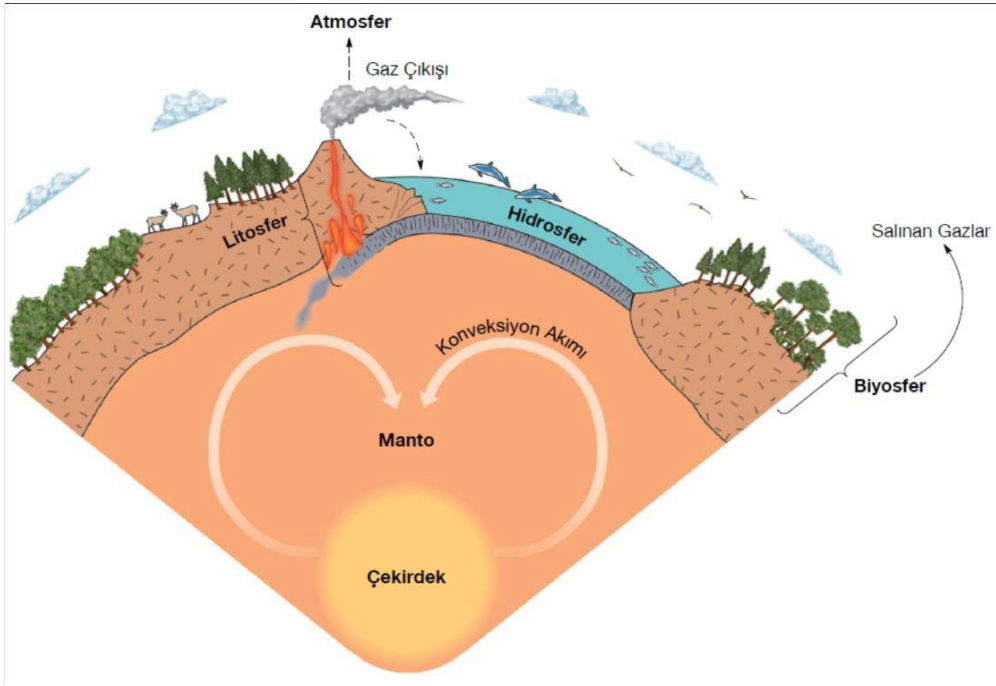


JEM 105 GENEL JEOLJİ DERS NOTLARI

Bu dersin konusu, evrenin oluşumundan yaklaşık 10 milyar yıl sonra oluşumu gerçekleşmiş bir gezegen olan YERYUVARI' dır. İlk oluşumundan itibaren sürekli değişime uğramış ve bu değişimin devam ettiği dinamik bir yapısı vardır. Yeryuvarı sekiz gezegen içerisinde yaşam olan tek yer olması nedeniyle özel bir yeri vardır. Ayrıca üzerinde yaşayan bizler yaşadığımız gezegen ve evrenin oluşumu ve bugüne kadar geçirdiği değişimler ile ilgili birçok sorular aklımıza gelmiştir. Geçmişten bugüne kadar bu sorulara cevaplar aranmıştır. Bu sorular genellikle yaşamlarını etkileyen depremler ve volkanlar üzerine olduğu gibi sosyal hayatı etkileyen süs taşları üzerinedir.

Öncelikle yeryuvarı birbirini etkileyen birbirine bağlı bileşenlerden oluşan bir sistemden oluşmaktadır. Yer' in alt sistemleri; atmosfer, biyosfer, hidrosfer, litosfer, manto ve çekirdek' tir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Atmosfer, biyosfer, hidrosfer, litosfer, manto ve çekirdeğin tümü birden Yeryuvarının alt sistemleri olarak düşünülebilir. Bu alt sistemler arasındaki etkileşimler 4.6 milyar yıl kadar önceki oluşumundan bu yana gelişen ve değişen Yeryuvarını dinamik bir gezegen yapar (Monroe&Wicander, 2005)

Bu alt sistemlerin arasındaki karmaşık ilişkiler madde ve enerjinin değişerek farklı biçimlere dönüştüğü dinamik olarak değişen bir kütleyle sonlanır (Tablo 1.1). Kayaç döngüsü Yer'in iç ve dış süreçleri arasındaki etkileşimin Yer malzemelerini üç ana kayaç grubuna nasıl dönüştürdüğünün mükemmel bir örneğidir. Benzer biçimde levha hareketleri de küresel iklim değişikliklerini etkilemiş olan yer şekillerinin oluşumu, maden yataklarının dağılımı ile atmosfer ve okyanus döngüsü modellerini köklü biçimde etkilemiştir.

Tablo 1.1

Yeryuvarı'nın Başlıca Altsistemleri Arasındaki Etkileşimler

	Atmosfer	Hidrosfer	Biyosfer	Litosfer
Atmosfer	Çeşitli hava kütleleri arasında etkileşim	Rüzgarla hareketlenen yüzey akıntıları Buharlaştırma	Solunan gazlar Rüzgarla sporların, polenlerin ve tohumların dağılması	Rüzgar aşındırmasıyla ayrışma Yağmur ve kar yağışı için su buharının taşınması
Hidrosfer	Su buharı girdisi ve depolanan güneş ısı	Hidrolojik döngü	Yaşam için su	Yağış Ayrışma ve aşınma
Biyosfer	Solunan gazlar	Organizmalar tarafından çözülen malzemelerin atılması	Küresel ekosistemler Besin döngüleri	Ayrışma ve aşınma süreçlerinin dönüşümü Toprak oluşumu
Litosfer	Depolanan güneş ısı girdisi Yer şekilleri hava hareketlerini etkiler	Katı ve çözünen malzemelerin kaynağı	Mineral besleyicilerin kaynağı Ekosistemlerin levha hareketleriyle dönüşümü	Levha tektoniği

