit maden drenajının gelişmesi büyük çevre sorunlarına yol açmıştır. Özellikle Iwate bölgesinde sülfür madeni üretimi yapılan ve 1972 yılında terk edilen Matsuo Madeninde, üretimin tamamlanmasından sonra büyük miktarlarda

asit maden drenajı gelişmiş ve önlem alınmadığı için Akagawa nehrine karışan drenaj, büyük çapta çevre kirliliğine neden olmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Akagawa nehrine karışan ve büyük çapta çevre kirliliğine neden olan asit maden drenajı.

Nehrin kirlenmesiyle tarım alanları ve hayvan üretimi zarar görmüştür. Bölge hükümeti madenden kaynaklanan kirliliğin giderilmesi için önlemler almış, bölgede Matsuo Nötürleştirme Tesisi kurmuştur (Şekil 2).

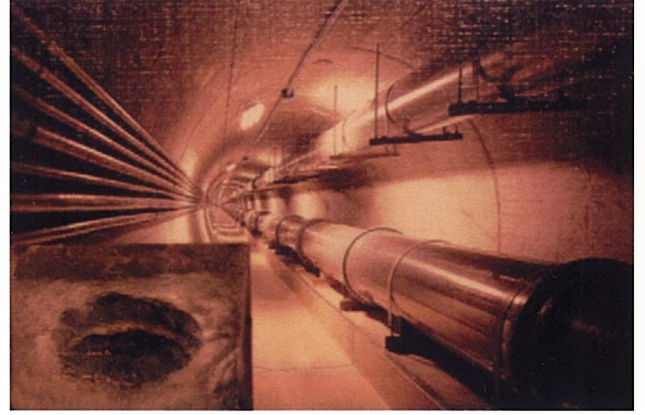


Şekil 2. Matsuo Nötürleştirme Tesisi, Iwate, Japonya.

pH değeri 2 olan ve doğrudan nehre bırakılan asidik su, bu tesiste nötürleştirme işlemine tabi tutularak pH değeri 4,14'e çıkarılmıştır. Böylece Akagawa nehri temizlenmiş ve çevre sorunlarına yol açan asit maden drenajı kaynaklı sorunlar büyük ölçüde giderilmiştir.

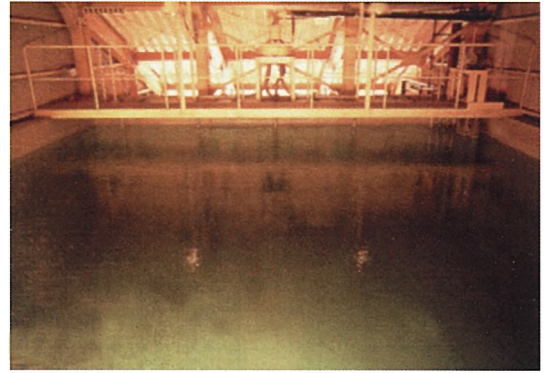
Matsuo madeninde çok sayıda galeri mevcuttur. Madencilik faaliyetleri esnasında drenaj 3 metre kotundan akarken, asit maden drenajını nispeten önlemek (oksidasyonu engellemek) için bu seviye betonlanmış, drenaj 112 metre se-

viyesinden verilmiştir. Bu işlem için günümüzde sabit drenaj kanalları kullanılmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3. Sabit drenaj kanalları.

Sabit drenaj tünellerinden vinyl klorür borularla taşınan asit maden drenajı, dağıtıcı tanklara verilmektedir (Şekil 4). Asitik drenajda mevcut ferro demirin mikroorganizmalar yardımıyla okside edilerek üç değerlikli demire dönüştürülmesi işlemi oksidasyon tanklarında yapılmaktadır (Şekil 5).

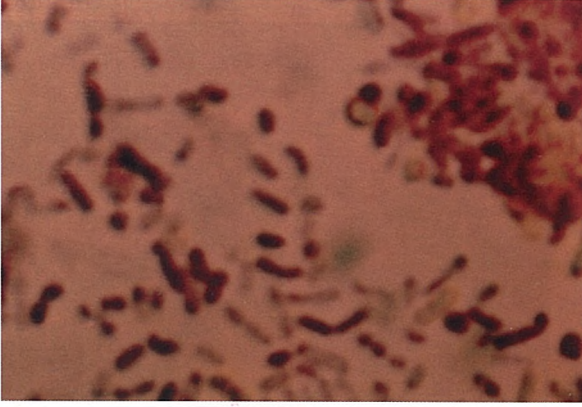


Şekil 4. Dağıtıcı tank.



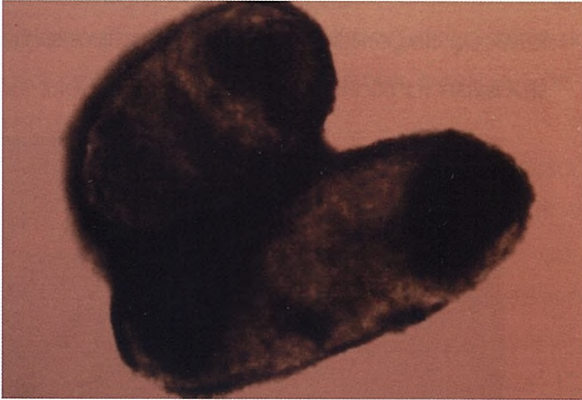
Şekil 5. Oksidasyon tankı

Bu işlem sırasında bakteri olarak Thiobacillus Ferrooxidans kullanılmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Oksidasyon tankında sürekli olarak iki değerlikli demiri üç değerlikli demire dönüştüren Thiobacillus Ferrooxidans bakterisi.

İki değerlikli demiri okside eden bakteriler, oldukça etkin sonuç vermekte ancak, oksidasyon tankında işlem sonucu Thiobacillus Ferrooxidans yoğunluğu artmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Thiobacillus Ferrooxidans bakterisinde, oksidasyon sonucu gelişen yoğunluk artışı.

Bakteri içeren demirli çamur, bakteri ayırma tankında yoğunlaştırılmakta ve pıhtılaştırılmaktadır.



Şekil 8. Bakteri ayırma tankı.

ci katkı maddeleri kullanılarak çöktürülmektedir (Şekil 8).

Bakteri konsantresi tekrar oksidasyon tankına iletilmektedir. Bakteri ile oksidasyon sonucu drenaj 325 mesh tane boyutunda CaCO_3 kullanılarak nötürleştirilmekte ve pH değeri 4.14'e yükseltilmektedir. Nötürleştirme esnasında ortaya çıkan temiz su ve sarı renkli sediman katı sıvı ayırma tanklarında pıhtılaştırıcı katkı maddeleri eklenerek ayrılmaktadır. Sarı renkli sedimanlar atık havuzuna iletilirken (Şekil 9), pH değeri 4.14 olan temiz su Agakawa Nehrine verilmektedir.



Şekil 9. Nötürleştirme sonucu oluşan sarı renkli sedimanlar atık havuzunda biriktirilir.

Aralıksız olarak 24 saat işletilmekte, yılda 9 milyon m^3 asit maden drenajı bu tesiste arıtılmakta ve madenin çevreye verdiği olumsuz etki önlenmektedir. Çalışma sonucu pH değeri 4.14 olan temiz suda toplam demir 2.0 mg/lit, Al içeriği 57 mg/lit, arsenik içeriği ise 0.01 mg/lit değerlerine indirilmektedir.

Sürdürülebilir kalkınma için en önemli şartlardan biri olan madencilik sonrası çalışmalar, gelişmiş ülkeler tarafından başarıyla yürütülmektedir. Bu çalışmalardaki amaç, yüzey madenciliği sonucu ortaya çıkan pasa ve artıkların su ile temaslarının kesilmesi, yüzeydeki taşmaların önlenmesi ve yüzey suyunda, asit maden drenajı gelişimini engellemektir. Kararlı bir yüzey haline gelen pasalardan ve yamaçlardan akan yüzey suları kanallar yapılarak ortamdan uzaklaştırılmaktadır (Şekil 10).

Ayrıca madenin bulunduğu alandan ge-



Şekil 10. Maden alanında mevcut yamaçlardan akan yüzey suları kanallar yapılarak ortamdan uzaklaştırılmaktadır.



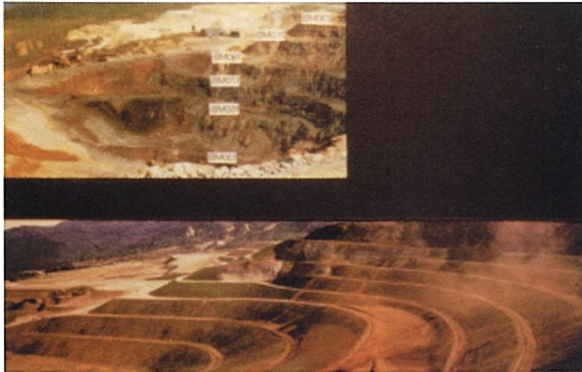
Şekil 13. Açık ocak işletmeciliği yapılan ocaklarda madencilik öncesi (a) ve sonrası yapılan iyileştirme çalışmalarına bir örnek (b).



Şekil 11. Madenin bulunduğu yüzeyden geçen küçük akarsu yatakları beton ile kaplanarak, yüzey suyunun yeraltına geçmesi önlenmektedir.

çen küçük akarsu yatakları beton ile kaplanarak, yüzey suyunun yeraltına geçmesi önlenmektedir (Şekil 11).

Büyük bir at nalı şekline sahip açık ocak işletmeleri, üretim sonrası düzenlenerek, basamaklardan akan sular kanallar yapılarak drene edilmekte, yüzey kararlı hale getirilmektedir. Yüzeyin toprak ve bitki örtüsü ile kaplanması sonucu rek-



Şekil 12. Açık ocak işletmeciliği yapılan ocaklarda madencilik öncesi (a) ve sonrası yapılan iyileştirme çalışmalarına bir örnek (b).

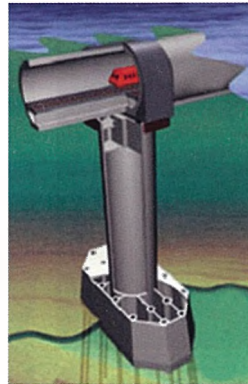
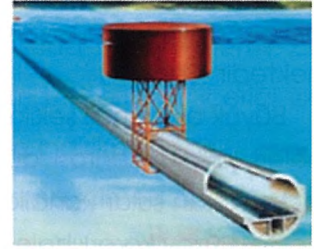
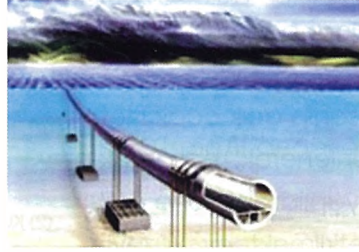
reasyon çalışmaları tamamlanmaktadır (Şekil 12a, b ve Şekil 13a, b).

