FİZİKSEL JEOLOJİ



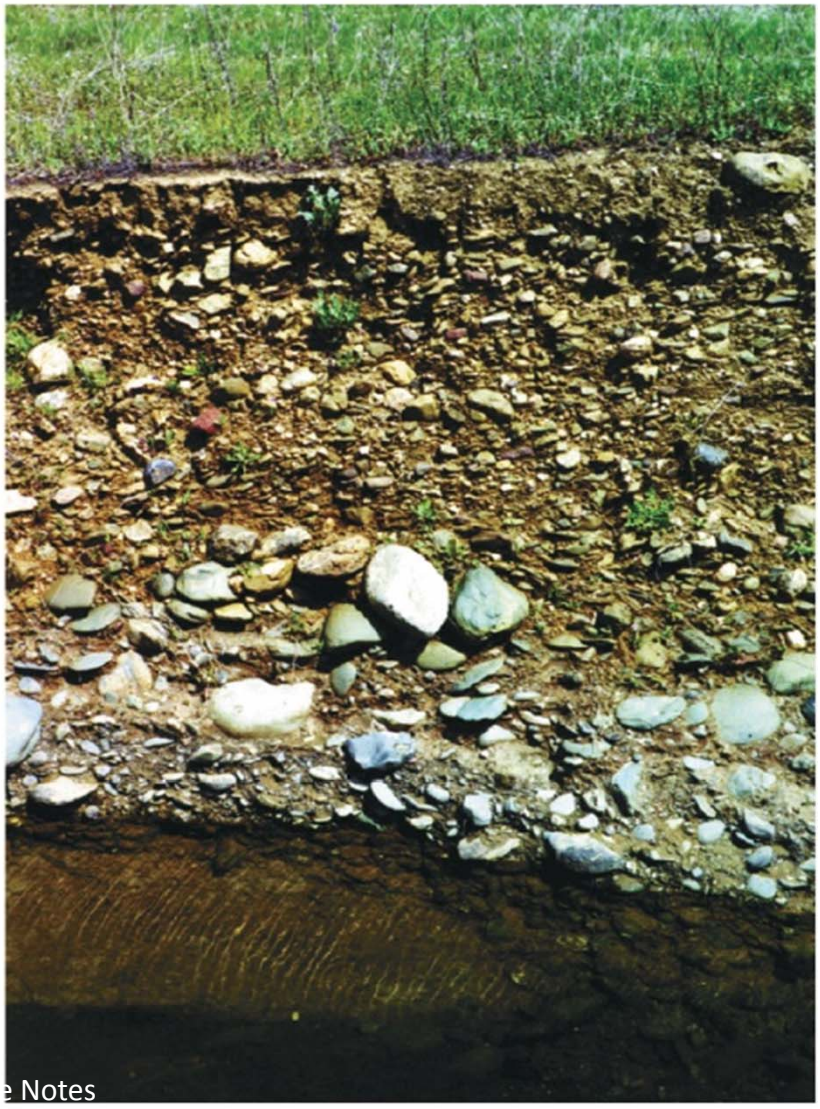
Prof.Dr. Kadir DİRİK





(a)