Yeryuvarı üzerinde yaşayan insanlar yerin fiziksel yapısı hakkında pek çok geçmişte ve günümüzde ilginç ve pratik problemlerle ilgilenmişlerdir. Örneğin; dağlar nasıl oluşmuştur? İstanbul'da veya Erzincan' da yakında büyük ve yıkıcı bir deprem olacak mı? Deniz seviyesi gelecekte nasıl olacak? Bu, değişim sahil kentlerini nasıl etkileyecek? Mağaralar ve tavanlarından sarkan sivri yapılar nasıl oluşmuştur? Tarım ve kentler için tatlı suyu nereden bulabiliriz? Petrol nedir ve nasıl aramalıyız? Bunun için sondajlarımızı nerelerde yapmalıyız? Bunlar jeologların ve ülkemizde jeoloji mühendisi olarak görev yapanların kafa yorduğu konulardan sadece bazılarıdır. Bu ve benzeri sorular sorup bunları bilimsel çerçevede araştıran ve çözen bilim dalına JEOLJİ (GEOLOGY) denilmektedir. (Geo=Dünya, yerküre, logos=inceleme, bilim). Ülkemizde 1972 yılına kadar Jeolog olarak mezun vermiştir. Bu tarihten itibaren Devlet Personel kanununa göre Jeolog mesleği Jeoloji Mühendisliği unvanı almıştır ve Jeoloji bölümü Mühendislik Fakültesine bağlanmıştır.

Jeoloji Nedir?

- Yer çalışmaları genel olarak yeryuvarının
 - Bileşim
 - Davranış ve
 - Tarihsel gelişimi ve jeolojik süreçleri incelemektedir.
 - Jeoloji genellikle *Yerbilimleri* (Earth Science) veya *Yer bilimi* (Geoscience) olarak bilinir.

Jeolojinin Alt disiplinleri

- **Stratigrafi/Sedimentoloji**
 - Kayaların dizilimi ve bunların nasıl depolandığı
- **Paleontoloji**
 - Eski hayat (fossil) kalıntılarını
- **Mühendislik Jeolojisi**
 - Yapılar için malzemelerin duyarlılığını

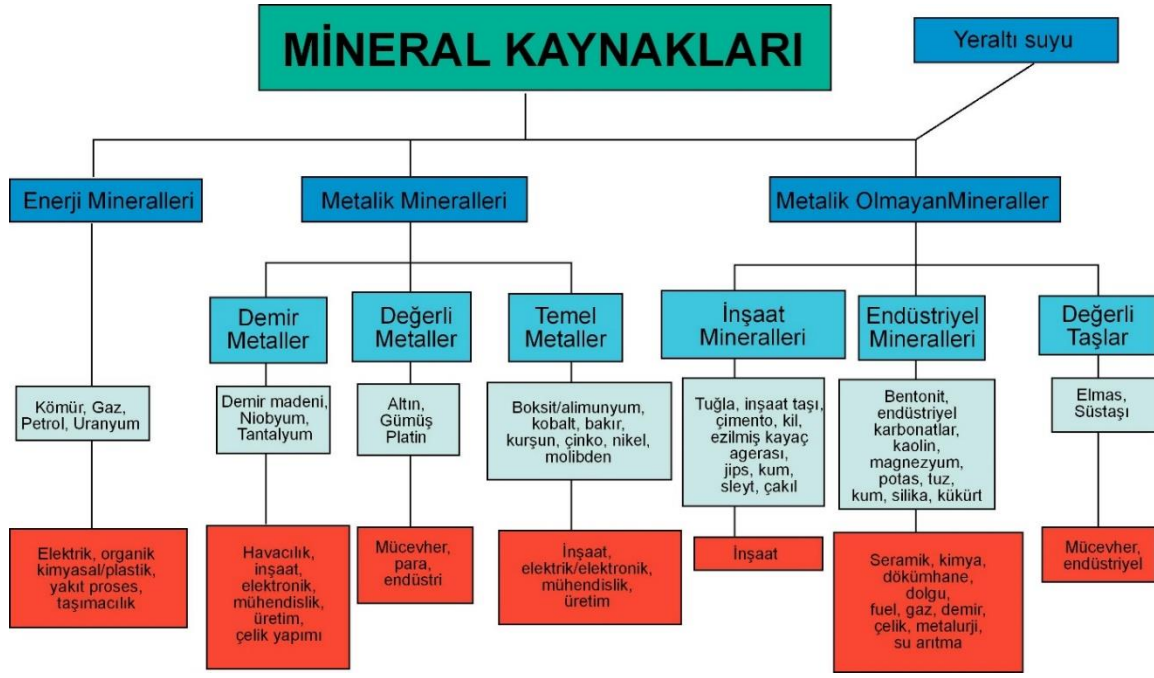
- **Petroloji**
 - Yerkabuęu ve üst manto kayağlarının dağılımını, kimyasal bileşimini ve mineral ilişkilerini inceler.
- **Yapısal Jeoloji**
 - Kayaęların deformasyonu
- **Hidrojeoloji**
 - Yeraltı suyu
- **Volkanoloji**
 - Aktif ve yaşlı volkanlar
- **Klimatoloji**
 - Geçmiş, şimdi ve gelecekteki iklim etkileşimleri
- **Maden Yatakları**
 - Metalik (altın, bakır, krom, vb..) organik madenler (petrol, kömür, gaz vb..)
- **Jeofizik**
 - Yeryuvarının içyapısını
- *...ve liste uzayıp gider...*

NEDEN YER'İ İNCELİYORUZ VE BUNA BAğLI OLARAK JEOLJİNİN İLGİ ALANLARI

- **Biz aslında Dünya'nın bir parçasıyız.** İnsanlar ev, yol ve baraj gibi yapıları inşa ederken yerkabuğundan etkilenmektedir ve bu yüzden bazı jeolojik bilgilere ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca tüm yaşam için gerekli olan gıda ve beslenme için Dünya'ya bağlıyız. Dünya yaşamımız için her gün ihtiyaç duyduğumuz bir yer.