Kaynaklar

- (1) Hossain, M., Hassani, F. P., Leduc, R., 1993. A Brief Survey of Current Surface Waste Disposal Practices in the Metal Mining Industry. *Int. Journal of Surface Mining and Reclamation* 7, 23-28.
- (2) Kuyucak, N., 2000. Microorganisms, Biotechnology and Acid Rock Drainage-Emphasis on Passive-Biological Control and Treatment Methods. *Minerals&Metallurgical Processing* 17(2), 85-95.
- (3) Karadeniz, M., 2000. Asit Maden Drenajı. Cumhuriyetin 75. Yıldönümü Yerbilimleri ve Madencilik Kongresi, Ankara, 721-725.
- (4) Williams, R.E., 1975. Waste Production and Disposal in Mining-Milling-Metallurgical Industries. Miller Freeman Publication Inc., San Francisco.
- (5) Gray, N.F., 1997. Environmental Impact and Remediation of Acid Mine Drainage: A Management Problem. *Environmental Geology* 30 (1/2), 62-71.
- (6) Yörükoğlu, A. ve Karadeniz, M., 2003. Asit Maden Drenajı Kestirim Yöntemlerinin Karşılaştırılması. 18. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Sergisi (IMCET 2003), Antalya, 10-13 Ağustos 2003, G. Özbayoğlu (ed), TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Antalya, 125-131.
- (7) Karadeniz, M., 1996. Cevher Zenginleştirme Tesi Artıkları, Çevreye Etkileri. Önlemler. İstanbul Ofset Basım Yayın San. Tic. A. Ş., 332 s.

SUALTI TÜNELLERİ

Sualtı tünelleri su yollarının altından trafiğin devamını sağlayan gerek yeryüzü, gerekse yeraltından yol ağına bağlanabilen yeni bir tünel tekniğidir. Farklı boyut ve şekillerde dizayn edilebilme özelliğine sahiptir. Yapım tekniği itibariyle, tüneller ya suda yüzen dubalara veya suyun tabanına monte edilebilir (Şekil 1). Bu teknik henüz dünyada bir uygulamaya sahip değildir. Ancak Norveç’ de dizayn aşamasında olan bir projedir. Özellikle derin ve akıntısız



Şekil 1. Sualtı tünellerinin montajı ve kesitleri

Koray Ulaş
Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
ulamis@eng.ankara.edu.tr

suda uygulanabilirliği olan bu yöntem, diğer tekniklerin uygulanmasının mümkün olmaması durumunda alternatif yöntem olarak düşünülebilir. Bu tüneller özellikle derin göl, fiyord ve derin deniz kanalları için iyi bir çözüm oluşturabilir. Ancak her yöntemde olduğu gibi böyle bu yöntemin de olumlu ve olumsuz bazı yönleri bulunmaktadır.

Avantajlar

Karayolu taşımacılığındaki artış trafik kazalarının, gürültü ve kirliliğin sürekli olarak artmasına neden olmaktadır. Bu karmaşayı azaltmak amacıyla önlemler alınmaktadır. Yöntem sayesinde trafiğin su altından devam etmesi bu kapsamda çok uygun gözükmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Trafiğin su altı (a) ve üstündeki (b) görüntüleri

Bu uygulama ile, doğal yeryüzü şekilleri korunarak trafiğin devamı da sağlanabileceği

gibi, CO₂ ve NO_x emisyonu ve olumsuz çevre kirliliği etkileri azaltılabilecektir. Bu da, özellikle su taşımacılığında kullanılan feribotların ortadan kalkması ile sağlanabilecektir. Su kütlelerinin etrafından dolaşmak yerine direkt geçmek mümkün olacağından, enerjide bir kazanç olacaktır. Ayrıca feribotlar, aynı mesafeyi katedecek olan arabalara göre on kat daha fazla yakıt harcamaktadır. Yeryüzünde segmentler halinde imal edilip, kurulma ve kullanım aşamasında da herhangi bir tünel yapısı kadar güvenli olabilmektedir. Yıllardır tünellerde elde edilen deneyimler sonucunda sağlanan güvenlik sistemleri (acil yardım telefonları, yangın ekipmanları, vb.) bu teknik için de geçerlidir. Modern köprü ve denizcilik yapılarına ilişkin kabul görmüş teknoloji ve standartlarına uygundur. İnşaat ve yerleştirme süreçleri daha önce "dalgiç tünellerde" (immersed tunnel) başarıyla uygulanmıştır (Şekil 3). Sürekli kontrol programları ile tekniğin uygulaması ve güvenliği gözlemlenerek kalite teminatı verilebilecektir. Herhangi bir tüneldeki gibi ışıklandırma ve havalandırma sistemine sahip olacak ve bunun yanında kısaltılan mesafe ve düşük eğim gibi avantajlar da sunacaktır. Eğimdeki artış ise sadece, yüksek köprü veya derinde gömülü tünellere bağlanırsa görülebilecektir.

Dezavantajlar

Maliyet açısından, diğer tünel tekniklerine göre 2-3 kat pahalı olmaktadır. Ayrıca, henüz dünyada kesin olarak kanıtlanmış bir uygulaması olmaması da diğer bir dezavantajdır. Vancouver adası ile Lower Mainland arasındaki geçiş için bir alternatif olarak düşünülmüş fakat; aşağıdaki nedenlerden dolayı vazgeçilmiştir.

Kalin (450 m) ve çok yumuşak zemine tünelin kurulabilmesi için çok uzun ve geniş ankrajlara ihtiyaç olması,

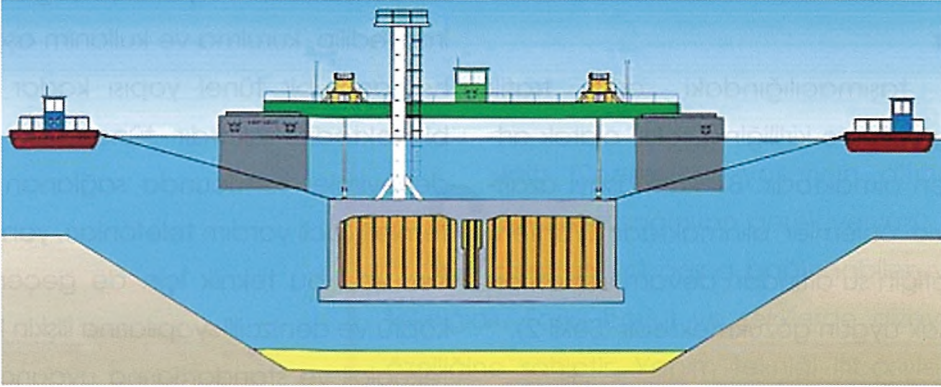
Deprem ve olası deniz kazaları açısından yeterli güvenliğe sahip olmaması. (Bölgede aletsel dönemde 13 büyük deprem meydana gelmiştir)

Tünelde böyle bir etki altında oluşabilecek hasar ve can kaybının yüksek olması

Dört ile yedi metreye ulaşabilen dalgaların yaratabileceği tehlike

Saatte 115 km ye varabilen rüzgarın olumsuz etkisi

Bölgeden geçen çok büyük gemilerin oluşturacağı karışıklık



Şekil 3. Dalgıç tünellerin imalatı ve montajı

Kaynaklar

Government of British Columbia, Ministry of transportation, 2002. "A Potential Fixed Link to Vancouver Island" (http://www.th.gov.bc.ca/fixed_link/fixed_link.htm)

Norwegian Submerged Floating Tunnel Company AS, 2003. "Submerged floating tunnel" (<http://www.nsft.no/>)

Tribune, H. S., 1999. "A new development: The submerged floating tunnel" (<http://www.ifa-aites.org/cgi-local/foclr.cgi?d=tritu&p=p8&s=8>)

ASFALT VE ASFALT KARIŞIMLAR

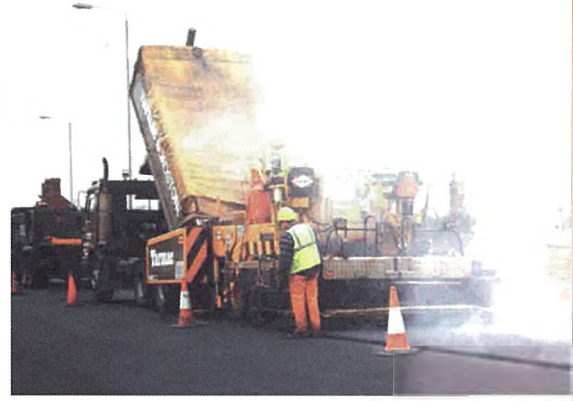
Sıcak asfalt karışımı uygun oranlarda ince-iri agrega, asfalt ve mineral filler sabit karıştırma tesislerinde, sıcaklık, nem ve bileşimi sürekli kontrol edildiği sabit karıştırma tesislerinde karıştırılarak elde edilen yüksek kalitede stabilite ve dayanıklılık sunan karışımdır⁽¹⁾.

Ülkemiz coğrafi ve iklim yapısı bakımından bölgeler arasında farklılıklar gösterir. Bazı bölgelerdeki bu iklim koşulları özellikle şehir içlerinde uygulanan sıcak karışım süresini kısaltmakta, hatta yapılan çalışmaların başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle hava koşullarının olumsuz etkilerini azaltan, sıcak karışımlara göre daha ekonomik ve daha hızlı uygulanabilirlik gösteren soğuk karışımlar, alternatif olarak ortaya çıkmaktadır⁽²⁾.

Asfalt karışım, yol üstyapısının "kaplama" tabakasında kullanılmaktadır. Bu bakımdan kaplama tabakasında kullanılacak asfalt karışımının bazı koşulları sağlaması gerekmektedir⁽¹⁾. Bunlar,

- Taşıtlar için düzgün, konforlu, kaymaya karşı dirençli ve güvenli bir yol yüzeyi oluşturulmalıdır.
- Trafikten gelen mekanik etkilere, yukarıda belirtilen özelliklerini kaybetmeden karşı koyabilmelidir.
- Güneş, su ve don gibi dıştan gelecek fiziksel etkilere karşı dayanıklı olmalıdır.

Asfalt kaplamanın bu koşulları sağlaması büyük ölçüde bileşimindeki agrega ve asfalt çimentosunun özelliklerine bağlıdır. Bu nedenle, ilk olarak kısaca kullanılacak agreganın özelliklerinden bahsedilecek, daha sonra da sıcak ve soğuk karışımlarda kullanılacak asfalt ve asfalt türleri açıklanacaktır.



Yüksel Taşdemir
Erciyes Üniversitesi
Yozgat Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Yozgat
ytasdemir@ins.itu.edu.tr

Agrega

Yol inşaatında agrega kalitesinin rolü, tekniğin gelişmesi ve trafiğin artışına dek yeterince önemsenmemiştir. Çünkü agrega, yol kaplamalarının direnci ve yoğunluğu üzerindeki en önemli etkidir. Bu nedenle agregaların sert ve dayanıklı olması, zararlı madde içermemesi ve tane şekillerinin bir kenetleme yaparak direnci arttıracak şekilde olması istenmektedir. Yolun üst tabakasında kullanılan agregada ise özellikle yüksek mekanik kalite aranmaktadır. Agreganın istenilen kalitede olup olmadığının kontrol edilmesi de gerekmektedir. Bu kalite kontrol deneyleri; elek analizi, aşınma, dayanıklılık, donma-çözülme, cilalanma ve soyulma deneyleridir⁽¹⁾.



Asfalt

Asfalt, yapılarda kullanılan en eski malzemelerden biridir. Asfalt, tekerleğin kullanımından 1000 yıl önce, M.Ö. 3000 yılında bağlayıcı olarak kullanılmıştır. 1850'li yıllardan önce, dünyanın değişik bölgelerinden doğal olarak elde edilebilmiştir. Örneğin ABD'de Trinidad bölgesinden elde edilen göl asfaltı şimdi de kullanılmaktadır. Pennsylvania'da petrolün rafine edilmesiyle birlikte, asfalt bağlayıcının kullanımı artmaya başlamıştır. 1907'den itibaren rafinerilerden elde edilen asfalt bağlayıcı kullanımı, doğal kaynaklardan elde edilenlerden daha fazla olmaya başlamıştır. Günümüzde kullanılan asfalt bağlayıcıların büyük

bir kısmı rafine edilmiş petrolden elde edilmektedir.