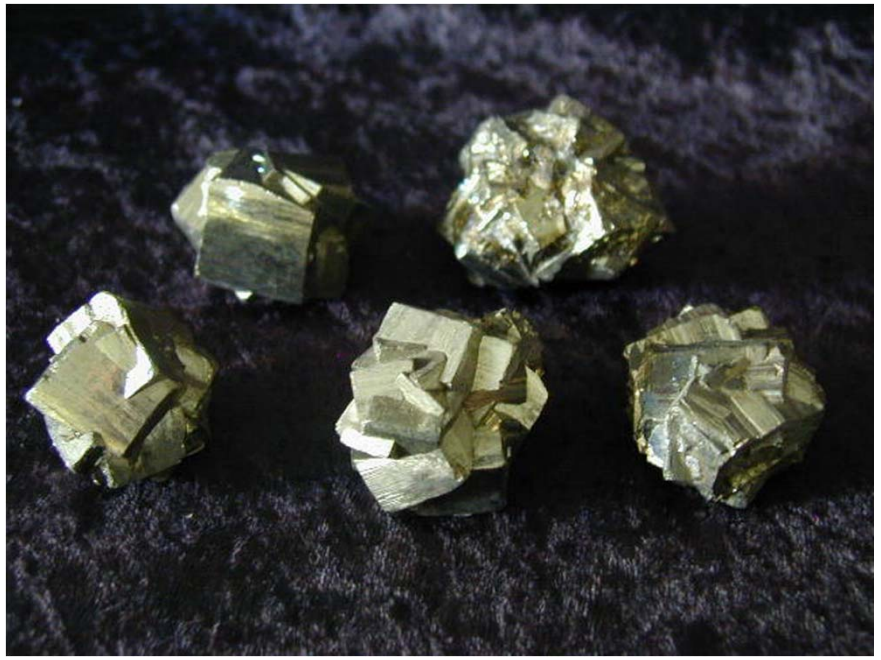
Sue Monroe













Rotational block slump



POMPEİ ŞEHRİ
VEZÜV YANARDAĞI
23 Ağustos 79





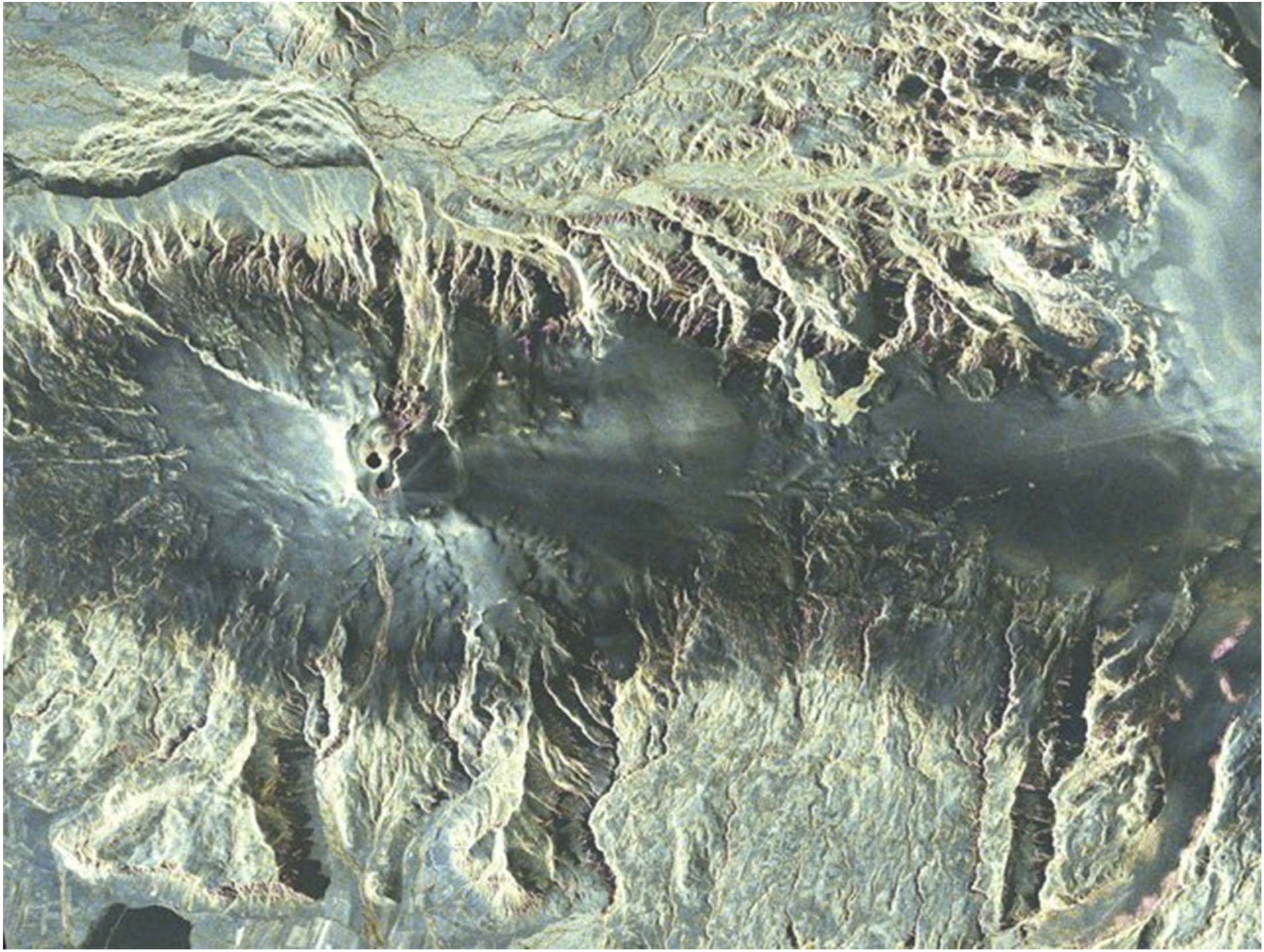




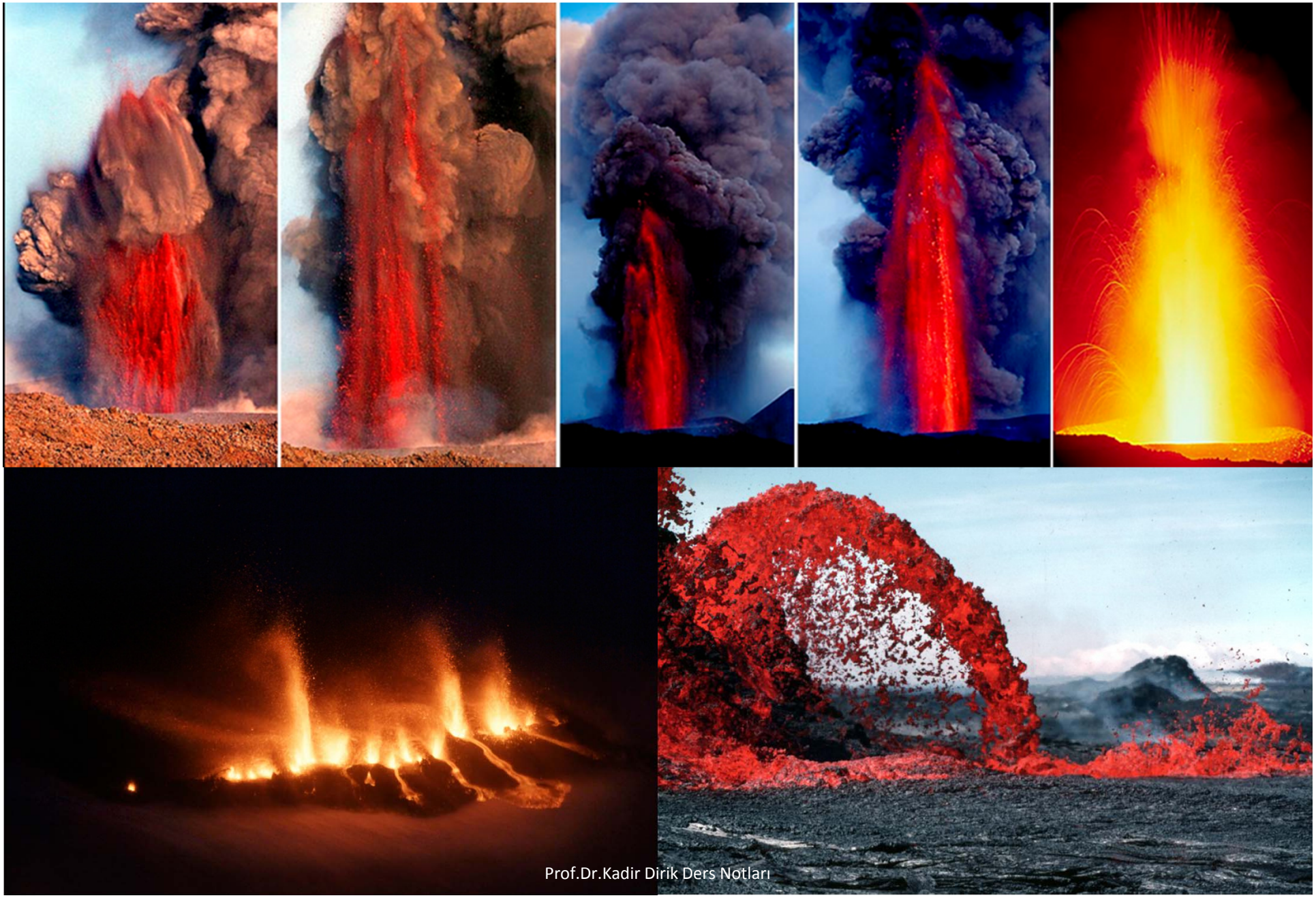


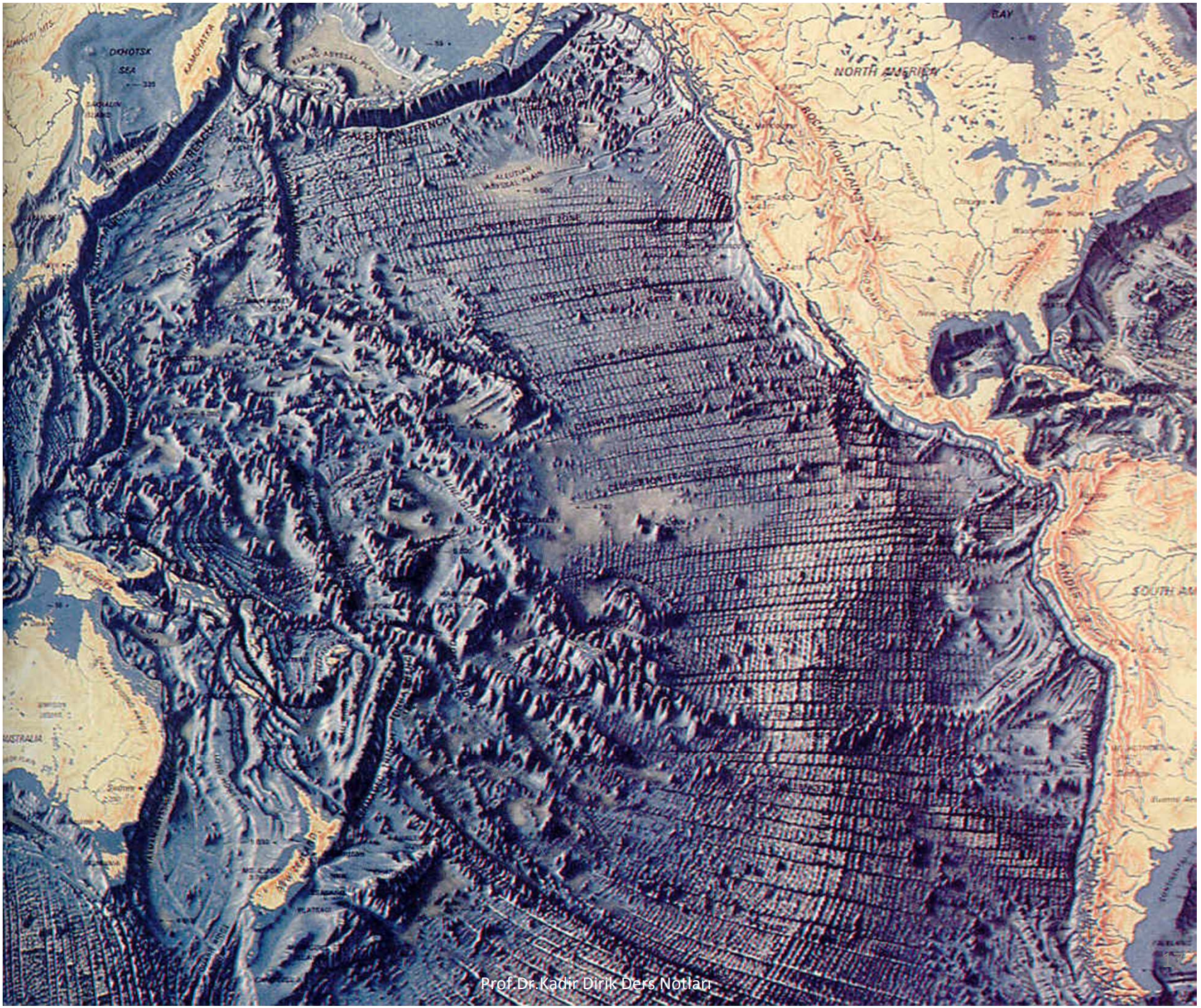


(U. S. Geological Survey)