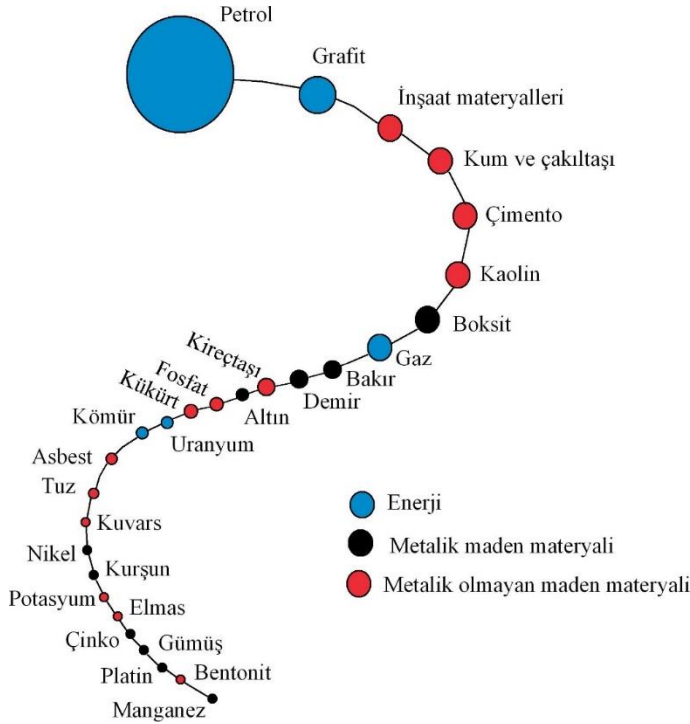
-**Enerji ve mineral kaynakları** dünyadan ürettiğimiz yaşamımızı sürdürmemiz için bağlı olduğumuz maddelerdir. Şu anda bunları üretebileceğimiz başka kaynak bulunmamaktadır.

Mineral ve enerji kaynaklarını incelediğimiz zaman yeryuvarının birçok enerji kaynağını barındırdığı gözlenmektedir (Tablo 1.2). Başta su olmak üzere insanlığın kullandığı birçok materyalin yerkabuğundan üretildiğini biliyoruz.



Tablo 1.2. Yer kabuğundan elde edilen enerji ve mineral kaynakları

Ekonomik değerlerine göre dünyadaki en yaygın 30 minerali incelediğimizde en başta petrol gözlenmektedir (Şekil 2). Günümüzde enerji kaynağı yanında 10 000' nin üzerinde malzemenin üretiminin ana hammaddesidir. Yer kabuğunda bulunan kayaçların gözeneklerinde bulunan bu sıvı madeni arayıp bulan meslek sahibi JEOLJİ bilimidir. Bu listedeki diğer minerallerinde (Örn, altın, gümüş, uranyum, tuz ve elmas vb., gibi) aranması ve bulunması görevi yine YERBİLİMLERİ camiasının görevleri içerisinde.



Şekil 1.2 Ekonomik değerlerine göre en yaygın 30 mineral

Bu bilinen kaynaklar yanında yer kabuğu içerisinde bulunan nadir toprak elementleri de (Tablo 3) günümüzde insanların hizmetine sunulan birçok aletin hammaddesi durumundadır (Şekil 3).

Grubu	Sembölü	Atom numarası	Yoğunluğu g/cm ³	Ergime noktası, °C	
Seryum Grubu, hafif NTE'ler					
Skandiyum	Scandium	Sc	21	3.0	1541
Lantanyum	Lanthanum	La	57	6.1	918
Seryum	Cerium	Ce	58	6.8	789
Praseodimiyum	Praseodymium	Pr	59	6.8	931
Neodimiyum	Neodymium	Nd	60	7.1	1021
Prometiyum	Promethium	Pm	61	7.3	1042
Samariyum	Samarium	Sm	62	7.5	1074
Europiyum	Europium	Eu	63	5.3	822
Gadolinium	Gadolinium	Gd	64	7.9	1313
Yitriyum Grubu, ağır NTE'ler					
Terbiyum	Terbium	Tb	65	8.2	1356
Disprosiyum	Dysprosium	Dy	66	8.5	1412
Holmiyum	Holmium	Ho	67	8.8	1474
Erbiyum	Erbium	Er	68	9.1	1529
Tulyum	Thulium	Tm	69	9.3	1545
Ytterbiyum	Ytterbium	Yb	70	6.9	819
Lutetiyum	Lutetium	Lu	71	9.8	1663
Yitriyum	Yttrium	Y	39	6.9	1522

Tablo 1.3. Nadir toprak elementleri ve kimyasal özellikleri



Şekil 1.3. Nadir toprak elementlerinin genel kullanım alanları.