Asfalt malzemeler; asfalt bağlayıcı ve katran olarak sınıflandırılmaktadır. Asfalt bağlayıcı genellikle yol kaplama yapımında kullanıldığı gibi, çatı kaplama malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Katranlar ise, genellikle ham maden kömürünün karbonizasyonu sırasında çıkan buharların yoğunlaştırılmasıyla bir yan ürün olarak elde edilmektedir. ABD'de katranlar çatılarda su geçirmeyi önleyici malzeme olarak kullanılmaktadır. Katran ayrıca havaları apronları gibi asfalt bağlayıcının yakıt dökülmesi nedeniyle bozulabileceği kaplamalarda kullanılmaktadır⁽³⁾.

Asfalt Ürünlerinin Türleri

Kaplamalarda kullanılan asfalt bağlayıcı üç değişik şekilde üretilmektedir; asfalt çimentosu, katbek asfalt ve asfalt emülsiyonu. Asfalt çimentosu, farklı moleküler ağırlıklı hidrokarbonların karışımından oluşmaktadır. Asfalt çimentosunun özelliği, hidrokarbonların moleküler ağırlığına ve kimyasal yapısına bağlıdır. Moleküler ağırlığı arttıkça, asfalt çimentosu daha sert ve daha viskoz olmaktadır. Oda sıcaklığında asfalt çimentosu yarı katı malzeme olup, ısıtılmadan bağlayıcı olarak kullanılamamaktadır. Ancak katbek ve emülsiyon gibi sıvı asfalt ürünleri ısıtılmadan kaplama yapımında kullanılabilir. Asfalt çimentolarının mükemmel yapıştırıcı özelliğe sahip olması nedeniyle kaplama yapımında daha fazla tercih edilmektedir.

Katbek, daha düşük moleküler ağırlığa sahip hidrokarbon çözücülerin içerisinde asfalt çimentosunun eritilmesiyle üretilmektedir. Katbek kaplamaya püskürtüldüğünde veya agregayla karıştırıldığında çözücü buharlaşmakta ve kalan asfalt çimentosu, bağlayıcı olarak görev yapmaktadır. Geçmişte, katbek karayolu yapımında kolayca uygulanabildiği

için geniş ölçüde kullanılmıştır. Katbeklerin kullanımı, üç önemli sakıncası nedeniyle sınırlandırılmıştır.

İlk olarak, petrol fiyatlarının artması nedeniyle asfalt çimentosunu eritmek için kullanılan çözücüler pahalalmış, dolayısıyla maliyeti artmıştır. İkinci olarak, katbekler içerisindeki çözücülerin buharlaşması nedeniyle yangın tehlikesi oluşmaktadır. Son olarak, katbeklerin uygulanması sırasında atmosfere yayılan hidrokarbon, çevrenin kirlenmesine neden olmaktadır. ABD’de hava kirliliği oluşan birçok bölgede katbek malzeme kullanımı yasaklanmıştır⁽³⁾.



Asfalt emülsiyonları birkaç mikron çapındaki asfalt küreciklerinin birbirinden ayrı olarak su içinde dağılmasından oluşmakta ve bu asfalt küreleri emülsif adı verilen özel bir tabaka ile birbirinden ayrılmaktadır. Yolda kullanılan asfalt konsantrasyonu %50-55 olup bazen %60 olabilmektedir. Emülsifin amacı; asfalt küreciklerinin kendi aralarında birleşmelerini önlemektir. Emülsif kaybolursa asfalt elemanları toplanmakta ve emülsiyon bozulmaktadır. Buna emülsiyonun kesilmesi de denilmektedir⁽⁴⁾.

Emülsiyonların kullanıldığı önemli işler; yüzeysel kaplamalar, zemin stabilizasyonu ve çok zayıf malzemelerde emdirme işlemidir.

Açıklamalardan anlaşıldığı gibi; asfalt çimentosu sıcak karışımlarda, katbek asfalt ve asfalt emülsiyonları ise soğuk karışımlarda kullanılmaktadır.

Asfalt Türlerinin Sınıflandırılması

Asfalt çimentolarını, katbek asfaltları ve asfalt emülsiyonlarını oluşturmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır⁽³⁾.

Asfalt Çimentoları

Asfalt çimentosu, çeşitli sınıf ve derecelerde üretilmektedir. Asfalt çimentolarının sınıflandırılmasında kullanılan dört yöntem mevcuttur⁽³⁾.

Penetrasyona Dayalı Sınıflandırma

Asfalt çimentosunun penetrasyonuna bağlı olarak yapılan sınıflandırmadır. Penetrasyon ölçen alete penetrometre denir. Yarı katı veya akıcı olmayan bağlayıcıların kıvamlarının viskozimetrelerle ölçülmesi mümkün olamamaktadır. Bu durumda penetrasyon deneyi yapılmaktadır.

Penetrasyon deneyi, standart bir iğnenin belirli sıcaklık ve zaman koşulları altında, nümuneye düşey olarak battığı derinliğin ölçülmesiyle yapılmaktadır. Malzemenin 25°C de 100 gr yükü ve 5 saniye süre ile penetrasyonu ölçülmektedir. Penetrasyon birimi 1/10 mm dir. Yumuşak asfalt çimentolarının penetrasyon değerleri sert olanlardan daha fazla olmaktadır. Yol yapımında kullanılan asfalt çimentolarının penetrasyonu 30 ile 300 arasında değişmektedir. Değişik asfalt çimentolarının ASTM D946 ye göre penetrasyona dayalı sınıflandırılması ve bazı özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Sınıflandırma, müsaade edilen penetrasyon aralıklarına dayanmaktadır; 40-50 sınıfindakilerin penetrasyonun 40 ile 50 arasında olması gerekmektedir.

Tablo 1. Asfalt çimentolarının penetrasyona dayalı sınıflandırılması

Sınıfı	Penetrasyon		Parlama Noktası, °C	Düktilite, cm
	Min.	Maks.		
40-50	40	50	232	100
60-70	60	70	232	100
85-100	85	100	232	100
120-150	120	150	219	100
200-300	200	300	177	100

Viskoziteye Dayalı Sınıflandırma

Asfalt çimentosunun viskozitesi onun akışkanlık özelliğinin bir ölçüsüdür. Bu özellik bağlayıcının kullanılacağı asfalt kaplamanın performansını önemli derece etkilemektedir. Bu nedenle viskozite asfalt çimentosunun en önemli fiziksel özelliklerinin başında gelmektedir.

Viskozitenin ölçülmesi için viskozimetre adı verilen aletler geliştirilmiştir. Standart boyutlu bir delikten önceden belirtilmiş herhangi bir ısı derecesinde 60 cm³ sıvının akması için geçen zaman saniye cinsinden saptanmaktadır. Bu süre ne kadar uzunsa, asfalt çimentosunun viskozitesi o kadar yüksek olmaktadır. Bütün asfalt ürünlerinin viskozitelerini 25 0C de belirtmek uygun olmaktadır. Değişik asfalt çimentolarının ASTM D3381 e göre viskoziteye dayalı sınıflandırılması ve bazı özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

AC sınıfı numaraları, müsaade edilen viskozite aralığının orta değerinin 1/100’ne göre verilmektedir, örneğin AC-5’in mutlak viskozite değeri 400 ile 600 arasında olup ara değeri 500 dür. Bu nedenle yüksek viskoziteli asfalt çimentoları, yüksek numaralara sahip olmaktadır.

Tablo 2. Asfalt çimentolarının viskoziteye dayalı sınıflandırılması

Sınıfı	Viskozite		Penetrasyon	Parlama noktası, (°C)
	Mutfak, poises	Kinematik, cSt		
AC-2.5	250±50	125	220	163
AC-5	500±100	175	140	177
AC-10	1000±200	250	80	219
AC-20	2000±400	300	60	232
AC-30	3000±600	350	50	232
AC-40	4000±800	400	40	232

Yaşlandırılmış Asfalt Bağlayıcı

Artığının Vistozitesine Dayalı

Sınıflandırma

Asfalt kaplama yapımı sırasında asfalt çimentosunda oluşan yaşlanmayı temsil etmek üzere, yaşlandırılmış asfalt çimentosunun mutlak viskozitesine bağlı olarak sınıflandırma yapılmaktadır. Yaşlandırılmış asfalt bağlayıcı artığının viskozitesine dayalı olarak ASTM 3381 de yer alan sınıflandırma Tablo 3 de görülmektedir.

Tablo 3. Yaşlandırılmış asfalt bağlayıcı artığının viskozitesine dayalı olarak sınıflandırma

Sınıfı	Viskozite		Penetrasyon	Parlama noktası, (°C)
	Mutfak, poises	Kinematik, cSt		
AR-1000	1000±250	140	65	205
AR-2000	2000±500	200	40	219
AR-4000	4000±1000	275	25	227
AR-8000	8000±2000	400	20	232
AR-16000	16000±4000	550	20	238

Performans Sınıfı

Superpave’de ampirik deneylerden vazgeçilmiş ve şartnameler performansa dayalı hale getirilmiştir. Amaç, asfalt çimentosunun kalıcı deformasyonlara (tekerlek izi) etkisini sınırlamak, termal çatlamaya ve yorulmaya karşı dayanımından emin olmaktır. Bu bakımdan penetrasyon değerine göre sınıflandırma terkedilmiş, Performans Sınıfı (Performance Grade - PG) ile yeni bir kavram geliştirilmiştir. Performansa göre derecelendirilmiş bitümlü bağlayıcılar, PG x-y şeklinde sınıflandırılmıştır. Örneğin PG 64-22 gibi. PG’yi ilk takip eden rakam yedi günlük ortalama maksimum kaplama tasarım sıcaklığını; ikinci rakam, minimum kaplama tasarım sıcaklığını göstermek-

tedir. SHRP bitümlü bağlayıcı şartnamesinde, yüksek ve düşük sıcaklıklar için kullanılan bitümlü bağlayıcı sınıfları görülmektedir.

Asfalt çimentosu sınıfları, yüksek ve düşük sıcaklık kategorilerine göre belirlendiğinden, herhangi bir bölgede kullanılacak asfalt çimentosunu seçmek için o bölgeye ait hava sıcaklıklarını bilmeye gereksinim duyulmaktadır.

Katbek Asfaltlar

ABD’de ve ülkemizde, katbek asfaltları kuruma hızlarına göre üç gruba ayrılmaktadır.

- Çabuk kuruyan (RC)
- Orta hızla kuruyan (MC)
- Yavaş kuruyan (SC)

RC için penetrasyon derecesi 85-100 olan asfalt çimentoları benzin gibi çok uçucu bir madde ile karıştırılmaktadır. Bunlar çabuk kurdukları için soğuk iklimlerde ve karışımın çabuk karıştırılması gereken durumlarda kullanılmaktadır. MC tiplerinde 120-150 penetrasyonlu asfalt çimentosu, gazyağı tipinde bir eritici ile eritilmektedir. Çalışma güvenlikleri iyi fakat kuruma süreleri birinciye nazaran fazladır. SC tipinde ise kullanılan asfaltın penetrasyonu ilk iki tipte olduğu gibi sabit olmayıp, derece numarası büyüdükçe kıvam artmaktadır⁽⁴⁾.