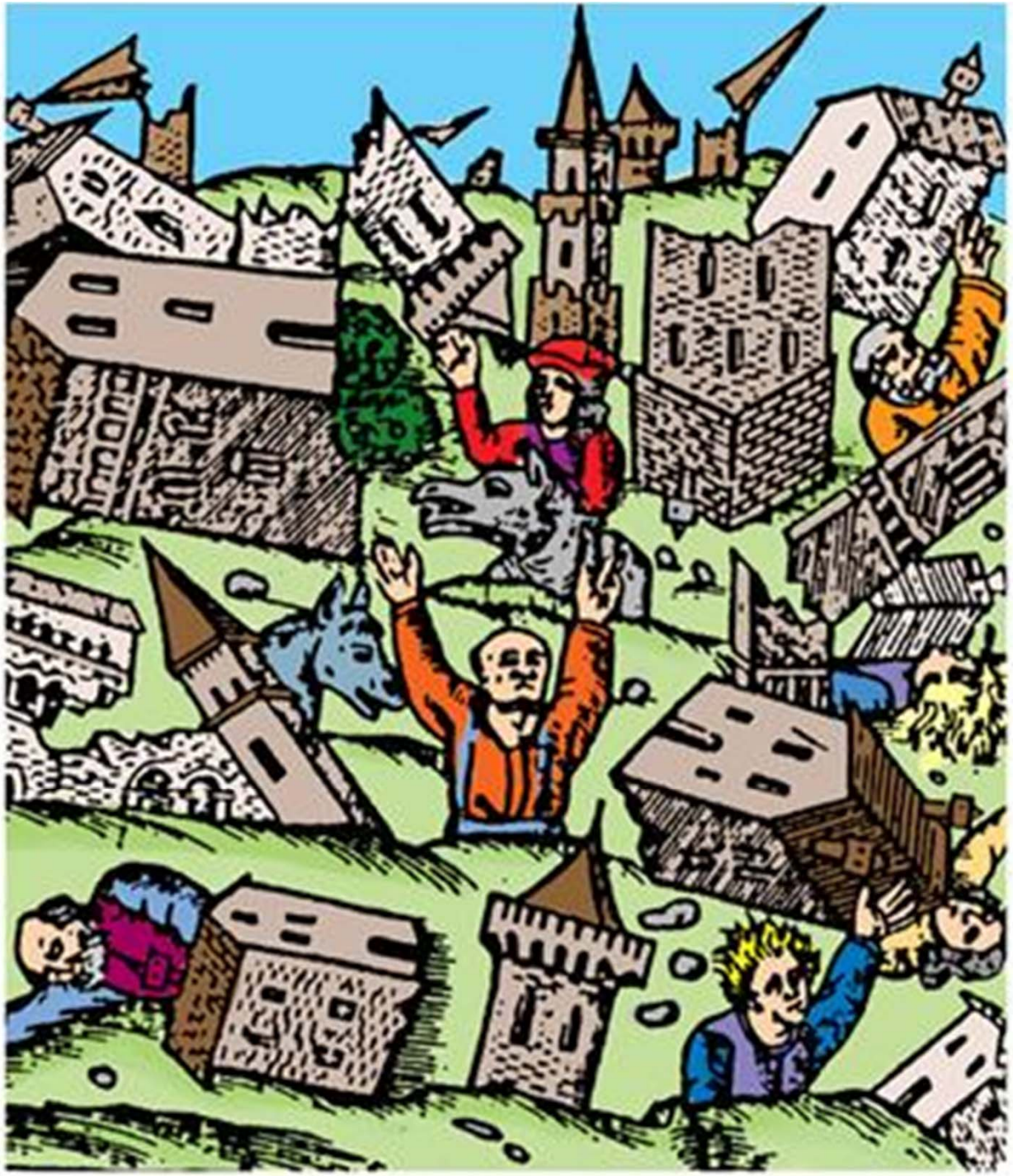


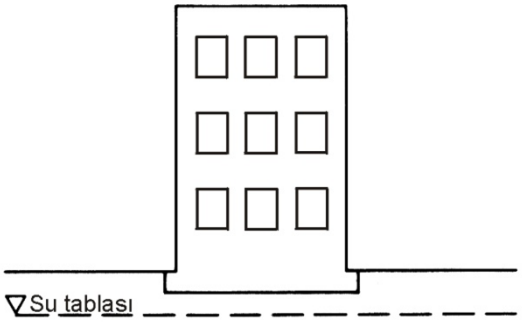
2010-04-15 17:18:48U N63.51.03 W019.45.23 ALT 18812 HDG 252 GS 178.1 SIF03710
SAR
R000
15/APR/2010
17:18:46



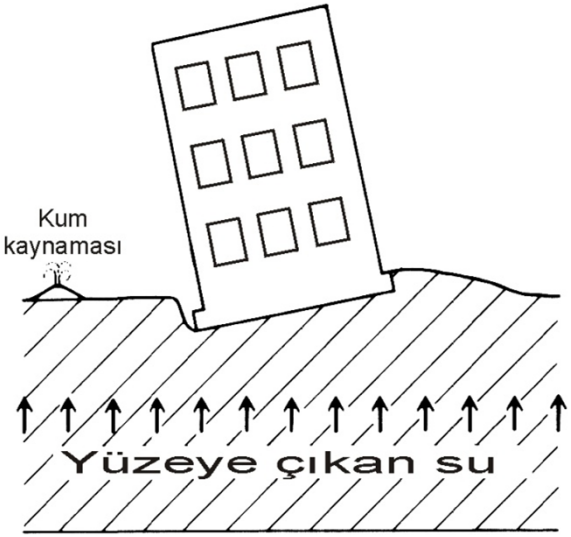

OKHOTSK
SEA
KAMCHATKA
KURIL TRENCH
ALEUTIAN TRENCH
ALEUTIAN ABYSSAL PLAIN
NORTH AMERICA
ROCKY MOUNTAINS
BAY
AUSTRALIA
NEW ZEALAND
Prof.Dr.Kadir Dirik Ders Notları


ICELAND
NORTH SEA
EUROPA
ATLAS MOUNTAINS
SAHARA
ARABIA
AFRICA
ARGENTINE RISE





Depremden önce



Depremden sonra



Taşıma gücünün yitimi

1999 Kocaeli depremi (Adapazarı)



Oturma

(Aydan vd., 2000a)

Caracas (Venezuela) Depremi,1967 (M=6.6)

(Yan yatmış bina)



(science.howstuffworks.com)

Yan yatmış apartman blokları
(1964 Niigata Depremi,
Japonya)



(Committee on Earthquake Engineering, 1985')

1999 Kocaeli Depremi
(Adapazarı)



(Aydan vd., 2000)

4 Eylül 2010 Darfield depreminde (Y. Zelanda) meydana gelen yaygın sıvılaşma



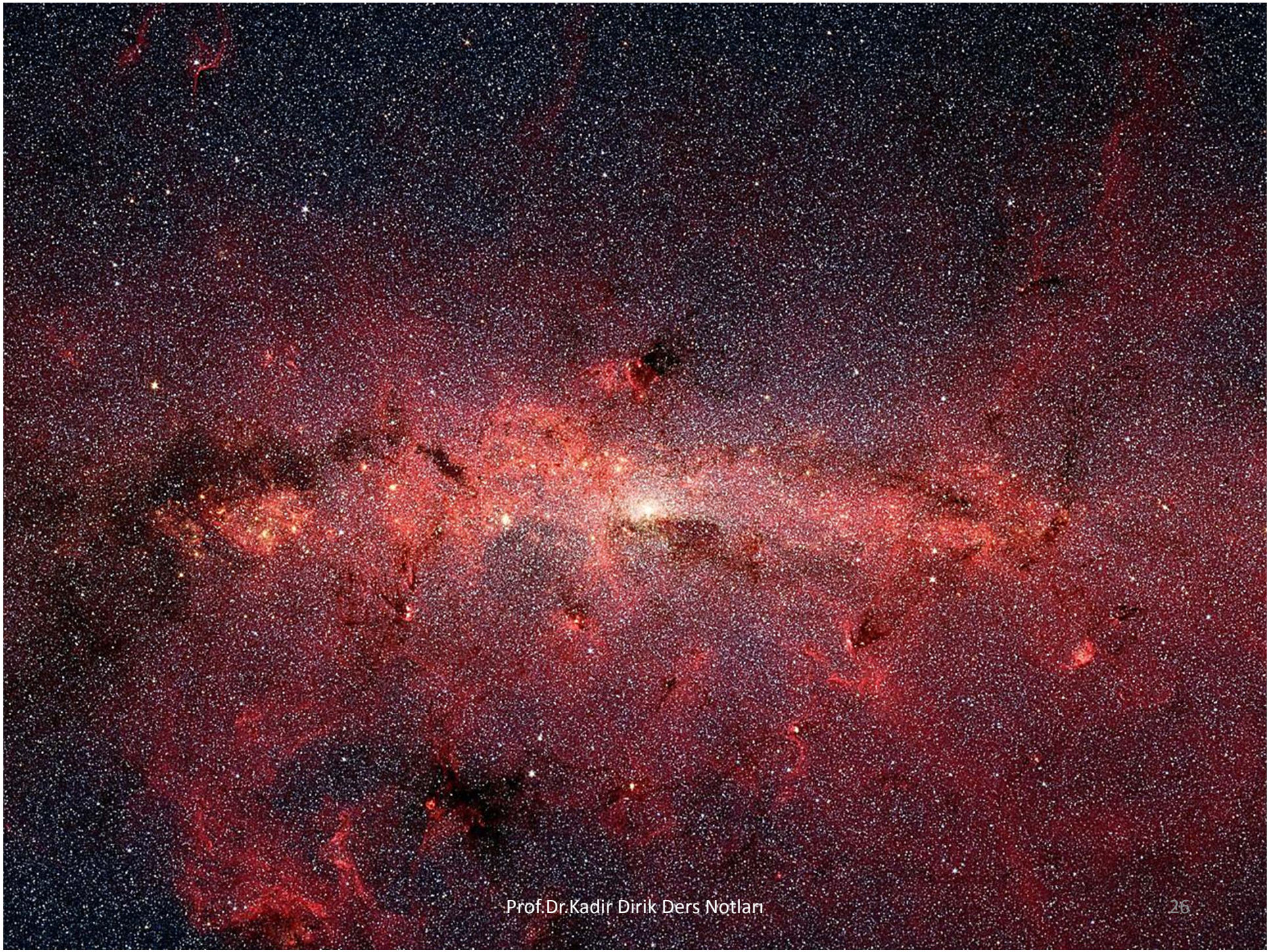
(nzraw.co.nz)