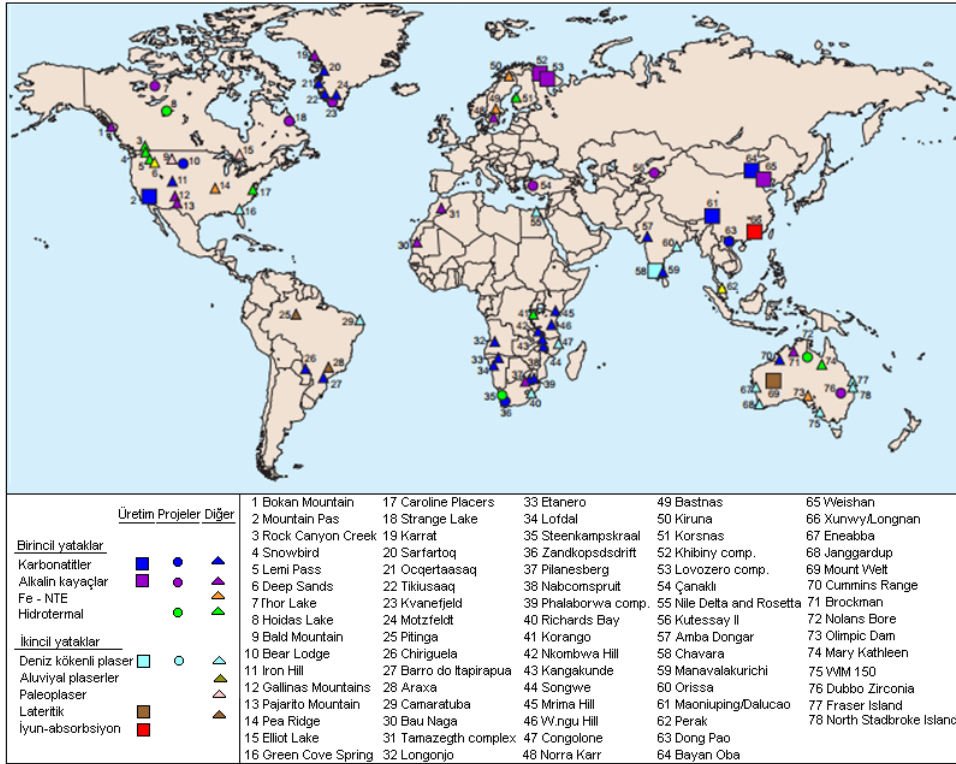
Bu kullanım alanlarından cep telefonunu ve otomobilleri aldığımız zaman birçok bölümün yapımında nadir toprak elementlerinin yoğun şekilde kullanıldığını görüyoruz (Şekil 1.4 a, b).



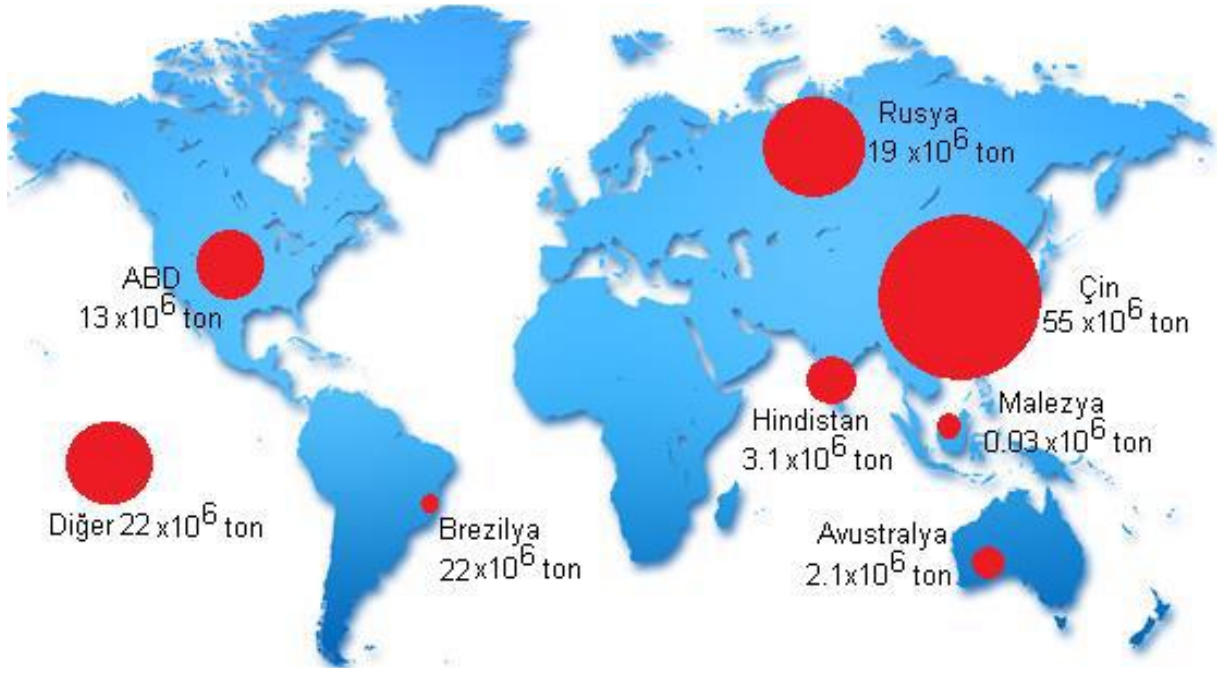
Şekil 1.4a. Cep telefonlarında kullanılan NTE



Şekil 1.4b. Otomobil yapımında kullanılan NTE



Dünyada NTE rezervleri 8 ülkede yoğunlaşmış olup 140x10⁶ ton civarındadır. Çin NTE rezervi bakımından 55x10⁶ ton ile dünyada ilk sırada yer almaktadır.



Dünya nadir toprak elementleri rezervi

MTA Genel Müdürlüğü 1959 yılında, Eskişehir ili Sivrihisar ilçesinin 40 km kuzeybatısındaki Kızılcaören, Karkın ve Okçu köyleri arasındaki 15 km²'lik bir alanda yaptığı çalışmalar sonrası ortalama %0.212 ThO₂, %37.44 CaF₂, %31.04 BaSO₄ ve % 3.14 nadir toprak oksit içeren *Beylikakar NTE mineraller* rezervini belirlemiştir.

NTE ve toryum kaynağı olan bu yatak karmaşık mineralleşmeye sahip olup değerli mineraller olarak florit, barit ve bastnazit içermektedir. Nadir toprak elementlerin çoğu bastnazit içeriğinde yer almıştır.