Katbekler 60°C de ki kinematik viskozitelerine

göre sınıflandırılmaktadırlar. 30, 70, 250, 800 ve 3000 kinematik viskoziteli olarak üretilmektedirler. Bu sayı büyüdükçe kıvam artmaktadır. RC, MC ve SC ifadelerinin önüne bu değerler gelmektedir. Örneğin MC-800, 800 kinematik viskoziteye sahip orta hızla kuruyan katbek’i ifade etmektedir⁽³⁾.

Asfalt Emülsiyonları

Emülsiyon yola serilince emülsif tozlar ve yoldaki taş elemanlar tarafından emilmekte, bu şekilde emülsiyon kesilmektedir. Bu kesilme hızlarına göre, yine katbeklerde olduğu gibi, çabuk kesilen RS, orta hızla kesilen MS, yavaş kesilen SS olmaktadır. RS-1, SS-2 şeklinde gösterilmekte, sembollerin yanına gelen rakamlar ise emülsiyonkivamını göstermektedir. 1 düşük viskoziteli olduğunu, 2 ise yüksek viskoziteli olduğunu belirtmektedir⁽³⁾.

Kaynaklar

- (1) Açar, E., 1998. Esnek yol üstyapılarının projelendirilmesi ders notları. İTÜ İnşaat Fakültesi.
- (2) Ilıcalı, M., Tayfur, S., Özen, H., 1999. Soğuk karışımlarda agrega gradasyonunun optimum bitüm muhtevasına etkisi. II. Ulusal Asfalt Sempozyumu, 85.
- (3) Mamlouk, M. S., Zanlewski, J. P., Materials for civil and construction engineers, 217-246.
- (4) Umar, F., Açar, E., 1991. Yol Üstyapısı, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, 122-129.

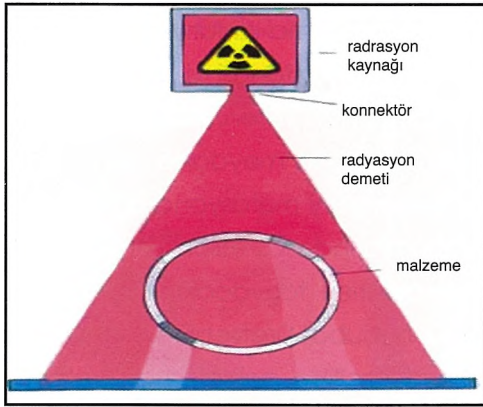
X IŞINLARININ FARKLI ALANLARDA KULLANIMI



Wilhelm Conrad Roentgen, 1895’de laboratuvarında, camdan yapılmış ve basıncı düşürülmüş elektronik bir tüpte "katot ışınlarının soğrulması" üzerinde deneyler yaparken, tüpün iki elektrotu (katot ve anot) arasına yüksek voltaj uygulamış ve bu sırada tüpten birkaç metre uzakta bulunan "Baryum Platino Siyanür" kaplı bir levhanın parıldamakta olduğunu gözlemiş. Ancak bu parıldamanın, etraftaki herhangi bir cisimden gelebileceğini düşünerek, ışıkları söndürüp deneyi tekrarladığında, parıldama olayının da tekrarlandığını görmüş. Bunun katot ışınlarının bir eseri olup olmadığını anlamak için, tüpün üzerini siyah bir kartonla kaplayıp, deneyini tekrar etmiş ve yine aynı olayı görünce, buna katot ışınlarının sebep olamayacağını, daha değişik özelliklere sahip bir ışının özelliği olduğunu belirler. Çünkü tekrarlanan deneylerde, tüp üzerine konan siyah kağıt, karton ve tahta parçaları parıldamayı engellemiyordu. Oysa katot ışınlarının (katottan anoda doğru akan elektronların) maddeyi delip geçme özelliğinin olmadığını bilen Prof. Roentgen, bu parıldamanın, normal gün ışığından farklı özellikte olan ve bazı maddeler tarafından durdurulduğunu da deneyler sonucu ortaya koymuş ve bunun sonucunda, "baryum platino siyanür" kaplı bir kağıt ile tüp arasına elini koymuş ve tüpten akım geçince, elinin kemiklerinin "baryum platino siyanür" kaplı kağıt üzerine yansıdığını bulmuştur. Anot voltajını arttırmakla, parıldamanın da arttığını gören Prof. Roentgen, bu parıldamaya katot ışınlarından farklı özelliklere sahip yeni bir ışının sebep olduğunu keşfettiğini anlamış ve o

Nurcan Üstündağ, *Nuran Akyurt
Marmara Üniversitesi
Sağlık Hizmetleri Meslek
Yüksekokulu, Radyoloji Bölümü
Haydarpaşa Kampüsü
İstanbul
*nakyurt@hotmail.com

anda henüz özellikleri bilinmeyen bu ışınlar matematikte "bilinmeyen" anlamına gelen "X-IŞINLARI" adını vermiştir⁽¹⁾.



Bu ışınlar günümüzde; tıp, elektrik üretimi, hayvancılık, tarım, yerbilimleri, biyolojik arıtma, gıda muhafazası, arkeoloji, kriminoloji gibi birçok alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca çekirdek bölünmesi olayının nükleer silahların yapımında da kullanıldığı bilinmektedir. Örneğin, 1945'de iki adet atom bombası Japonya'nın Hiroşima ve Nagasaki şehirlerine atılmıştır. Bu bombaların savaşın daha çabuk sona ermesini sağladığı söylenebilir de bu olay nükleer enerjinin talihsiz bir uygulamasıdır. Radyasyonun zararlı sonuçları göz önüne alındığında, net bir fayda sağlamayan hiçbir radyasyon uygulamasına izin verilmemelidir⁽²⁾.

Radyasyonu insanların yararına kullanma çabaları ve zararlarını en az seviyeye çekebilme isteği; doğal olan radyoaktif maddelerin izotoplarını keşfe yöneltmiş ve keşfedilen izotopların hizmetine sunulmuştur. Bu izotopların yaydığı radyasyonların kullanılmasıyla, tıpta, tarımda, sanayide ve değişik tip araştırmalarda faydalı sonuçlar elde edilmiştir⁽³⁾.

X Işınlarının Kullanıldığı Yerler

Radyasyonu, insanların yararına kullanma çabaları ve zararlarını en az seviyeye indirebilme isteği; doğal olan radyoaktif maddelerin izotoplarını keşfe yöneltmiş ve keşfedilen izotopların hizmetine sunulmuştur. Bu izotopların

yaydığı radyasyonların kullanılmasıyla, tıpta, tarımda, sanayide ve değişik tip araştırmalarda faydalı sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca yine doğada mevcut olan uranyum, toryum gibi radyoaktif maddeler de doğal olan radyasyon kaynaklarını oluşturmakla beraber radyasyonun ne olduğu düşüncesi de 18. yüzyılın ikinci yarısından itibaren bilimsel platforma taşınarak incelemenin odağına oturmuştur⁽³⁾.



Radyoaktif ışınların zararları yanında, yararları ve kullanım alanları da mevcuttur. Bu ışınları, atomları parçalamak suretiyle bir elementi diğer bir elemente çevirmede, atom pili (reaktör) yapımında, atom bombası yapımında, fosforişil kadran yapımında, minerallerin ve tarihsel kalıntıların yaşını ölçmede, tıp da teşhis ve tedavi amacıyla kullanıldı bazı alanlar olarak vermek mümkündür.

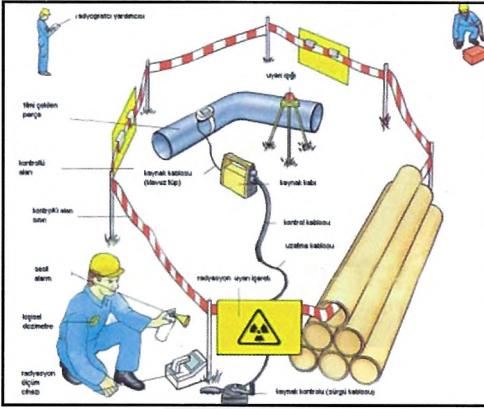
Radyoaktif izotoplar ile radyoaktif olmayan izotopların kimyasal özellikleri aynıdır. Bundan dolayı radyoaktif izotoplar izleyici olarak kimya araştırmalarında yaygın bir şekilde kullanılırlar. Ayrıca, bir kimyasal tepkimenin mekanizması ya da bir bileşiğin yapısı çoğu zaman deneylerde radyoaktif izleyiciler kullanılarak aydınlatılır.

Sağlık Alanında X Işınlarının Kullanımı

Radyoaktifliğin ışınım etkilerinden yararlanan uygulamaların başında ışın (Curie) tedavisi gelir. Bu yöntem kanser vb. habis tümörlerin yok edilmesinde kullanılır. Bu tedavi için en çok kullanılan radyoaktif izotop bir gama yayımlayıcısı olan

Co60 izotopudur. Radyoaktif izotoplar hastalıkların teşhisinde; Örneğin, günümüzde yaygın olarak kullanılan pozitron ışın tomografisi (SPECT) özellikle beyindeki bazı hastalıkların teşhisinde kullanılır. Radyoaktif ışınlar yardımıyla film veya duyarlı plaka üzerinde görüntü elde etme yöntemi radyografi olarak adlandırılmakta olup bu yöntem tıpta röntgen çekimi olarak bilinir.

Röntgen çekiminde de elektronik cihazların ürettiği x ışınları kullanılır.



Tarımda X Işınlarının Kullanımı

Tarımda amaçlara ulaşabilmek için yararlanılan radyonüklidlerin kullanımına ilişkin başlıkları şöyle sıralayabiliriz:

Üretim(Gübreleme ve sulama): Tarımsal kimyasalların kontrolü, haşere kontrolü, tohum mutasyonu, yiyeceklerin korunması.

Sulama: Radyonüklidlerle yapılan çalışmalar sonucunda az su isteyen bitki türleri geliştirilebilmektedir. Ancak aynı zamanda da sulamanın düzenlenmesi büyük önem taşımaktadır. Sulama zamanları ve miktarının düzenlenmesiyle önemli tasarruflar sağlanabilmektedir. Bunun için toprağın nem düzeyinin sürekli izlenmesi gerekmektedir. Bu iş için geliştirilmiş olan nötron çubuklarıyla toprağın su gereksinimi gerçekçi olarak belirlenmektedir.

Yeni bitki türleri: Bütün biyolojik moleküllerde olduğu gibi bitkilerde de zaman zaman doğal mutasyonlar oluşur. Tahumların ışınlanması mutasyon hızını çok fazla artırır ve böy-

lece yeni bitki türleri oluşur. Işınlama ile hasıl edilen mutasyonların büyük çoğunluğu zararlıdır. Nadiren milyonda bir ihtimalle faydalı mutasyon meydana gelebilir. Milyonlarca tohum X veya gama ışınlarıyla ışınlanırsa, tesadüf olarak birkaç tanesi iyi özellikler kazanabilir. Bunlar iyi ürün veren, kolay büyüyen bir tür olabilir. Tohumda meydana gelen mutasyon soya geçer yani mutasyona uğramış bir bitkinin tohumlarından üretilen yeni bitkide istenilen karakterleri taşıyacaktır. Bu yolla birçok yeni tür hububat üretilbilir ve geliştirilen yeni hububat özellikle gelişmemiş ülkelerin tarımı için son derece önemlidir.