Kum kaynaması






WallyPacholka / AstroPics.com



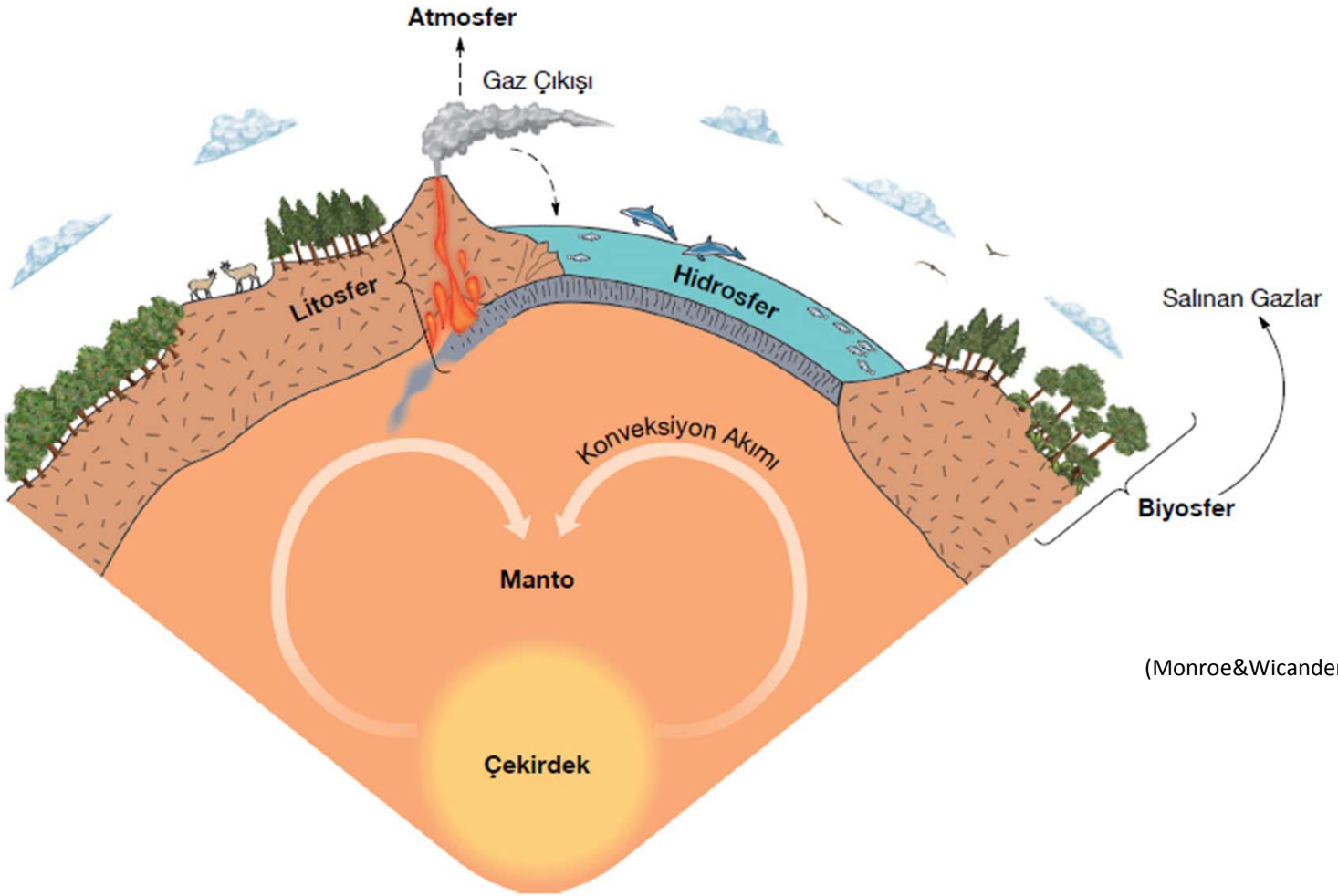
1. GİRİŞ

Bu dersin ana konusu 4.6 milyar yıl kadar öncesi oluşumundan beri sürekli olarak değişen karmaşık, dinamik bir gezegen olan ***Yeryuvarıdır.*** Gözlediğimiz bu değişimler ve günümüz özellikleri, Yeryuvarı'nın değişik iç ve dış sistemleri, alt sistemleri ve döngüleri arasındaki etkileşimlerden kaynaklanır.

Yeryuvarı, yaşamı desteklemesi, okyanuslardaki suyu, uygun atmosferi ve çeşitli iklim koşullarıyla güneş sistemimizdeki gezegenler arasında ayrıcalıklı bir konuma sahiptir. Güneşten olan uzaklığı, Yer'in içinin, kabuğunun, okyanusların ve atmosferin evrimini içeren etmenler bileşkesi, bildiğimiz yaşamı günümüzdeki gibi geliştirdi. Zamanla yaşam süreçleri Yeryuvarı'nın atmosferini, okyanusları ve bir dereceye kadar da kabuğun gelişimini etkiledi. Sırasıyla bu fiziksel değişimler yaşamın gelişimini yakından etkiledi.

Bir başka deyişle Yeryuvarını bir bütün olarak görmek, yalnızca birbiriyle bağlantılı çeşitli bileşenlerini değil onun karmaşık ve dinamik doğasını da benimseyerek, onu bir sistem olarak düşünmekten geçer. Sistem kavramı, bileşenlerin tümünün birlikte nasıl bir bütün gibi davrandığı bakışını yitirmeksizin bütünü kolayca anlayabileceğimiz parçalara ayırdığından, Yeryuvarı gibi karmaşık bir konunun incelenmesini daha da kolaylaştırır.

Yeryuvarını, etkileşen ve birçok şekilde birbirini etkileyen birbirine bağlı bileşenlerden oluşan bir sistem olarak inceleyebiliriz. Yer'in başlıca alt sistemleri ***atmosfer, biyosfer, hidrosfer, litosfer, manto ve çekirdektir*** (şekil 1.2).



(Monroe&Wicander, 2005)

Şekil 1.2 Atmosfer, biyosfer, hidrosfer, litosfer, manto ve çekirdeğin tümü birden Yeryuvarı'nın 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.

Yeryuvarı'nın Başlıca Altsistemleri Arasındaki Etkileşimler

	Atmosfer	Hidrosfer	Biyosfer	Litosfer
Atmosfer	Çeşitli hava kütleleri arasında etkileşim	Rüzgarla hareketlenen yüzey akıntıları Buharlaşma	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 ısısı	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 ısısı girdisi Yer şekilleri hava hareketlerini etkiler	Katı ve çözünen malzemelerin kaynağı	Mineral besleyicilerin kaynağı Ekosistemlerin levha hareketleriyle dönüşümü	Levha tektoniği

Jeolojinin Uzmanlık Alanları ve Diğer Bilimlerle Olan İlişkileri

Uzmanlık Dalı	İnceleme Alanı	İlişkili Bilim Dalı
Jeokronoloji	Zaman ve Yeryuvarının Tarihi	Astronomi
Gezegen Jeolojisi	Gezegenlerin Jeolojisi	
Paleontoloji	Fosiller	Biyoloji
Ekonomik Jeoloji	Mineral ve Enerji Kaynakları	
Çevresel Jeoloji	Çevre	
Jeokimya	Yer Kimyası	Kimya
Hidrojeoloji	Su Kaynakları	
Mineraloji	Mineraller	
Petroloji	Kayaçlar	
Jeofizik	Yeryuvarının İçi	Fizik
Yapısal Jeoloji	Kaya Deformasyonu	
Sismoloji	Depremler	
Jeomorfoloji	Yüzey Şekilleri	
Oşinografi	Okyanuslar	
Paleocoğrafya	Eski Coğrafi Özellikler ve Konumları	
Stratigrafi/Sedimantoloji	Tabakalı Kayaçlar ve Çökeller	

Evrenin Oluşumu - Oluşum Büyük Patlamayla mı Başladı?