Türkiye'nin NTE potansiyelini belirlemek ve dolayısıyla gelecekte gereksinim duyulacak NTE'leri kendi kaynaklarından elde edilmesine yönelik ülkemizde alkali mağmatizmanın yoğun olarak gözlemlendiği bölgelerin NTE cevherleşmesi açısından detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir (Pınar Şen, Ercan Kuşcu ve Sebahattin Ak).

Bu örneklerden görüldüğü üzere kullandığımız ve insanlık için önem arz eden yeraltı suyu, petrol ve maden yatakları başta olmak üzere birçok maddenin ve enerji kaynağının aranması - bulunması hakkında araştırma JEOLJİ MÜHENDİSLERİ tarafından yapılmaktadır.

-Jeolojik Tehlikeler: Depremler, volkanik patlamalar, kasırgalar ve toprak kaymaları gibi tehlikeli olaylar bizi her an etkileyebilir. Dünyanın veya yerkabuğunun bilimsel verilerle anlaşılması, bu tehlikelere karşı daha hazırlıklı olmamız içi gereklidir.

-Merak: Çevremizde gerçekleşen olayları daha iyi anlayabilmek için hepimizin kendi kendine sorduğu neden, niçin ve ne zaman olacak soruları vardır. Ayrıca günlük yaşantımızı daha bilimsel bilgilerle sürdürebilmek ve çevremizdeki gerçekleşen olayları iyi anlayabilmek için bir şekilde jeoloji/yerbilimine merak duymaktayız.

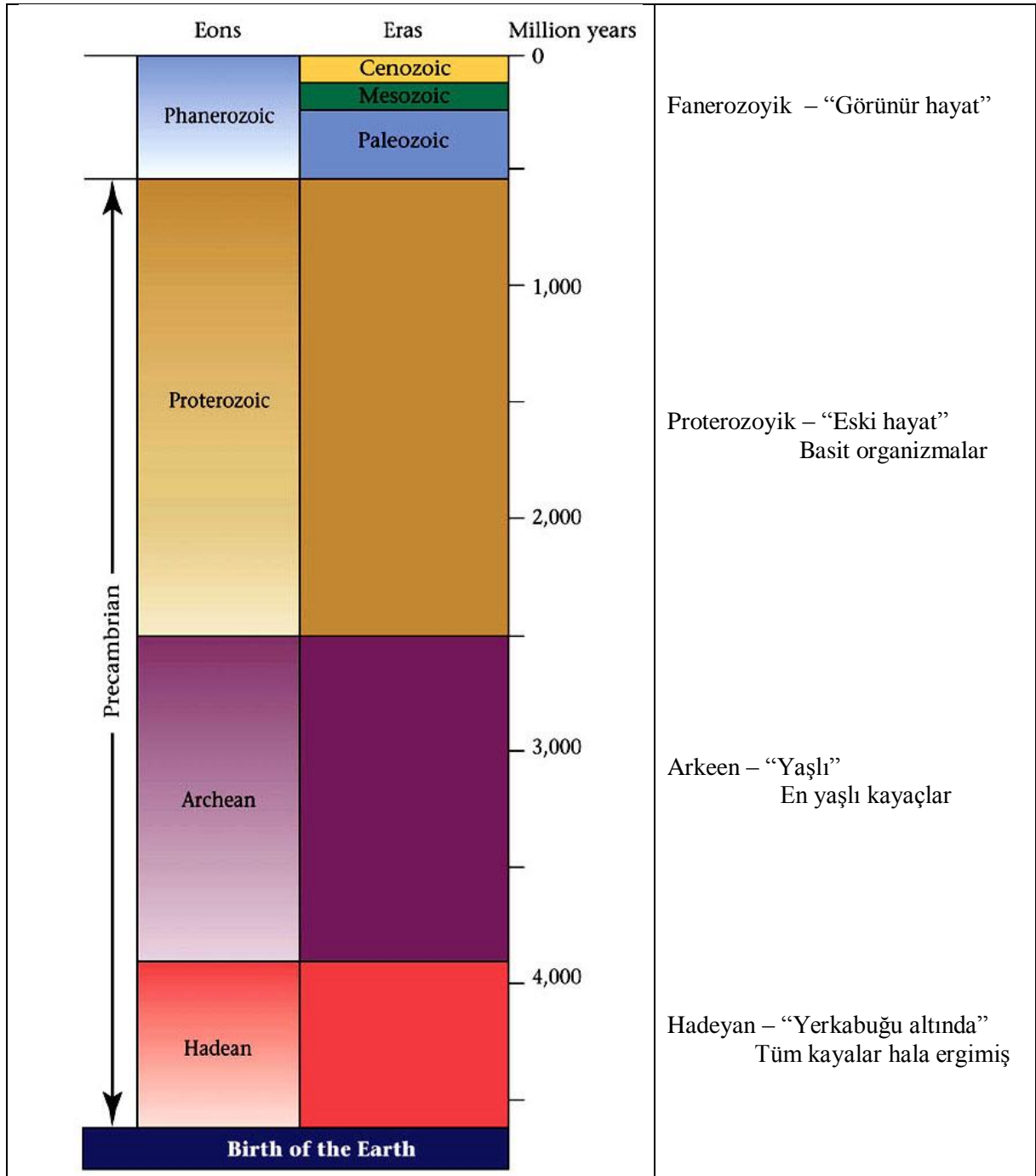
Bu ve benzeri problemleri açıklayabilmek için *Jeolojinin İlgi Alanları* aşağıda verilmiştir.

- -Yer sisteminin anlaşılması
- (Jeolojinin temel ilkeleri, jeolojik döngüler)
- -Yerkabuğundaki süreçler

- (Su, rüzgâr ve buzul etkileri)
- -İç süreçler, dış etkiler
- (Deprem, manyetizma, ısı akımı, plaka tektoniği)
- -Yeryuvarındaki zenginlikler
- (Mineral ve enerji kaynakları)
-

JEOLOJİ BİLİMİ HANGİ ZAMAN ÖLÇEĞİNİ KULLANIR?