Haşaratla mücadelede: Radyasyonla haşaratla mücadelede de çok başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Radyasyonla steril hale getirilen erkek sinekler tekrar ortama salındığında üretken dişi sineklerle çiftleşmesi sonucunda döllenme olmayacak yani yeni nesil oluşmayacaktır. Kısırlaştırılmış erkek sineklerin tekrar salınmasıyla sinek nüfusunun toplam olarak yok edilmesi mümkün olmaktadır. Bu teknikle Körfez Ülkelerindeki burgu kurtlarına karşı başarılı bir mücadele verilmektedir. Kısırlaştırmanın haşarat ilaçlarıyla mukayese edildiğinde çok fazla üstünlüğü olduğu görülmüştür. Özellikle çevreye zararlı ilaçlar saçılması, sadece istenilen haşarat yok edilmesi ve fakir ülkelerin pahalı ilaçlara para vermesi son derece önemli sonuçlardır.

Gıdaların sterilizasyonu: Nükleer radyasyonların diğer bir kullanım alanını oluşturur. Işınlama sonunda elde edilmiş gıdaların insan sağlığına bir zararı olduğu tespit edilmemiştir. Bu teknik meyveler içinde uygundur. Çünkü meyveler genelde tropikal ülkelerde yetiştirilip gemilerle kuzey ülkelerine nakledilir. Bu meyveler paketlenildikten sonra gama ışınlarıyla sterilize edilebilir. Radyasyonla sterilizasyon zararsız ve kimyasal sterilizasyona göre pek çok avantajları bulunmaktadır. Sütün

radyasyon ile sterilizasyonunda tat değişikliğine sebebiyet verdiği için ultraviyole (UV) ışıkla sterilize edilir. Radyasyonla sterilizasyonda gıdalardaki vitaminlerin bazılarının bozulduğuna dair söylentiler varsa da bu henüz ispatlanamamıştır⁽⁴⁾.



Hayvancılıkta X Işınlarnın Kullanımı

Radyoizotoplar hayvancılıkta temel olarak, hayvanların beslenmesindeki en iyi yöntemi saptamak, üremelerindeki dengeyi belirleyebilmek ve bazı hastalık yapıcı etkenleri ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır.

Çiftlik hayvanları birçok ülkede, önemli yaşamsal ve ekonomik faktör niteliğindedir. Parazitlerin bu konuda büyük zararlar oluşturduğu bilinir. Araştırmalar ışınlama yoluyla üretilen aşıların bu parazitlerin zararsız hale getirilebileceğini ortaya koymuştur. Co60 ve x ışını kullanılarak parazitlerin hastalık yapabilme yeteneklerini ortadan kaldırılmasında güvenli ve ucuz maliyetli olması nedeniyle yaygınca tercih edilir.

Hidrojeoloji Alanında X Işınlarnın Kullanımı

Günümüzde yeraltı ve yüzey sularının miktar, içerik ve davranışlarına ilişkin pek çok bilgiyi sağlamak mümkün hale gelmiştir. Nükleer teknikleri kullanarak yanıtı bulunabilen başlıca sorunlar şöyle sıralanabilir:

Yeraltı sularının; kökeni, yaşı, dağılımı, su kalitesi, oluşum ve yenilenme mekanizması, akiferler arasındaki bağlantılar, akiferlerin litolojisi, gözeneklilik ve geçirgenlik özellikleri.

Yüzey sularında; göllerin ve rezervuarların dinamiği, barajlardaki kaçaklar, nehirlerin boşalım ölçümleri, yataklardaki taşınım, sedimantasyon hızı.

İzotopik yöntemlerle kıraç veya yarı kıraç alanlarda yeraltı sularının yaşı belirlenerek endüstriyel gelişim bölgeleri saptanmaktadır. Suların kirlenmesi, kimyasal anlamda ölçülebilmekte ancak kirlenmenin nedeni genellikle izotopik yöntemlerle saptanmaktadır.

Jeoloji, Jeofizik, Jeokimya ve Yaşlandırılmada X Işınlarnın Kullanımı

Doğal radyoaktif mineraller jeolojide önemlidir. 45 çeşit doğal radyoaktif izotopu bulunan 19 farklı element mevcuttur. Uranyum, Toryum ve Potasyum bu 19 elementin arasında en sık bulunanlardır. Hazırlanmış bir oyuğa yerleştirilen nükleer ölçüm aygıtlarıyla kayanın yoğunluğunu, gözenekliliğini ve kimyasal elementlerini saptamak mümkün olabilmektedir. Nötronların güçlü absorpsiyonu ile hidrojen içeren bir tabaka veya petrol olup olmadığı anlaşılmakta, yeraltı suyunun tabakadan geçip geçmediği ve Cl varlığı belirlenmektedir. Çok ince olsalar bile kumtaşı ve kireçtaşı gibi litolojilerin kalınlıkları belirlenebilir.

Bu nükleer uygulamaların dışında; çevre bilimlerinde ve enerji üretiminde nükleer uygulamaları gözlemlemek mümkündür⁽⁵⁾.

Endüstri Alanında X Işınlarnın Kullanımı

Radyasyon ve radyoizotop uygulamalarının endüstrideki katkı ve yararları gelişmiş ülkelerde çok iyi bilinmektedir. Modern endüstride radyasyon ve radyo izotopların kullanımı, proses geliştirilmesi ve iyileştirilmesi, ölçüm, otomasyon ve kalite kontrol için büyük önem taşımaktadır. Radyoaktif maddenin çok küçük bir miktarı kolayca saptanarak ölçülebildiği için bazı endüstri alanlarında büyük yararlar sağlamaktadır. Bunlar; kömür, petrol gaz ve petrokimya, çimento, cam, inşaat malzemeleri, maden filizi işlenmesi, kağıt

demir ve çelik, demir dışı metaller, otomotiv olarak sayılabilir.

Radyonüklidlerin endüstri alanındaki büyük önemi yeni aygıtların geliştirilmesini sağlamıştır. Bu aygıtlarla yapılan çalışmalar bazı çok özel nitelikler içermektedir. Çünkü: (1) Radyasyon madden geçebilmektedir. Ölçülecek materyale doğrudan temas olmadan ölçüm yapılabilir. (2) Hareketli materyalde hareket halinde iken ölçüm yapılabilir. (3) Radyonüklid kaynağın kararlılığı mükemmeldir ve çok az bakım gerektirmektedir. (4) Maliyet/yararlılık oranı diğer yöntemlere göre çok iyidir. (5) Gama ışının absorpsiyon'una dayanan yoğunluk ölçümleri sıvı ve katı ortamlarda otomatik yoğunluk ölçümü gerektiren her alanda kullanılmaktadır. Yağ endüstrisi, mineral prosesi ve sigara endüstrisinde bu yöntemde yararlanılmaktadır.

X ışının floresan analizi adı verilen ve her elementin kendine özgü karakteristik x ışının analiz ederek metal kompozisyonunu belirleyen teknik, maden cevheri ve metal kaplama endüstrisinde yoğun olarak kullanılmaktadır.

Radyonüklidlerin kullanıldığı bir başka önemli alanda beton köprülerdir. Bu köprülerde direnci sağlayan dayanıklılık kabloları köprünün alt kısmına yerleştirilir. Eğer bunlar doğrusal biçimde olmazsa stres uygulandığı zaman köprüde önemli hasarlar oluşabilir. Kablolar yerleştirilmeden önce kabloları taşıyacak tüplerin içerisine radyonüklid kaynaklar konarak tüplerin tam pozisyonu ve doğrusallıktan sapma olup olmadığı saptanabilir.

Cam ve beton üretiminde kullanılan kumun nem düzeyi hem cam teknolojisinde hem de beton kullanılan her alanda, özellikle de baraj yapımında çok önemlidir. Nötronların yardımıyla kumdaki, nem kolaylıkla saptanmaktadır. X veya gama ışını kullanılarak

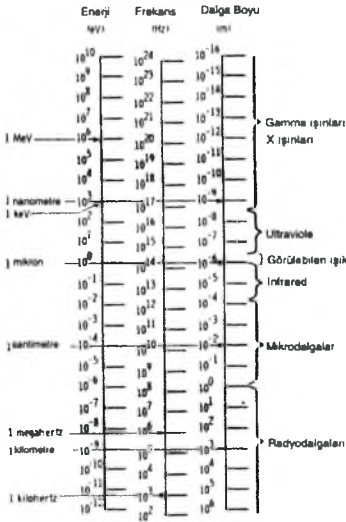
yapılan radyografi kalite kontrol uygulamaları çok kullanılan ve bilinen bir yöntemdir. En çok kullanıldığı alanlar kaynak ve dökümler, jet motorları gibi monte edilmiş makinelerdir. Örneğin petrol veya doğal gaz gibi boru hatlarındaki kaynak kontrolü gama-radyografi yöntemi ile yapılmaktadır. Gama kaynağı borunun merkezine konmakta ve borunun dışına film yerleştirilerek görüntü alınmaktadır. Yeni uygulamalarda film yerine dijital sistemler geliştirilmiştir⁽⁶⁾.

Kaynaklar

- (1) Kumaş, A., 1996. Radyoloji. Tamer Matbaacılık, Ankara, 83-84.
- (2) Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, 1999. ÇNAEM Bilgi Haberler, Ağustos, İstanbul.
- (3) Seçilmiş, İ., 2000. Radyasyon Hakkında Bilmek İstediklerimiz. Türkiye Sağlık İşçileri Sendikası, Ankara.
- (4) Yülek G. G., "Nükleer Enerji ve Çevre", SEK Yayınları.
- (5) "Radyoaktivite ile Yüzyıl 1986-1996", Gülhane Askeri Tıp Akademisi Basımevi, Etlik Ankara, 1998.
- (6) www.taek.gov.tr/yayinlar/yayinlar/ends_rdgrafi/nrpb.html - 40k

İYONİZAN RADYASYONUN İNSAN VÜCUDUNDAKİ ETKİLERİNE BAKIŞ

X-ışını, elektromanyetik dalga grubundan bir ışın olup elektromanyetik dalga spektrumunda gamma ile ultraviyole ışınları arasında yer alır. Bu ışınların insan vücuduna zararlı olduğu herkes tarafından bilinir. Ancak bu etkilerin ne olduğu ve nasıl ortaya çıktığı bilinmez.



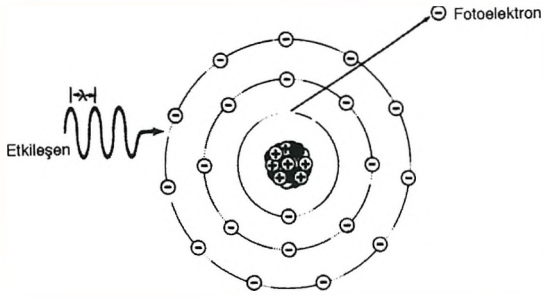
X-ışını, iyonizan radyasyondur. Etkileşime girdiği bir atomun yörünge elektronlarından birini koparabilme etkisine sahip ışın olarak tanımlanabilir. Yörüngesinden bir elektron kopan atom veya elektron, ortami du-raysız hale getirerek kararsız moleküller oluşumuna sebep olabilir. X-ışını aslında bir foton, yani bir enerji paketçidir. Madde ile etkileşiminde başlıca 3 etki oluşturabilir. Bunlar, fotoelektrik etki, Compton etkisi ve Çift etkidir.