Birçok bilim adamı evrenin 15 milyar yıl kadar önce ***Büyük Patlama*** olarak bilinen süreçte oluştuğunu düşünür. Atomdan sonsuz derecede daha küçük olan bir bölgede zaman ve alan sıfır alınır. Bu yüzden "Büyük Patlama öncesi" olmayıp yalnızca sonrası vardır. Einstein'in görelilik kuramı, uzay ve zamanın değiştirilemeyen biçimde bir uzay - zaman bütünlüğü oluşturan ilişkisini gerekçe gösterir. Alan olmaksızın zaman olmayabilir.

Büyük Patlamanın yaklaşık 15 milyar yıl önce olduğunu nasıl biliyoruz? Evren, neden bugün bildiğimiz biçimiyle her zaman var olmadı?

İki temel olgu Büyük Patlamanın olduğunu gösteriyor.

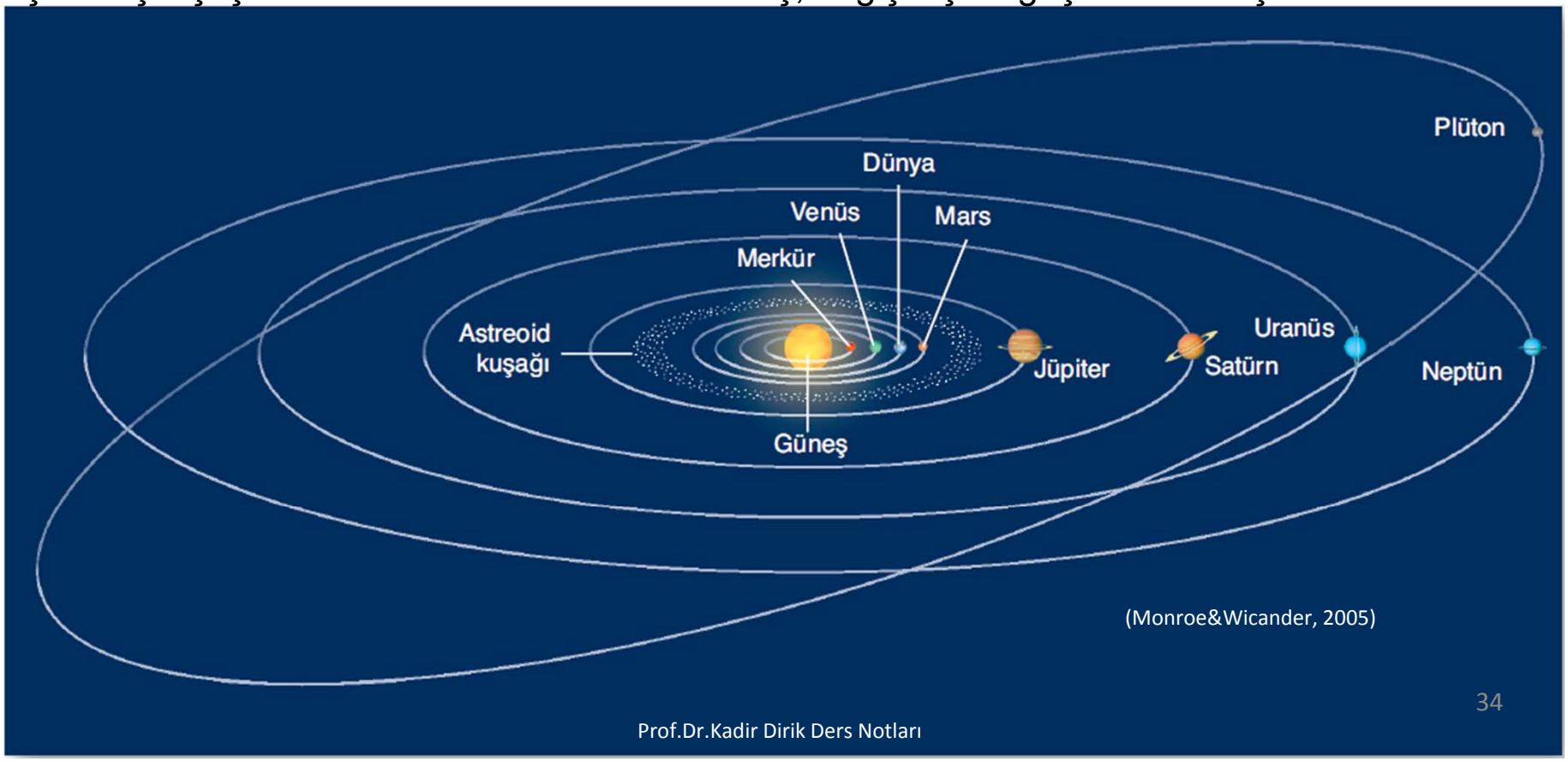
Birincisi evren genişliyor. Astronomlar güneş sistemimizin ötesine baktığında, evrendeki galaksilerin her yerde birbirinden görünür biçimde, inanılmaz hızlarda hareket ettiğini gözlemekte. Bu genişleme hızını ölçen astronomlar galaksilerin hepsinin birlikte tek bir noktada ne kadar zaman önce olduğunu hesaplayabilir.

İkincisi evrende her yerde mutlak sıfırın 2.7°K üstünde her yere yayılan bir temel ışıması vardır (mutlak sıfır = - 273°C). Bu, temel ışımasının Büyük Patlamanın solgun aydınlığı olduğu düşünülür. Günümüzde kabul gören kurama göre bildiğimiz madde Büyük Patlama anında yoktu ve evren sırf enerjiden oluşmuştu. Büyük Patlama sonrasındaki ilk saniyede **dört temel kuvvet** - ***yerçekimi*** *(bir kütlenin diğerine doğru* çekilmesi), ***elektromanyetik kuvvet*** *(elektrik ve manyetizmayı* tek kuvvette birleştirerek atomları moleküllere bağlar), ***güçlü çekirdek kuvveti*** *(protonları ve nötronları* birbirine bağlar) ve ***zayıf çekirdek kuvveti*** *(atom çekirdeğ*ini parçalayarak radyoaktif bozuşmayı ortaya çıkarır) ayrıldı ve evren müthiş bir genişleme geçirdi. Yaklaşık 300,000 yıl sonra evren hidrojen ve helyum atomlarının tam olarak oluşması için yeterince soğudu ve fotonlar (ışığın enerji partikülleri) maddeden ayrılıp, ilk kez ışık açığa çıktı.

Takip eden 200 milyon yılda evren genişleyip soğumasını sürdürdükçe yıldızlar ve galaksiler oluşmaya başladı ve evrenin kimyasal yapısı değişti. Başlangıçta evren % 100 hidrojen ve helyumdan oluşmakta iken bugün ağırlıkça % 98 hidrojen ve helyum ile % 2 diğer tüm elementlerden oluşmakta. Evrenin bileşiminde bu tür bir değişiklik nasıl oldu? Yıldızlar yaşam döngüleri boyunca daha hafif elementlerin nükleer füzyonla daha ağır elementlere dönüştüğü birçok nükleer tepkinin etkisinde kalır. Bir yıldız sıklıkla patlayarak öldüğünde çekirdeğinde oluşmuş daha ağır elementler yıldızlararası uzaya geri dönerek yeni yıldızlara kapanım şeklinde tutunur. Bu şekilde evrenin bileşimi daha ağır elementlerce giderek zenginleşir.