Yeryuvarının oluşumu ve tarihçesini inceleyen bir Jeolog acaba ne kadar bir zaman ölçeğini araştırıyor olabilir. Jeologlar Dünya' da gerçekleşen olayların tarihini yazmak için Jeolojik Zaman cetvelini kullanmaktadır (Şekil 5).



Şekil 1.5. Jeolojik Zaman Cetveli

Yapılan çalışmalar dünyanın 4.6 milyar yıl önce oluştuğunu göstermektedir. En yaşlı dönemleri Prekambriyen olarak adlanmakta ve Hadeyan (4.6-3.8 my), Arkeen (3.8-2.5 my) ve Proterozoyik (2.5 my – 542 milyon yıl) zamanlarına ayrılarak incelenmektedir. Fanerozoyik bölüm ise Paleozoyik (542-245 milyon yıl), Mesozoyik (245 – 65 milyon yıl) ve Senozoyik (65 milyon yıl-günümüz) olarak ayrılmaktadır. İnsan benzeri fosil kayıtlarının yaklaşık 2 milyon yıl olduğu düşünüldüğünde, insanlık dünya tarihinin sadece % 0.043’ ne şahitlik etmiştir. İnsanların sosyal hayata geçişi ile ilgili ilk kayıtlara bakıldığında (yaklaşık 70 000 yıl) bu oran oldukça düşmektedir.

Bu nedenle Jeoloji Mühendisi yeryüzünün bir bölümüne baktığı zaman büyük zaman aralığındaki oluşmuş kayaçları görmektedir. Örneğin: Büyük kanyona bakan bir Jeolog kanyon tabanında **1.7–2.0 milyar yıl yaşlı** kayaçlar ile en üstte 250 milyon yıl önce oluşmuş kayaçları gözlemlemektedir (Şekil 6).



Şekil 1.6. Büyük kanyon güney kenarının panoramik görünümü

Ayrıca yeryüzüne baktığımızda çok kısa zaman içerisinde oluşmuş olayları da görebiliriz (Şekil 7).



Bu nedenle, yeryuvarında gördüğümüz olaylar uzun zaman aralıklarında oluşabildiği gibi çok kısa aralıkta da gelişebildiğini unutmamak gerekir.

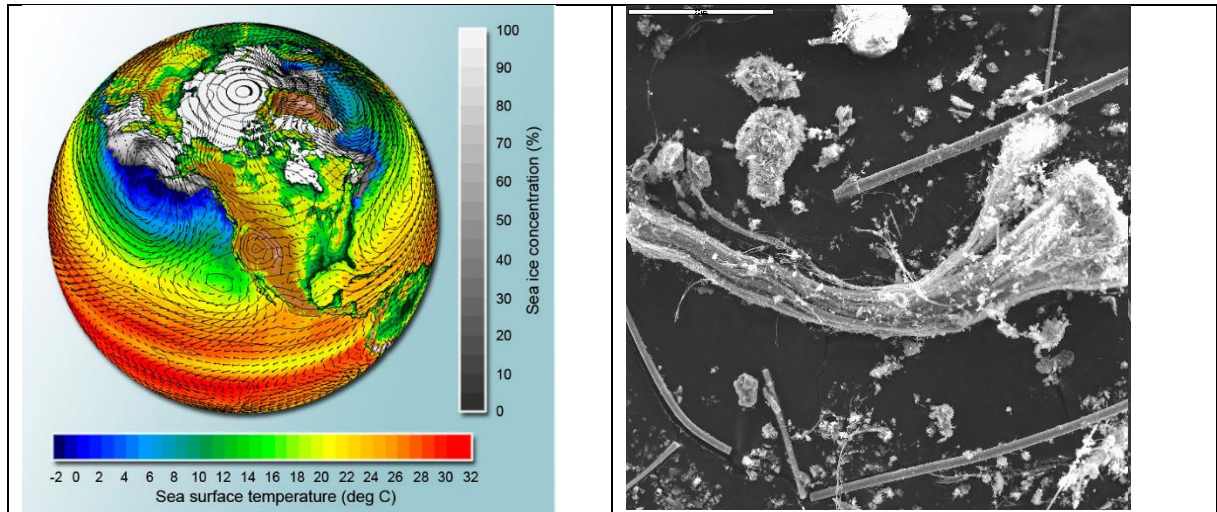
Bu konunun daha iyi anlaşılması için bazı jeolojik olayların gerçekleşme aralıkları örneklerini incelememiz yararlı olur.

- Büyük Kanyonun Aşınması
- $2 \text{ km}/3 \text{ m.y.} = 1 \text{ cm}/15 \text{ yıl}$

- Alplerin Yükselimi
- 5 km/10 m.y. = 1 cm/20 yıl
- Atlantik'in açılması
- 5000 km/180 m.y. = 2.8 cm/yıl
- San Andreas Fay hareketi
- 7 m/140 yıl = 5 cm/yıl

Görüldüğü gibi insan ömrü jeolojik olayların çok az bir bölümünü yaşarken bitebiliyor. Jeolojik olaylar ise 4.6 milyar yıl önce başlamış ve halen dinamik şekilde devam ediyor. Bu nedenle, Jeoloji Mühendisleri paleo (eski) zamandaki gerçekleşmiş olayları, kayaları inceleyerek ortaya koymaya çalışan bilim insanlarıdır.

Ayrıca, Jeoloji bilimi çok farklı ölçeklerdeki olayları inceleyebilmektedir. Örneğin: Okyanus sıcaklıklarının küresel ölçekteki modelini ortaya koyabildiği gibi, bir toz içerisindeki minerali büyük büyütme mikroskopları ile de inceleyebilir (Şekil 8 a, b).