Foto Elektrik Etki

Bu etkide x-ışını fotonu, atomun iç yörüngedeki elektronlarından birine çarparak tüm enerjisini ona aktarır.

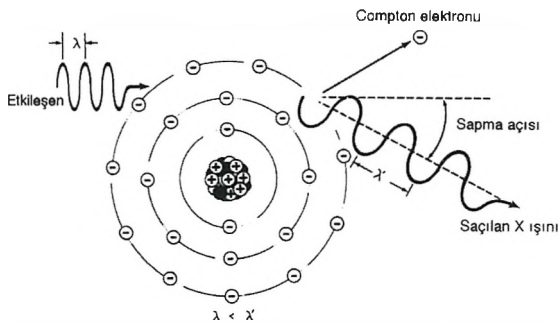
Ayşe Gül Ayfer Köse
Murat Balıkcı
*Nuran Akyurt
Marmara Üniversitesi
Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu
Radyoloji Bölümü
Hardarpaşa Kampüsü
Kadıköy, İstanbul
*nakyurt@hotmail.com

Yani foton, elektron tarafından absorbe edilmiş olur. Elektron, yörüngesinden koparak atom dışına fırlatılır ve fotoelektron halini alır. Fırlatılan elektron yerine dış yörüngelerden bir elektron gelir. Bu etkide, hem yüksek enerjili bir fotoelektron hem de bir elektronunu kaybetmiş atom ortaya çıkar.



Compton Etkisi

Burada foton dış yörüngelerdeki herhangi bir elektrona çarpar ve enerjisinin bir kısmını ona aktarır. Aktarılan enerji sebebi ile elektronun artmış enerjisi, bağlanma enerjisini geçiyorsa elektron yörüngeden fırlar. Foton ise, enerjisi azalmış ve yönü değişmiş olarak yola devam eder. Enerjisi ve bulunduğu ortama göre yeniden bir fotoelektrik ya da Compton etkisi oluşturabilir.

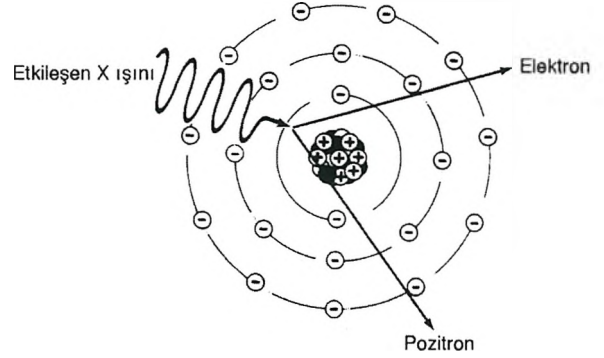


Çift Etkisi

Bu olayda ise foton elektronlarla etkileşmez. Çekirdeğin yakınından geçen foton çe-

kirdek enerjisi ile etkileşir. Kendisi bir anda yok olur ve ortaya elektron-pozitron çifti çıkar.

Enerjisi daha düşük olan fonda, fotoelektrik etki daha çok görülür. Enerji arttıkça Compton ve çift oluşumu etkileri görülür.



İnsan Vücuduna Etkileri

Madde ile bu tür etkileşimlere girebilen X-ışını, canlılara ya da insan vücuduna zarar verebilir. Ancak radyasyonun insan vücudu üzerine etkileri konusunda çalışma yapılamayacağı ortadadır. Bu konudaki bilgiler daha çok nükleer reaktör kazalarına, atom bombasından sağ kalanlara ve eski yıllarda radyasyonun zararları bu kadar iyi bilinmiyorken kontrolsüzce radyasyon kullanan kişilere, örneğin radyoloji uzmanı doktorlar- dayanmaktadır. Günümüzde artık radyasyonun zararının daha çok hızlı üreyen hücreler üzerine olduğu bilinmektedir. İnsan vücudunda hızlı üreyen kan hücreleri, deri hücreleri, spermatoğonia, X-ışınından çok etkilenirken hemen hemen hiç üremeyen sinir hücreleri radyasyon etkisine daha dirençlidir.

Radyasyonun insan vücudundaki etkileri erken ya da geç etkiler olarak ikiye ayrılır. Erken etkiler, günler hatta saatler; geç etkiler, haftalar aylar veya yıllar sonra ortaya çıkar. Erken etkiler daha çok yüksek doz radyasyon-

la ortaya çıkar. Ciltte yanık, cildin dökülmesi, saç dökülmesi görülebilir. Kan hücrelerinin ani ölümüne bağlı kanama bozuklukları, enfeksiyonlar ortaya çıkabilir. Testiste spermatogoninin ölmesi sonucu testisler küçülebilir. Bağırsak hücrelerinin dökülmesi sonucu ishal, zayıflama ortaya çıkabilir. Radyasyonun bu erken etkileri, yüksek doz radyasyon gerektirdiği için günümüzde nükleer reaktör kazaları dışında pek görülmez. Ülkemizde de birkaç yıl önce Halkalı çöplüğündeki bir reaktör, bu reaktörden etkilenen insanlardaki bulguların radyasyon etkisi olması dolayısıyla yapılan araştırma sonucu bulunmuştu.

Günümüzde radyasyonun en çok kullanıldığı alanlardan biri tıptır. Genelde düşük doz radyasyon kullanıldığı için radyasyonun geç etkileri bu alanda çalışan kişilerde sıkça gözlenir. Geç etkilerin ortaya çıkması için gereken süreye "latent periyot" denir. Bu etkilerin en başlıcası kanser gelişmesi yani karsinogenezdır. Ayrıca gözde katarakt, çeşitli kanser olmayan deri hastalıkları, kan hücrelerinin yapılamamasına bağlı bir çeşit kansızlık (aplastik anemi) olarak da ortaya çıkabilir. Kanser hastalıklarından özellikle lösemi, lenfoma, tiroid kanseri, meme kanseri, cilt kanserleri, akciğer kanseri ve çeşitli kemik kanserleri de radyasyona bağlı yaygın hastalıklardır.

Radyasyonun geç etkiler içinde sayılabilecek bir diğer etkisi genetik etkileridir. Bu anne karnındaki bebeğin radyasyondan etkilenmesini ifade eder. Radyasyonun hızlı üreyen hücreleri etkilediğini, hemen hemen hiç üremeyen sinir hücrelerini en az etkilediğini daha önce belirtmiştik. Anne karnındaki bebeğin sinir hücreleri dahil tüm hücreleri hızlı bir biçimde ürettiği için tüm hücreler yüksek risk altındadır. Ancak bebeğin organlarının çoğunun oluştuğu ilk üç ay daha

da risklidir. Oluşmuş organların sadece büyüdüğü son aylarda bebek nisbeten radyasyona dirençlidir. Gebelikte radyasyona maruz kalmış bir bebeğin normal doğması radyasyondan hiç etkilenmediğini göstermez. Bu bebeklerin büyüdüğünde çocukluk çağı kanserlerine yakalanma ihtimali radyasyon almamış çocuklara göre daha yüksektir.

Radyasyon günümüzde en yaygın olarak tıpta kullanılmaktadır. Dolayısıyla radyasyonun yan etkileri ve korunma yöntemleri de çok iyi bilinmektedir. Ancak en iyi korunmanın radyasyona hiç maruz kalmama olduğu unutulmamalıdır.

Kaynaklar

- (1) Bushong, S.C., "Radiologic science for technologists :Physics, Biology and Protection". Fourth edition.
- (2) Oyar, O., 1998. Radyolojide Temel Fizik Kavramlar. Tayt Ofset. İzmir.
- (3) Kıracı, F.S. 2001. Radyasyon Biyolojisi. Gültürk Ofset,Denizli.
- (4) <http://imagers.gsfc.nasa.gov>

TABIAT TARİHİ MÜZELERİNİN EVRENSEL YAPISI, MTA TABİAT TARİHİ

Tabiat (doğa); canlı ve cansız varolan her şeyin tümüdür diye özetlenebilir. Tanımın kapsamında yaklaşık 14 milyar yıl önce büyük bir patlamayla (big bang) oluşan ve genişlemesine günümüzde de devam eden evrenimiz (cosmos), onun küçük bir üyesini oluşturan Samanyolu Galaksimiz ve bu galaksinin de çok küçük bir bölümünü kaplayan yaklaşık 4,5 milyar yıl yaşındaki Güneşimiz ve Güneş sistemimiz ve üzerinde yaşadığımız ihtiyar Dünyamız da yer alır. Bu süreçler bizlere çok uzun bir zaman dilimini yansıtsa (zaman görecelidir) ve yeryuvarını yaşlı gösterse de o, bir o kadar da dinamik bir yapıya sahiptir. Soğumuş katı kabuğunun altında bulunan ve oluşurken çarpışmalarla, katılaşmayla ve radyoaktif elementlerin bozunumlarıyla kor haline gelmiş yanan yüreğiyle o, anlaşılması kolay bir fizik kanununa dayanarak; ısındıkça genişleyen ve hafifleyerek yüzeye çıkan ve soğudukça da yoğunlaşıp ağırlaşarak batan konveksiyon akımları oluşturmuş ve böylece içindeki erimiş kayalarını yeryüzüne yükselten ve sonra yüzeyde soğuyup yoğunlaşıp ve ağırlaşarak yeniden çekirdeğine gömülerek o harlı ateşinin içinde tekrar tekrar eritilmiş kayalarıyla, bir anlamda döngüsel termik bir makine biçimine dönüşmüş ve içinde hala korumaya devam ettiği sıcaklığını yüzeyine aktararak dinamik bir gezegen sıfatını da kazanmıştır. Bu bağlamda ihtiyar ve gezgin yer küremiz aktiftir ve durmadan şekil ve biçim değiştirmektedir. Bu değişim ve hareket yavaş da olsa onun bütününe kapsamaktadır.

Bu çok uzun geçmişten günümüze uzanan yolda doğa kendisini, doğa bilimleriyle; fizik, kimya, biyoloji, astronomi, jeoloji, fiziki coğrafya vb. ifade eder. Bu ifadeler-

Gerçek SARAÇ
MTA Genel Müdürlüğü, Tabiat Tarihi Müzesi,
06520 Ankara
gerceksarac@hotmail.com

de; maddenin en küçük yapı taşlarını oluşturan kuvarklardan, ilk bakışta sıradan bir gökadanın (galaksinin) bir kenar mahallesinde, sonsuz evrende kendi türünden olan yıldızlarla kıyaslanırsa pek de güven uyandırmayan güneşimizle birlikte küçük kozmik bir toz ve gaz bulutundan oluşmuştur.



İnsanlık tarafından yeryuvarı yada Dünya olarak adlanmış göçebe anlamına gelen gezegenimiz, onun üzerinde 3,5 milyar yıl önce ilk defa ilkel mavi alg olarak bilinen bir su yosununda vücut bulan olağanüstü ve bir o kadar da şimdilik tek olan ve yeryuvarını ve belki de tüm evreni mucizevi bir aleme dönüştürecek ve evrenin anlamını ortaya koyarak onu odağına yerleştirecek olan, adına yaşam dediğimiz gerçek ve yaşamın yolculuğunda yaklaşık 4 milyon yıl önce iki ayak üzerine yükselme aşamasına yeni ulaşmış ilkel insan ve oradan günümüz insanının genetik ve kültürel olarak evrime uğramış gelişmiş beynine ve onun doğayı algılayıp yorumlayarak sorguladığı süreçlerle, inanılması çok geniş bir yelpazede çeşitlenmiş ve evrim geçirmiş yaşam biçimlerinin paradigmaları yer almaktadır.