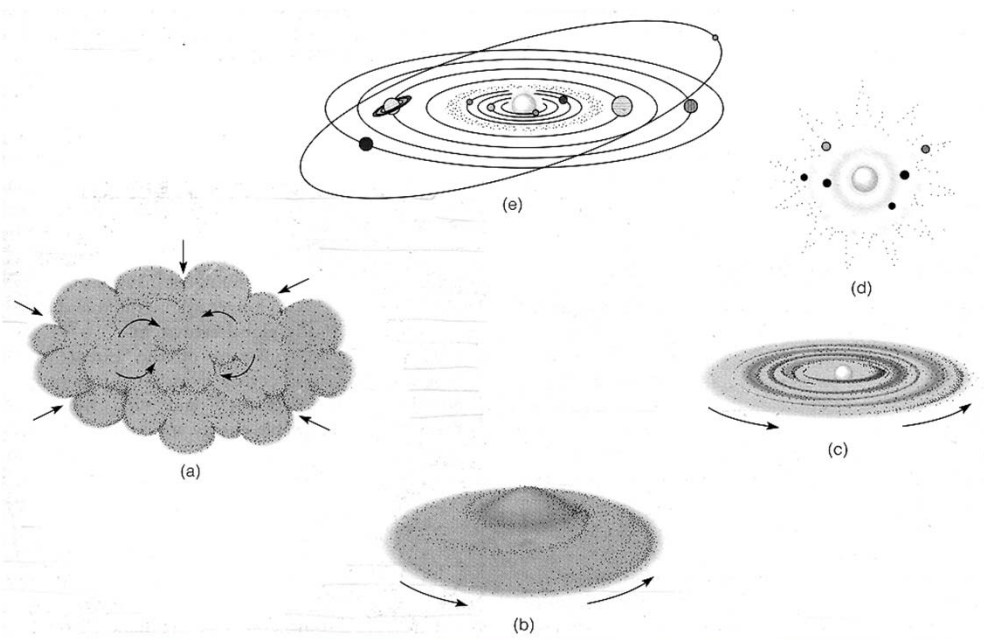
Güneş Sistemimiz - Kökeni ve Evrimi

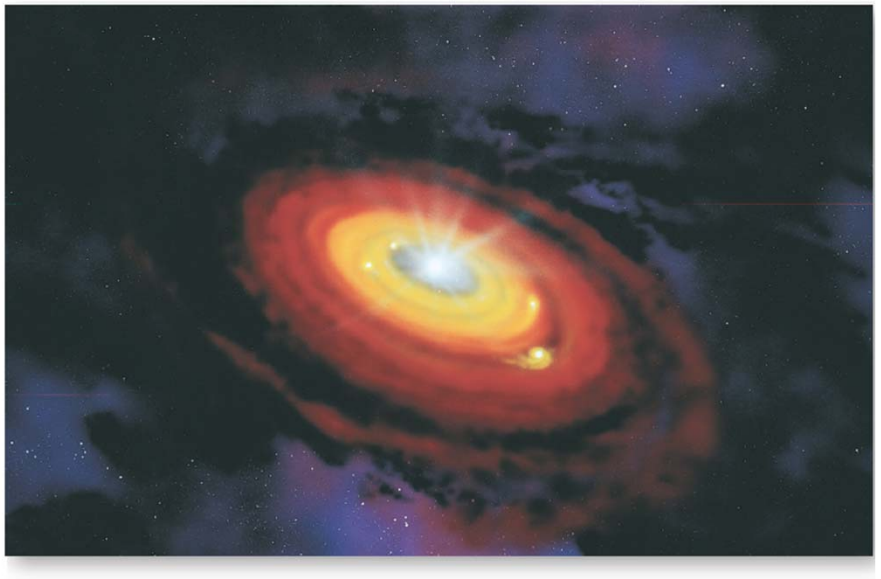
Samanyolu Galaksinin parçası olan Güneş sistemimiz bir Güneş, 9 gezegen, bilinen 101 ay ya da uydu (bu sayı Jüpiter benzeri gezegenlerin çevresindeki yeni ay ve uyduların keşfiyle değişmekle birlikte), çoğu Güneş'in çevresinde Mars ve Jüpiter arasında bir kuşakta dolanan çok sayıda asteroit, gezegenler arası toz ve gazların yanında milyonlarca kuyrukluyıldız ve göktaşlarından oluşur. Bu yüzden Güneş Sistemimizin oluşumunu ve evrimini açıklamak amacıyla ortaya konulan bir kuram, çeşitli özelliklerini ve niteliklerini göz önüne almalıdır. İlk kez 1644'te Fransız bilim adamı ve filozof Rene Descartes'in güneş sisteminin evrensel bir sıvı içindeki devasa bir girdaptan oluştuğunu ortaya atmasından bu yana Güneş Sisteminin oluşumu için çeşitli bilimsel kuramlar öne sürülmüş, değişmiş ve geçersiz kalmıştır.



(Monroe&Wicander, 2005)

Günümüzde ***güneş nebulası*** kuramı Güneş Sistemimizin oluşumunda Samanyolu Galaksisinin sarmal bir kolunda yıldızlararası malzemenin yoğunlaşıp çökmesini içerir. Bu gaz ve küçük tanelerden oluşan bulut saatin tersi yönde dönen diskin içine çökerek, diskin orta kısmında yaklaşık malzemesinin % 90 nını yoğunlaştır mış ve çevresinde ***güneş nebulası*** adlı dönen bir malzeme bulutunun fırladığı embriyo halinde bir Güneş oluşturmuştur. Bu güneş nebulasında gaz ve katı parçacıkların yoğunlaştığı girdaplar olağandır. Yoğunlaşma sırasında gaz, sıvı ve katı parçacıklar birleşerek ***gezegenimsi*** adı verilen daha büyük kütlelerde birleşmeye başlamış (şekil 1.8) ve sonuçta gerçek gezegen kütleleri haline gelinceye kadar çarpışarak kütleleri ve boyutları büyümüştür.





■ **Şekil 1.8** (Monroe&Wicander, 2005)

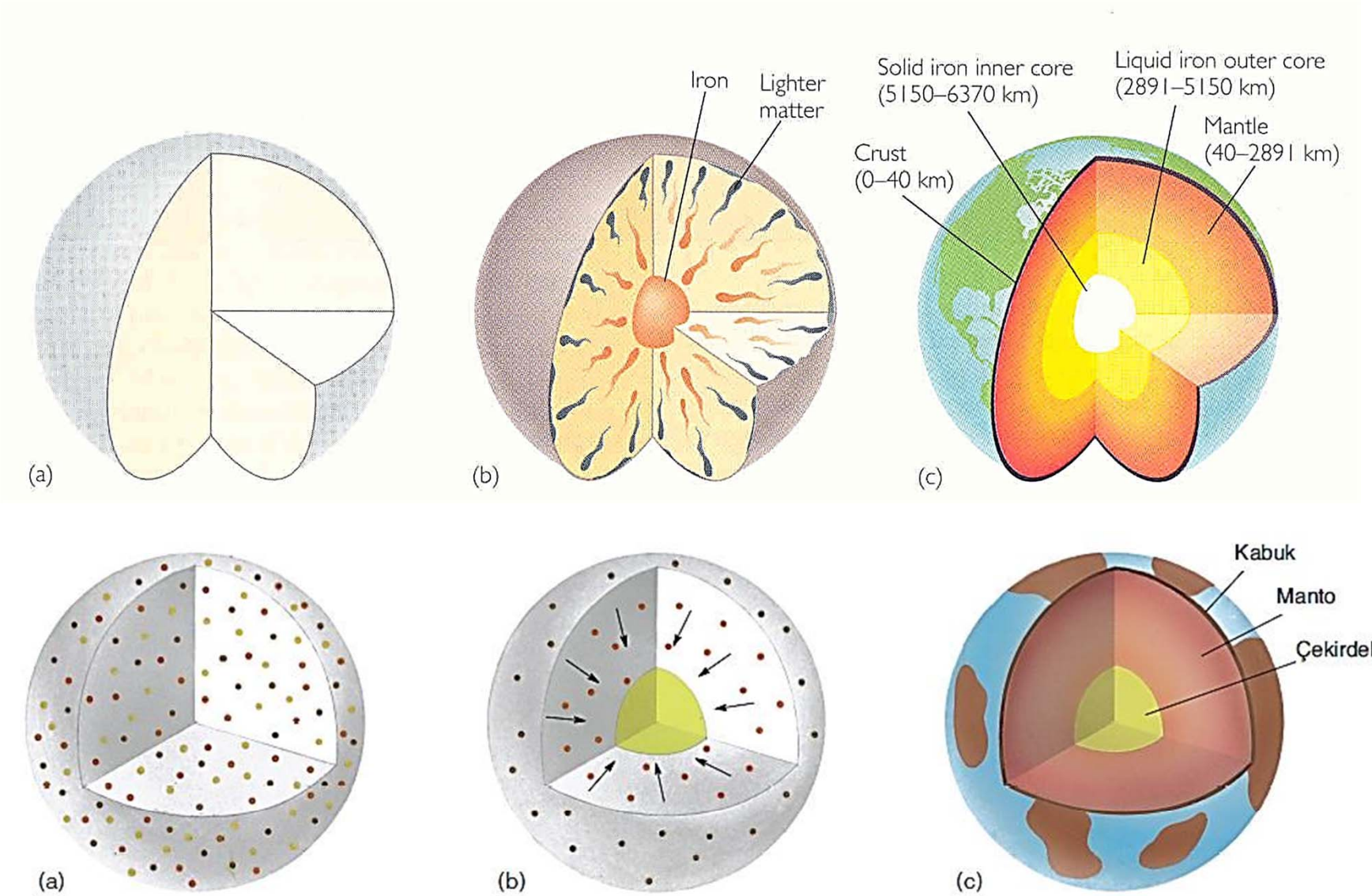
Burada gösterilen gelişme evresindeki gezegenimsiler, iç güneş sisteminde oluşmuş olup büyük toz ve gaz girdapları ilk güneşten çok uzaklarda kalır.