Şekil 1.8 a) Okyanus sıcaklıklarının modeli çalışması b) Toz içerisindeki bir mineralin (kriyotil) Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) görüntüsü

Jeoloji ile ilgili problemleri çözerken ve yukarıdakine benzer çalışmalarını yaparken BİLİMSEL METOTLAR kullanılmalıdır.

- Bilim sübjektif (kişisel bakış açısı ile ilgili) değildir.
- Sonuçlar *gözlemlere* dayanan **ifadelerdir**.
- Sonuçlar **tekrarlanabilir** ve en ince ayrıntısına kadar **test edilebilir** olmalıdır.
- Bilimsel keşifler insan çabalarının sonucudur...
- Bilim hiçbir şeyi kanıtlamaz ancak fikirleri test eder!
-

Bilimsel Yöntemin Temel Aşamaları

- **1- Problem veya sorunun belirlenmesi**

Neyi anlamaya çalışıyoruz?

- **2- Verilerin toplanması**

Problemi çözmeye hedefli veri toplanması

- **3- Hipotezin önerilmesi**

Topladığın veriler ile uyumlu bir fikir

- **4- Hipotez testi**

Eğer senin fikrin doğru ise o zaman başka şeylerde doğru olabilir. Onları da test edin!

Zamanla, diğer bilim insanları hipotezini test edecek

- **Hipotez diğer veriler ile uyumlu mu?**

- **Hipotez davranışları tahmin edebiliyor mu?**

- *Eğer evet ise, o zaman hipotezin bir teori haline gelebilir*

- *Eğer hayır, o zaman hipotezin değiştirilmeli veya ret edilmelidir*

Hipotez, Teoriler ve Kanunlar

- **Hipotez (Önerme)**

Veriler ile uyumludur

Diğer araştırmacılar test eder

- **Teori (Kuram)**

Tüm doğrulanmış verilerle tutarlı

Yeni veriler sunulursa değiştirilebilir

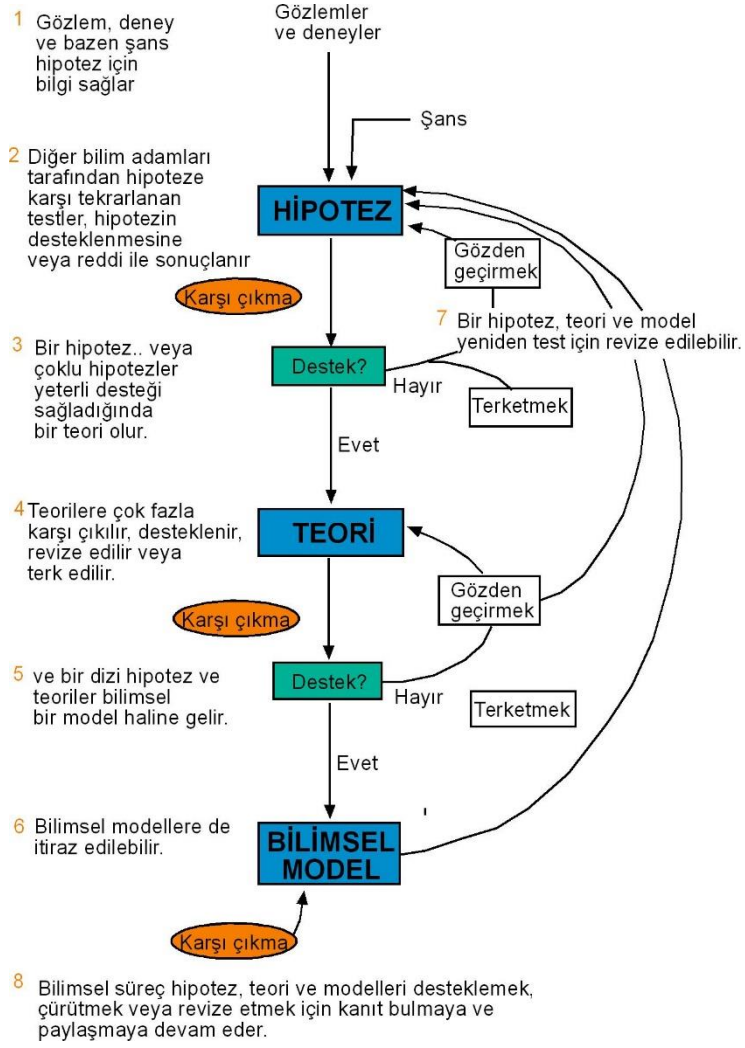
- **Bilimsel Model**

Birçok teori ve hipotez birleşerek bir karmaşık sistemi açıklar

- **Kanun (Yasa)**

Evrende tamamıyla doğru olanı dikkate alır (örn. yerçekimi)

Bu aşamalar bir algoritma şeklinde kurgulanırsa aşağıdaki yöntem izlenmelidir (Şekil 9).



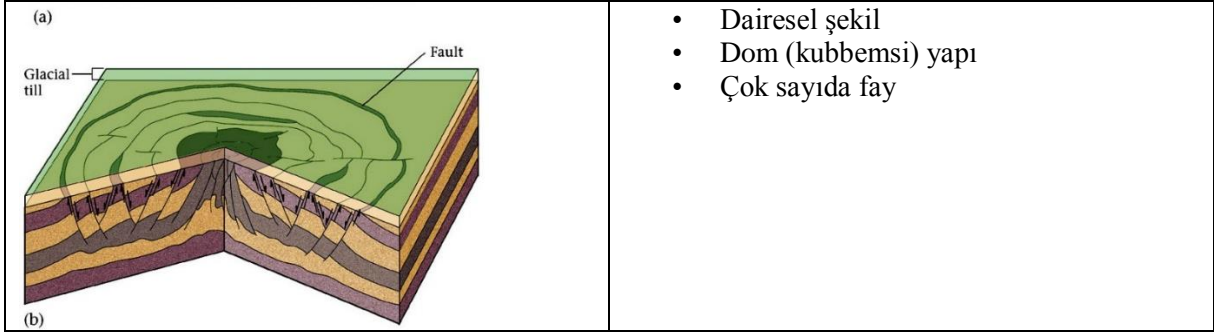
Şekil 1.9. Bilimsel yöntemin aşamaları

Bilimsel Yönteme Güncel örnek: Upheaval Domu, Utah oluşumu üzerine geliştirilen hipotez ve test.