Ancak ne yazık ki insan, çok uzun bir dönem ve hatta günümüzün farklı toplumları arasında da süregelen ve geçerliliği büyük tartışmalara neden olmuş bir öğreti sonucu, doğanın tümünün kendisi için yaratılmış olduğuna inandırılmış ve bu inanış, harcanan bu uzun sürecin ardından, onun, biyolojik bir sınıflamanın üyesi olduğu, evrimsel aşamaları belli genetik ve kültürel süreçlerle yoğrularak varolabildiği, kendisinin de

içinde hayat bulunduğu doğanın bir parçası olduğu gerçeğinin öğretimiyle yıkılabiliştir.

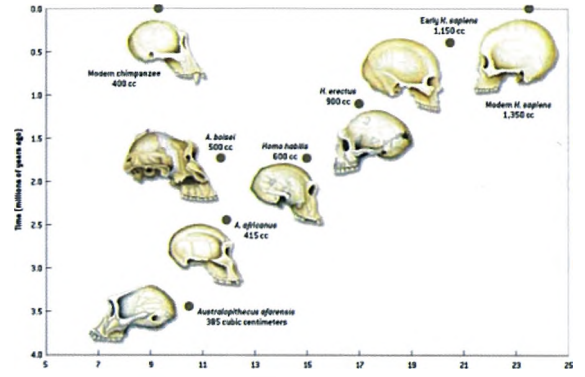
Alkışlanması gereken bu yıkımı, kendi doğasından gelerek evrim geçiren, eleştirip sorgulayan, çağlarını aşmış yeni beyin güçleri yaratmış ve bu yeni-cesur beyin güçleri doğayı insana ve toplumlara açmışlar, onu tanıtmışlar, yani doğal bilimler aracılığıyla canlı-cansız doğa ve çevreyle ilişkileri bilimsel gözlem ve araştırma yöntemleriyle, çevrenin amaçlanan doğrultuda değiştirilmesi ve denetimi pratikleriyle, verilerin geliştirilmesi yöntemlerini ve sentezlerinin birikimiyle oluşan sonuçları, bir anlamda yarattıkları "Tabiat Tarihi Müzeleri" aracılığıyla da toplumlarına sunabilmeyi başarmışlardır. Bu bağlamda Tabiat Tarihi Müzeleri sadece doğa tarihiyle ilgili verileri sakınarak koruyan koruma merkezleri (kuruluşları) değil, eleştirel aklın yeşerdiği, yaşadığı ve yaşatıldığı merkezler olma sıfatını da kazanmıştır.

Çoğu zaman kısır döngüsel yaklaşımlarla tanımlanan doğa, sadece kentlerin ötesindeki dağlar, ormanlar, nehirler, göller, denizler ve onların kıyıları olmamalıdır. O yukarıda da değinildiği gibi 14 milyar yıl önce oluşmuş evrenden, 4,5 milyar yıl önce oluşmuş Dünyamıza, 3,5 milyar yıl önce ilk kez yaşam bulmuş ilkel mavi alg yaygılarından, canlı bir hücrenin en küçük ögesine ulaşan, değişik ortam ve zamanlarda varolan bir bütünün parçalarından oluşmuştur ya da parçalardan oluşan bir bütündür. İnsan da bu bütünün sadece çok sade bir üyesi olabilir. Bütünde; maddenin en küçük yapı taşları olan kuvarklardan evrendeki meteoritlere, gezegenlere, güneşlere-yıldızlara, gök adalara (galaksilere), canlı hücrelerindeki genlerin yapı taşlarını oluşturan aminoasitlere ve şimdi varolmadığı için bilinmeyen herhangi bir süpernova patlaması sonucu oluşmuş atomların, canlı hücreler içinde varoluşlarına kadar ve değinilenlerin tümünün geçirmiş oldukları evrimlerin izleri bulunmaktadır ve hiçbir tarihsel olay da doğanın bu şimdilik bilinmezlerle dolu evrimi kadar görkemli olamamıştır.

Değinilen tüm bu canlı ve cansız evrimsel olayların izleri-verileri çağımızın Doğa Tarihi Müzeleri'nde kıyaslanamaz görkemle sergilenebil-



mekte ve bu tür Doğa Tarihi Müzeleri görsel, bilimsel ve kültürel üçlü bir birlikteliği simgeleyerek eleştirel aklın toplumla özdeşleştiği, barıştığı, bütünleştiği merkezleri oluşturmaktadır. Doğa gerçeklerinin sergilendiği, yoğun olarak doğa bilimleri ve onlardan üretilen bilgileri içeren ve büyük emek harcanarak vücut bulan bu tür Doğa Tarihi Müzeleri'nde birey olarak insan ve/veya onların oluşturdukları toplumlar; kendi yaşam ve kültürel tarihlerini de içeren, içinde bulunduğumuz evreni, üzerinde yaşadığımız dünyayı ve onun doğal düzenine ve gerçeklerine uygun tarihini, ekonomik olanaklarını, bilgiye ve göze sunulan modelleri ile birlikte görebilmekte, anlayabilmekte, öğrenebilmekte ve sorgulayabilmektedir. Bu gözle görülebilen, kolayca kavranabilen elle tutulabilen doğal bir tarihtir ve insa-



nın insan oluşunun anlamıdır da. Tabiat Tarihi Müzeleri; çok uzun zaman almış zaman ve evrim tarihini, yürekli bilim insanlarının mirasları olarak toplumlara sunmakta ve en uygununun yaşaması olarak özetlenen evrim kuramının kanıtlanabileceği verileri sunan, anlatan, öğreten kurumlardır da. Bu kurumlarda doğa bilimlerinin gücü, görkemi ve bilime inanın saygı ve rahatlatıcılığı da hissedilmektedir.

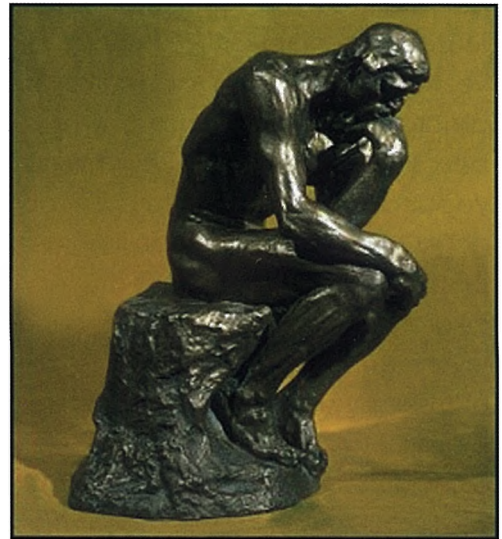
Özü 1949 yılında atılmış olan MTA Tabiat Tarihi Müzesi 1968 yılında Türkiye Ulusal Tabiat Tarihi Müzesi sıfatını kazanarak MTA Genel Müdürlüğü binasında, ayrıca Genel Müdürlük bahçesinde de Türkiye'nin florasını tanıtmak amacıyla örnek olarak da hazırlanan botanik bahçeleriyle birlikte hizmete açılmış ve günümüzde de kendi bağımsız üç katlı binasında toplam 10.800 m²'lik bir alana yayılmış sergi alanları, fosil ve minerallerin temizlenip onarılarak sergilenmeye hazırlandıkları laboratuvar, bilgi aktarımları için konferans ve diğer hizmet alanlarıyla birlikte toplumun hizmetine sunumuna 2003 yılında kavuşmuştur. Müzenin görevlerinin başında görkemli doğa tarihini, bütünselliği içindeki çeşitliliğiyle onun evrimini, bilimsel-görsel olarak tüm öğrencilere, aydınlarla, kentli ve köylülere ve yapmış olduğu bilimsel araştırmaları bilim dünyasına tanıtılabilmek yer alıyor. Öğretim konularını; başta Türkiye'den ve diğer ülkelere sağladığı inorganik olarak oluşmuş olağan ve bunların yanı sıra belli bir kimyasal bileşimi ve eğer elverişli koşullarda oluşmuşsa billurlar biçiminde görülen ve ayırtman molekül yapısıyla diğer fiziksel



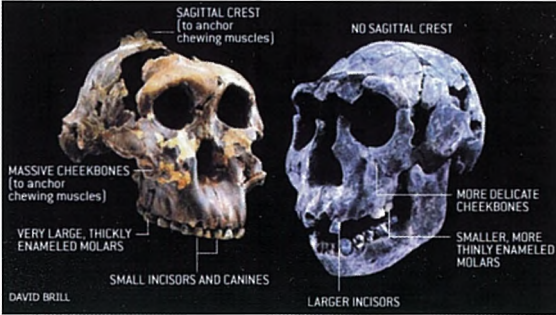
Özellikler de sunan nadir mineraller, başlangıçta magma kökenli olduğu için ergimiş haldeyken daha sonra soğuyup kristalleşmiş maddelerden oluşan magmatik kayalar, diğer kayalardan günlenme-aşınma yoluyla ayrılmış kayaç parçalarının rüzgar, su ya da gravite enerjileriyle taşınarak toprak üstünde ya da su altında birikmesiyle meydana gelmiş çökel kayalar, magmatik-çökel kayaların yeryüzünün derinliklerinde giderek artan değişik basınç ve değişik sıcaklık koşullarında kalıp fiziksel ve kimyasal değişikliğe uğrayarak oluşmuş metamorfik kayalar, çok ender bulunan fosilleşmiş eski yaşam biçimlerinin paleontolojik ve paleobotanik örnekleriyle (bunlara iz fosiller de dahildir), güncel ekolojileriyle bezenmiş karşılaştırmalı anatomi-osteoloji ve temel ekolojik prensipler içinde hazırlanmış, canlılar arasındaki ilişkilerin ortaya konmaya çalışıldığı zooloji galerileri (diorama'lar), biyolojik ve kültürel evrimin aşamalarını yansıtan evrim tabloları vb. oluşturmaktadır. Ayrıca diorama'larda biyoçeşitliliğe özen gösterilerek canlıların doğal ortamları titizlikle seçilip hazırlanarak ziyaretçilere sunulmuş ve biyoçeşitliliğin bir parçası olarak bütünü oluşturan canlıların tümünün yaşama haklarına sahip oldukları da dile getirilmek istenmiştir. Diğer taraftan bu diorama'larda canlıların ekosistem içindeki fonksiyonları ve güzellikleri de yansıtılarak bu aşamada ziyaretçilerin doğa ve doğa tarihini tanıyıp ona karşı ilgi, istek ve sorumlulukları hatırlatılmaya ve artırılmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda doğal hayata yönelik özgün vahşi yaşam, özgün doğası içinde, hazırlanan 19 diorama da tanıtılmaktadır.

MTA Tabiat Tarihi Müzesi kendi uzman bilim insanları ve elemanlarının yanı sıra, yine uzman merkez ve bölge kuruluşları elemanlarının destekleriyle ve 50 yılı aşkın tarihiyle zengin fosil, mineral, kayaç koleksiyonlarına sahiptir ve bu konularda çeşitliliğe özen gösterilmiştir.