Gezegenlerin bileşimi ve evrimsel geçmişi kısmen Güneşten olan uzaklıklarının sonucudur . Latince “toprak” anlamında *terra’ya benzediği için* bu ismi alan **Yersel gezegenler - Merkür, Venüs, Dünya** ve **Mars** - tümü küçük ve iç nebulanın yüksek sıcaklığında yoğunlaşan kayaçlar ve metalik elementlerden oluşur. Jüpiter’i andırdıklarından (Roma tanrısı Jove’nin adından) dolayı bu adı alan **Jüpiter benzeri gezegenler - Jüpiter, Satürn, Uranüs** ve **Neptün** - tümü büyüklüklerine göre küçük iç çekirdeklere sahip olup büyük ölçüde düşük sıcaklıklarda yoğunlaşan hidrojen, helyum, amonyak ve metandan oluşur. Gezegenler birleştiğinde nebulanın merkezine çekilen malzeme de yerçekim sıkışmasıyla yoğunlaşmış, çökmüş ve birkaç milyon dereceye kadar ısınmıştır. Sonuçta yıldızımız Güneş ortaya çıkmıştır. Güneş sistemi gelişiminin ilk dönemlerinde değişik boyuttaki yapıların birbiriyle çarpışmaları o kadar yoğundu ki bunu birçok gezegen ve uydudaki kraterlerden anlıyoruz. Asteroidler muhtemelen sonuçta diğer geze-genimsilerin yersel gezegenleri oluşturmasına benzer biçimde Mars ve Jüpiter arasındaki yerel bir girdapta gezegenimsiler olarak oluştu. Jüpiter’in çok yüksek olan yerçekimi alanı bu malzemenin bir gezegene dönüşmesini önledi. Birbirleriyle iç içe geçen gevşek bağlanmış kayaç ve buzlu malzemeler-den oluşan kütleler olan kuyruklu yıldızların Uranüs ve Neptün’ün yörüngeleri yakınında yoğunlaştığı düşünülür.

Yeryuvarı—Güneş Sistemimizdeki Yeri

4.6 milyar yıl kadar önce güneş sistemimizdeki çeşitli gezegenimsiler Yer'i ve öteki 8 gezegeni oluşturmaya yetecek malzemeyi bir araya getirdi. Bilim adamları genelde tekdüze bileşim ve yoğunluktaki ilksel yeryuvarının muhtemelen soğumuş halde olduğunu ve büyük ölçüde silikat bileşikleri, demir ve magnezyum oksitler ile daha az miktarlarda diğer kimyasal elementlerden oluştuğunu düşünür (şekil 1.9a). Sonrasında göktaşı çarpmalarının, yerçekimi sıkışmasının ve radyoaktif bozunmadan gelen ısının bileşkesi, Yeryuvarı'nın sıcaklığını, içindeki demir ve nikeli eritmeye yetecek ölçüde artırmış olup bu homojen bileşim ortadan kayboldu (şekil 1.9b) ve sonuçta farklı bileşim ve yoğunlukta konsantrik katmanlardan oluşanlar farklılaşmış bir gezegen ortaya çıktı (şekil 1.9c). Farklılaşma ile sonuçta farklı bileşim ve yoğunlukta bir gezegenin ortaya çıkışı, dünyamı zın geçmişindeki en önemli olaydır. Bunun sonucunda yalnızca kabuk ve en sonunda da kıtalar oluşmakla kalmayıp aynı zamanda içerideki gaz çıkışlarına da yol açarak sonuçta okyanusların ve atmosferin oluşmasını sağlamıştır.



(Monroe&Wicander, 2005)

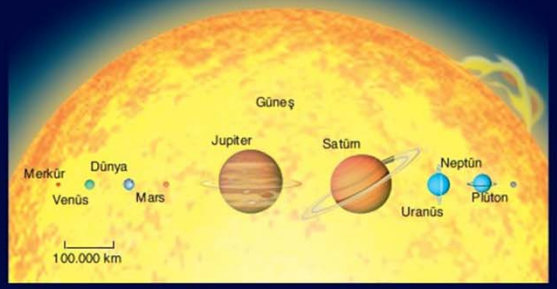
Şekil 1.9

Farklılaşan bir dünyayı oluşturan homojen birleşme kuramı (a) Yeryuvarı ilksel halinde olasılıkla tekdüze bir bileşim ve yoğunluğa sahipti (b) ilksel yeryuvarının ısınması, silikat minerallerinden daha yoğun olan nikel ve demirin eriyip yeryuvarının merkezine yerleşmesine neden olmuştur. Aynı zamanda görece daha hafif olan silikatlar üst kısma doğru hareket ederek manto ve kabuğu oluşturdu. (c) Bu şekilde çekirdeği yoğun demir ve nikelden, mantosu demirce zengin silikatlardan ve silikatlı kabuğu da kıtalar ve okyanus havzalarından meydana gelen farklılaşmış bir dünya oluştu.

Yersel ve Jüpiter Benzeri Gezegenler

Güneş sistemimizdeki gezegenler birbirinden çok farklı evrimsel geçmişi olduğunu gösteren iki ana gruba ayrılabilir. Dört iç gezegen yersel gezegenlerdir - Merkür, Venüs, Dünya ve Mars -. Yersel gezegenler küçük ve atmosfere sahip olmayanından (Merkür) ezici oranda kalın olanına kadar (Venüs) değişen yoğun (metalik bir çekirdek ve silikatlı manto - kabuk) gezegenlerdir. Dıştaki dört gezegen (astronomların bir gezegen olarak görmediği Plüton dışında) - Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün - Jüpiter benzeri gezegenlerdir.

Bu gezegenler büyük, halkalı, kalın atmosferle çevrelenen içleri sıvı olan düşük yoğunluğa sahip gezegenlerdir.

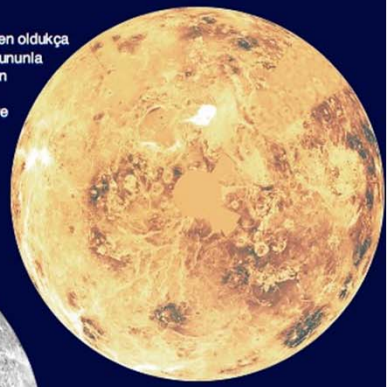


Güneş ve gezegenlerin görece büyüklükleri. (Gezegenler arası uzaklıklar ölçeksizdir)



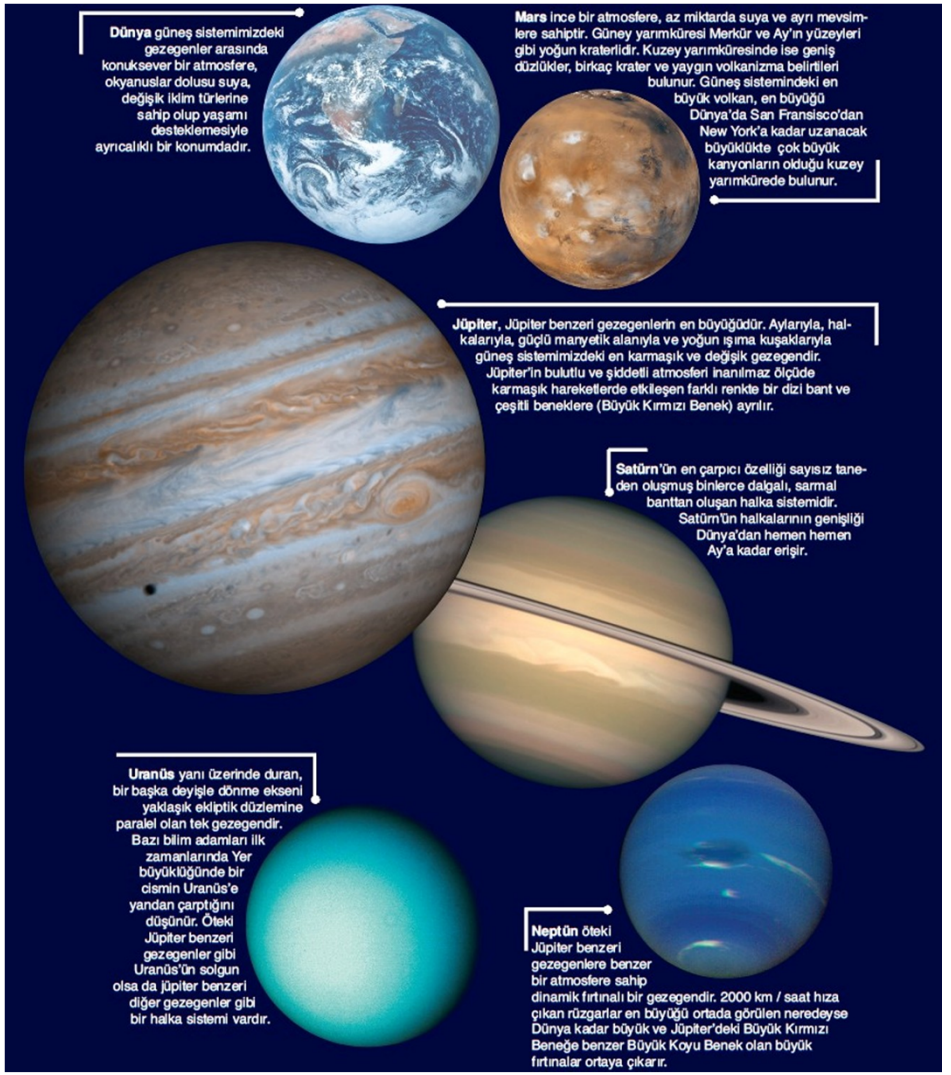
Yer'in çapının dörtte biri büyüklükte olan **Ay**, yersel gezegenlere göre düşük bir yoğunluğa sahip olup aşırı kuraktır. Yüzeyi, koyu renkli düzlüklere ve güneş sistemimizde 4 milyar yıldan daha önce olan yoğun bir göktaşı bombardımanına işaret eden yoğun kraterli açık renkli yaylalara ayrılır. Ay'ın oluşumunu en iyi açıklayan varsayım Mars ya da daha büyük boyutta bir gezegenimsinin 4.6 ile 4.4 milyon yıl önce Dünya'ya çarparak büyük miktarda kızgın malzemenin atılması bunların soğuyup katılması sonucunda Ay'ı oluşturmasıdır.