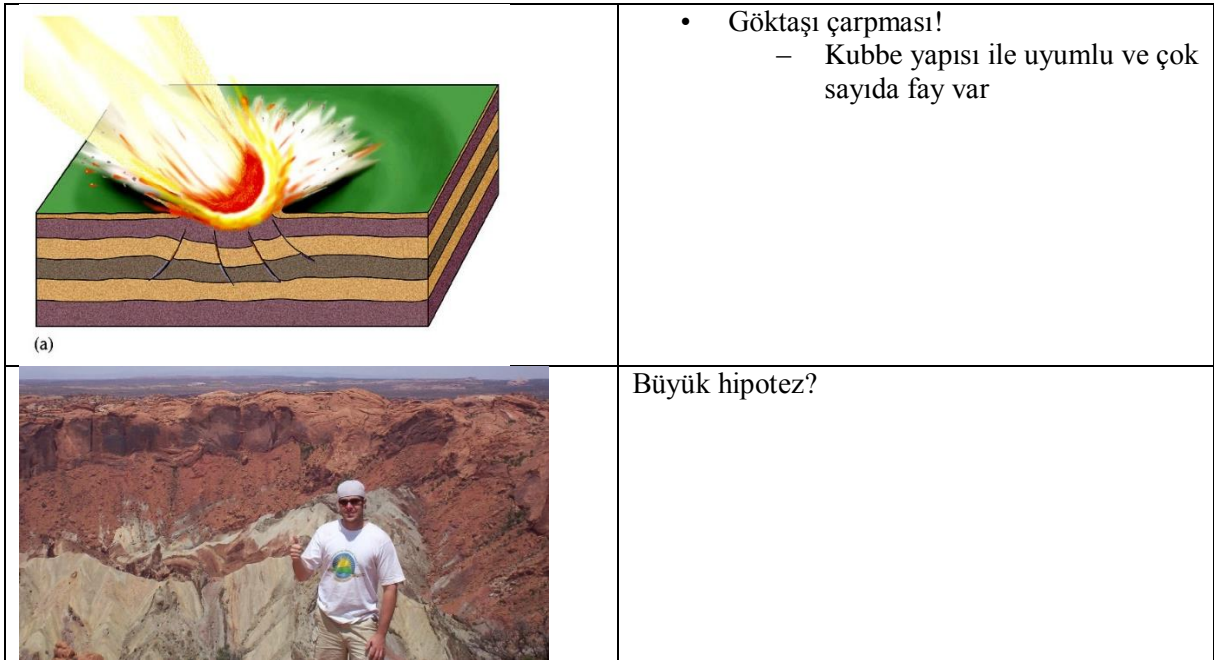


- Adım 1 – Problem/sorunu tanımlayın
 - Bu acayip jeolojik yapıyı ne oluşturdu?

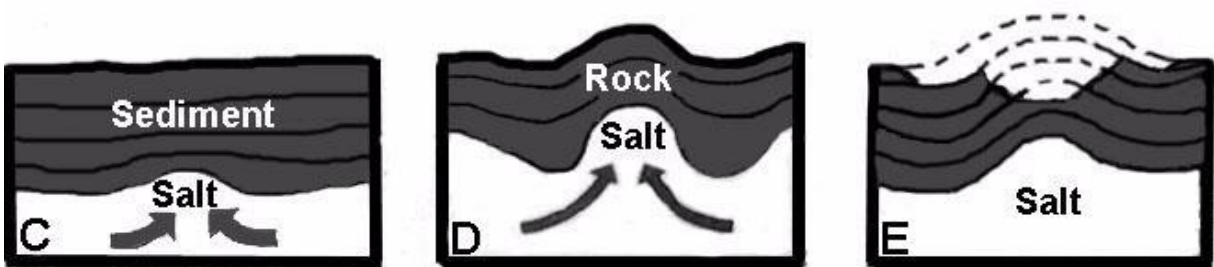
Verilerin Toplanması



Bir hipotez oluşturma



Hipotez testi



- Bulgularınızı sunduktan sonra, başkası sizin çalışmanızı gözden geçirir ve
- Tuz yatakları da dairesel kubbe yapabilir, diye işaret edebilir!!
- Oh! ☹



Bu hipotez teoriye bağılı değildir!

Çözüm!

- 2008 yılında, Viyana Üniversitesinden araştırmacılar:
 - Şoklanmış kuvars buldular
 - Bu veri “çarpma” hipotezinin tüm veriler ile tutarlı tek bir fikir olduğunu gösterdi
 - Şimdi eğer yerbilimi topluluğu bu sonuçları doğrularsa ve bu sonuçlara göre
 - Bizim artık bu dom için bir teorimiz olacaktır!

Bilim?...Yoksa başka bir şey mi?

- Bir arkadaşın sana kumtaşının minnacık elmas tanelerinden oluştuğunu okuduğunu söylese.
- Bu bilim midir? Bu doğru mudur?
 - Tanelerin çok küçük olması nedeniyle, bu tez hiçbir şekilde tespit edilebilir kalmaz.
- Kandırma Teorisi...
 - Bunda bilim veya felsefe var mı?

Hikâyenin Özü

- Çoğu hipotezler teori olmazlar.
- *Bir hipotezin teori olabilmesi için Çok fazla veriye ihtiyacı vardır.*
- *Test edilemeyen fikirler bilim değildir.*