Ayrıca MTA Tabiat Tarihi Müzesi, MTA'nın bilim ve topluma dönük olumlu yüzünün bir simgesini de oluşturmakta olup, bu özelliği ile de Genel Müdürlük katında özel bir yere ve konuma sahiptir. Bu özel konuma görkemli doğa tarihini özenle seçilmiş ve hazırlanmış sergi vitrinlerindeki fosil, mineral ve kayaç örnekleri, hayranlık uyandıran dioramaları, orijinal ve kalıp fil ve dinazor vb. örnekleriyle başta öğrenciler olmak üzere tüm yerli ve yabancı toplumlara ve bilim dünyasına sunarak ulaşmıştır. Ancak Türkiye'nin paleofauna ve paleoflorasıyla ve güncel biyoçeşitliliğiyle tam olarak ortaya konulabildiği de söylenemez. Bu sonuçlar MTA Tabiat Tarihi Müzesi ve benzerlerinde uğraş veren bilim insanlarının önlerinde bilinmeyene doğru daha çok uzun bir yolculuk yapmaları gerektiği gerçeğini ortaya koymaktadır. Diğer bir anlatımla eylemli paleontolojik, paleobotanik ve biyolojik amaçlı daha birçok araştırmanın yapılmasının zorunluluğu açıkça ortadadır ve yapılacak bu araştırmaların gerçek sahiplerini, bilime sevgi ve heyecanla koşacak günümüz ve gelecek nesillerin genç beyinleri oluşturacaktır.



Böylesine uzun süreli ve görkemli doğa tarihi, tüm bilim dünyasınca tümüyle kavranabilmiş ve bilinebilmiş de değildir. Bilim dünyası bulunacak daha pek çok bilinmezlerin var olduğunu ve kesinlikle de öğrenemeyeceğimiz şeylerin de varolacağını insanlığa hatırlatıyor. Şu ana kadar yaşam tarihini oluşturan parçaların bir araya getirilebilenleri, ne denli eksik olurlarsa olsunlar, elde edilenler çok büyüleyici bir bilgi paradigması oluşturmaktadır. Fakat bu büyüleyici bilgiler dizisi de ne yazık ki daha birçok bilinmeyi bilim adına ortaya koymamıza yetmemektedir. Örneğin yaşam ve yer-bilimlerinin bilimsel çabaları sonucu olarak günümüze kadar ancak bir buçuk milyon kadar fosil ve yaşayan organizmanın sistematik tanımlamaları yapabilmıştır. Yapılan istatistiksel yorumlar sistematik olarak tanımlanmaları aydınlatılmayı bekleyen daha milyonlarca fosil ya da canlı organizmanın var olabileceğini söylüyor.



Çok iyi bilindiği gibi Tabiat Tarihi Müzelerinin görevlerinin başında, bulunmuş ve tanımlanmış olan örneklerin kayıt altına alınarak depolara doldurup onların sadece bekçiliğini yapmak değil, eylemli araştırmalar yapacak projeler oluşturarak doğayı ve doğa tarihini daha yakından öğrenmek, onu bilinmeyenlerle dolu gizemli ortamından çıkararak günümüz bilim dünyasına, onu izleyen gençlere, aydınlara ve toplumlara bilimsel haberler ve sergilerle tanıtmak yer almalıdır. MTA Tabiat Tarihi Müzesi'nin amaçları arasında izleyicinin düşünmesini, öğrenmesini ve sorgulamasını teşvik eden bir yaklaşım

sağlamak ön sıralarda yer alıyor. Buna yönelik olarak müze mekanı ve orada sergilenenler izleyiciye bilgi aktaran ve bilgiyi artıran yer olmasının yanı sıra düşünmeyi, öğrenmeyi ve sorgulamayı teşvik eden bir yaklaşımla, izleyicilerin mekanı ve sergilenenleri sorguladığı bir eğitim alanı olma kimliğine sahip olmaya çaba gösterilmiş ve böylece izleyici pasif bilgi yüklenici rolünden uzaklaştırılmaya çalışılarak doğa tarihi sürecine katılıp onun görkemini hissedebilen, evrenin ve üzerinde yaşadığımız dünyanın oluşumunu, mineraller, taşlar, fosiller, canlılar vb. ile bunların zaman içinde evrimi konularında bilgi sahibi olup yeni bilgiler üretebilecek ve böylece öğrenmeyi öğrenen ve sorgulayan kuşakların oluşturulması hedeflenmiştir.

Diğer taraftan Tabiat Tarihi Müzeleri dünyaya açılabilmesi için bilimsel araştırmalar yapmak ve yapılan bu araştırmaların sonuçlarını bilimsel yayınlarla Dünyaya duyurmak zorundadırlar. MTA Tabiat Tarihi Müzesi de uzun, bilimsel soluklu ve geniş yelpazeli ve farklı bilimsel disiplinleri kendi şemsiyesi altında barındıran araştırma projeleri ile kendisinin uzun sürelerdir sakınarak koruduğu örneklerinin olmazsa olmaz olanlarını ortaya koyan projeler oluşturmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin doğa tarihini ortaya koymayı amaçlayan araştırma ve çalışmalar yapmalı ve böyle görevleri de özveriyle üstlenmelidir. Üstlenen bu ağır görevin sorumluluğuyla yapılacak bu tip doğa tarihi çalışmaları, doğa tarihi çalışanlarına onun bilinmezlerini ve sürprizlerini sunabilir ve izleyicileri de bu bilinmezleri ve sürprizleri heyecanla beklemektedir.

YAZARLAR İÇİN YAZIM BİLGİLERİ

Mavi Gezege, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınıdır.

Yazıların Sunumu

Mavi Gezege'de yayım için hazırlanan yazılar Dr. Veyse Işık, Editör, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, TR-06100, Tandoğan, Ankara veya Mavi Gezege Editörlüğü, T.M.M.O.B. Jeoloji Mühendisleri Odası PK 464, Yenisehir TR-05444, Ankara adresine gönderilmelidir. Bu yazılar yerbilimleri veya yerbilimleri ile yakın ilişkili bilim dallarını kapsayan özgün çalışma, derleme ve çeviri niteliğinde olabilir.

Yazılar üç kopya olarak A4 boyutlu kağıtta ve bir üst yazı ile birlikte sunulmalıdır.

Yazıların Hazırlanışı

Yazılar metin, resim, şekil ve tablodan oluşabilir. Metin A4 boyutlu (21x29,7 cm) kağıtların bir tarafına bilgisayarda, Word formatında 1,5 satır aralıkla Times New Roman ya da benzeri bir karakterle 12 punto ile yazılmalıdır. Resimler basıma uygun yüksek kalitede, şekiller ise uygun çizim programları aracılığı ile bilgisayar ortamına aktarılmış olmalıdır Sayfa kenarlarında 2,5'er cm boşluk bırakılmalı ve sayfalar numaralandırılmalıdır. Yazılar (resim ve şekiller hariç) altı sayfayı geçmemelidir. Yazılar en az üçte biri oranında resim ve şekil içermelidir.

Mavi Gezege dergisinin yayım dili Türkçe olup okuma arzusunda olan herkese yönelik bir dergi olduğundan, yazılar sade ve açık olmalıdır. Okuyucunun anlamasını güçleştirecek teknik ayrıntılardan ve ağıdalı cümlelerden olabildiğince kaçınılmalıdır.

Yazılarda, 30 kelimeyi geçmeyen ve yazı hakkında fikir veren çarpıcı bir kaç cümle "spot" başlığı altında yazının girişine eklenmelidir.

Çevirilerde kaynaklar (sayfa numaraları da dahil olmak üzere) açık olarak belirtilmelidir.

Dipnot kullanımından mümkün oldukça kaçınılmalıdır. Kullanma durumunda, dipnot yıldız(*) işareti ile gösterilmeli ve mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır. Eğer dipnotta değinme yapılırsa değinme bilgileri dipnotta değil, Değinilen Belgeler bölümünde verilmelidir.

Yazılar şu ana yapı içerisinde hazırlanmalıdır:

Başlık

Yazar(ların) ad ve adresleri

Ana metin

Değinilen Belgeler

Resim, şekil, tablo ve yazıları

Yazının herhangi bir bölümünde belirtilmesi gereken belge(ler) numaralandırılmalı ve bu numaralar yazının sonunda oluşturulacak Değinilen Belgeler bölümünde belirtilmelidir. Değinilen Belgeler bölümü bu belgeler ile ilgili bilgiler, noktalama işaretleri de gözönünde tutularak aşağıda verilen örneklere uygun olarak hazırlanmalıdır.

- (1) Barka, A.A., Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. *Tectonics* 7, 663-684.
- (2) Demirtaş, R., Erkmen, C., Yılmaz, R., 2000. Yüzeysel faylanma. Demirtaş, R. (ed.). 17 Ağustos 1999 izmit Körfezi Depremi Raporu. BiB Afet İşleri Gen. Müd. Deprem Araştırma Dairesi Yayını, 100-117.
- (3) Erler, A., Göncüoğlu, M.C., 1996. Geologic and tectonic setting of the Yozgat Batholith, Northern Central Anatolian Crystalline Complex, Turkey. *Int. Geol. Rev.* 38, 714-726.
- (4) Kaya, O., Sadeddin, W., Altınar, D., Meriç, E., Tansel, İ., Vural, A., 1995. Tavşanlı (Kütahya) güneyindeki ankimetamorfik kayaların stratigrafisi ve yapısal konumu: izmir-Ankara zonu ile bağlantısı. *MTA Dergisi* 117, 5-16.
- (5) Ketin, İ., Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, İstanbul, 520 s.
- (6) Okay, A.İ., Siyako, M., Bürkan, K.A., 1990. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve tektonik evrimi. *TPJD Bülteni* 2, 83-121.
- (7) Tekeli, O., 1981. Subduction complex of pre-Jurassic age, Northern Anatolia, Turkey. *Geology* 9, 68-72.
- (8) Yılmaz, Y., 1989. An approach to the origin of young volcanic rocks of western Turkey. In: Şengör, A.M.C. (ed.), *Tectonic Evolution of the Tetyan Region*. Kluwer Academic Publications, The Hague, 159-189.

Yazılar, Mavi Gezege dergisi editörlüğüne ayrı bir üst yazı ile sunulmalıdır. Üst yazı içerisinde değerlendirilmeye sunulan yazının başlığı ve yazıyı hazırlayan yazar/yazarların adları, açık posta adresleri, telefon ve faks numaraları ve e-posta adresleri belirtilmelidir. Çok isimli yazar yazılarında hangi yazarın editörlüğümüz ile irtibat halinde olacağı belirtilmelidir.

Yazıların Değerlendirilmesi

Mavi Gezege Editörlüğüne ulaşan yazılar öncelikle editörlükçe konu, sunum ve yayım kuralları açısından incelenir ve gerekli görüldüğünde bir ya da daha çok danışmana gönderilir. Danışmanların önerileri doğrultusunda yazının doğrudan, az, orta veya önemli ölçüde düzeltilmesi koşulu ile yayımlanmasına ya da reddine editörlükçe karar verilir. Bu sonuç yazara bildirilir. Kabul gören yazılarda yazar, son düzeltmeleri yaptıktan sonra metin ve şekilleri diskete/diske kopyalayarak editörlüğü gönderir.

Gönderilen yazılar Mavi Gezege'de yayınlanırsa ya da yayınlanmasın, yazarlara iade edilmez.



TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Bayındır Sokak 7/11
06410 yenişehir - ANKARA