Venüs yüzeyini tümüyle gizleyen oldukça kalın bir atmosferle çevrilidir. Bununla birlikte uzay araçlarından alınan radar görüntüleri volkanik özellikleri, kıvrımlı sıradağları ve karmaşık bir fay ağını içeren geniş bir arazi çeşitliliğini ortaya çıkarmıştır.





Merkür ilk oluştuğundan bu yana çok az değişmiş olan yoğun kraterli bir yüzeye sahiptir. Oldukça küçük olduğundan gezegenin çekim etkisi atmosfer gazlarını tutmada yetersizdir; muhtemelen uzaya çabuk biçimde gezegenin oluştuğunda olasılıkla uzaya çabucak kaçıp gitmiş olan bir atmosferi vardı.

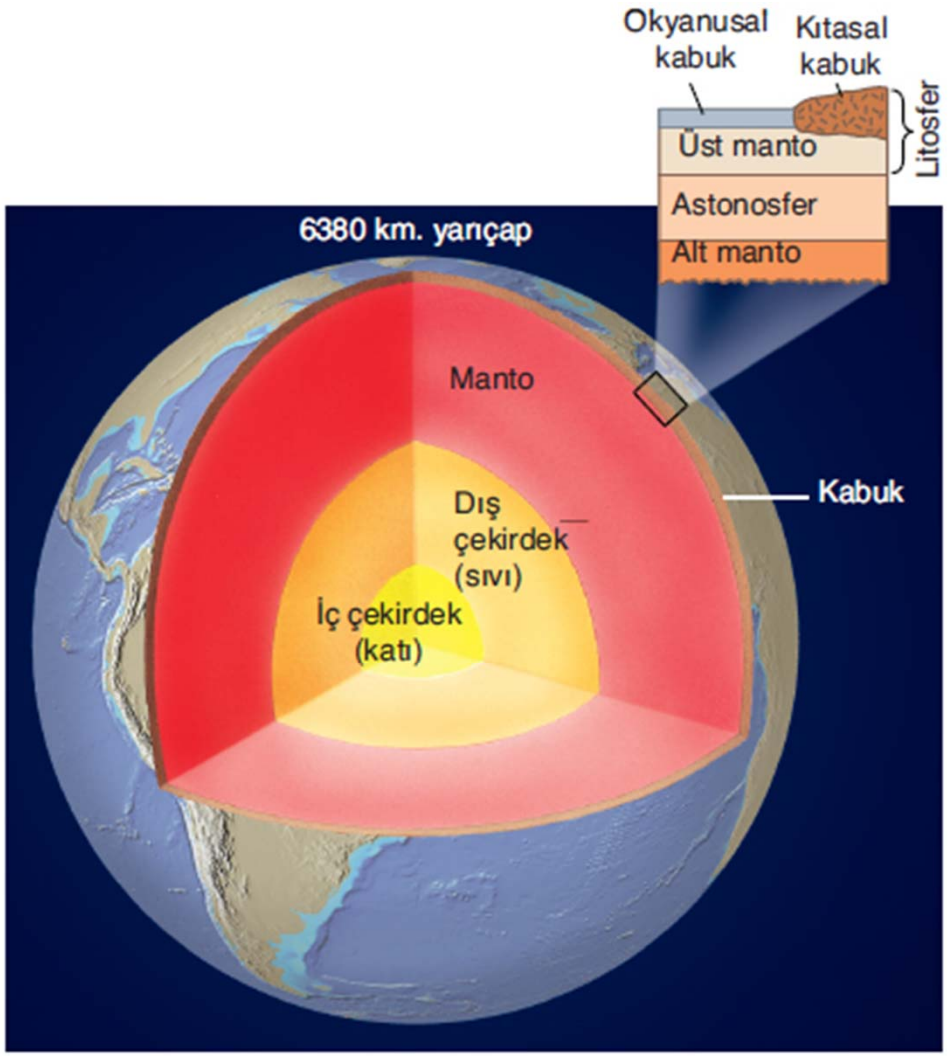


Monroe&Wicander, 2005)

YERYUVARI NEDEN DİNAMİK VE GELİŞEN BİR GEZEGENDİR?

Yeryuvarı 4.6 milyar yıllık varlığı süresince devamlı hareketli bir gezegendir. Kıtaların ve okyanus havzalarının boyutları, biçimleri ve coğrafi dağılımları zamanla değişmiş, atmosferin bileşimi gelişmiş olup Yeryuvarında günümüzde yaşayan canlılar geçmişte yaşayanlardan farklılık göstermektedir. Dağlar ve tepeler yıpranarak aşınmış, rüzgar, su ve buzulların etkisiyle yüzey şekilleri değişmiştir. Volkanik püskürmeler ve depremler yeryuvarının içinin hareketli olduğunu, kıvrılan ve kırılan kayaçlar ise yeryuvarının içindeki kuvvetlerin ne kadar büyük olduğunu göstermektedir.

Yeryuvarı **çekirdek, manto** ve **kabuk** olmak üzere içiçe üç katmandan oluşur (şekil 1.10). Bu düzenli sıralanış bileşim, sıcaklık ve basınç farklılığına bağlı değişimlerin bir işlevi olarak katmanlar arasındaki yoğunluk farklılıklarından kaynaklanır.



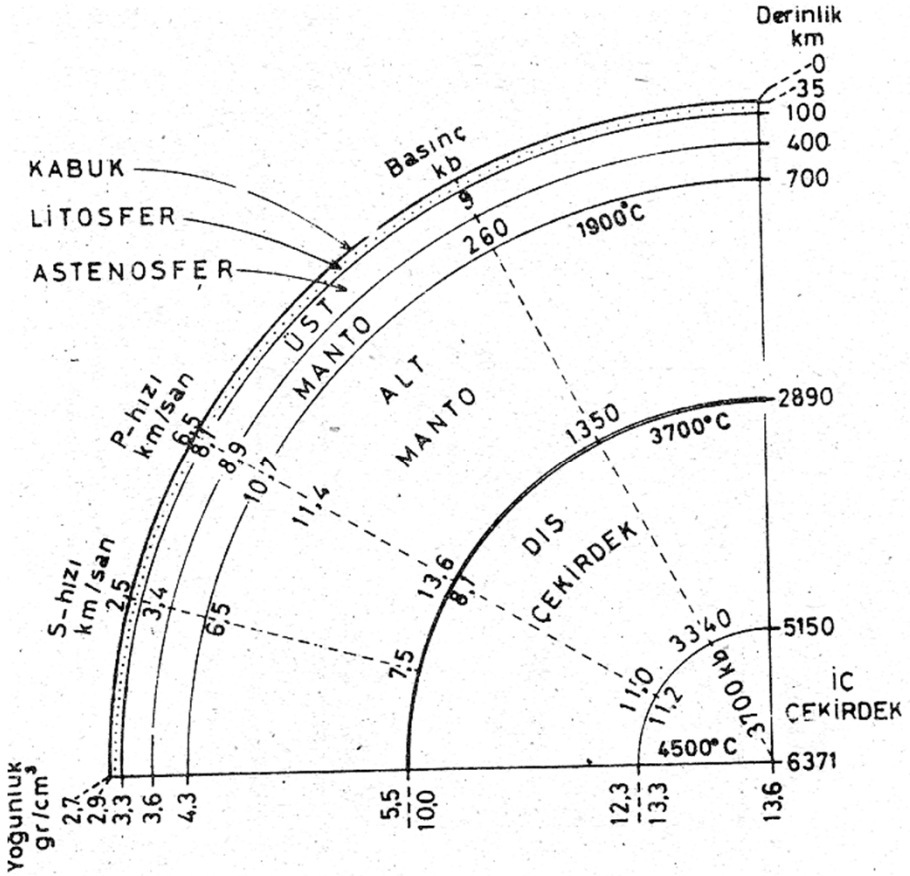
(Monroe&Wicander, 2005)

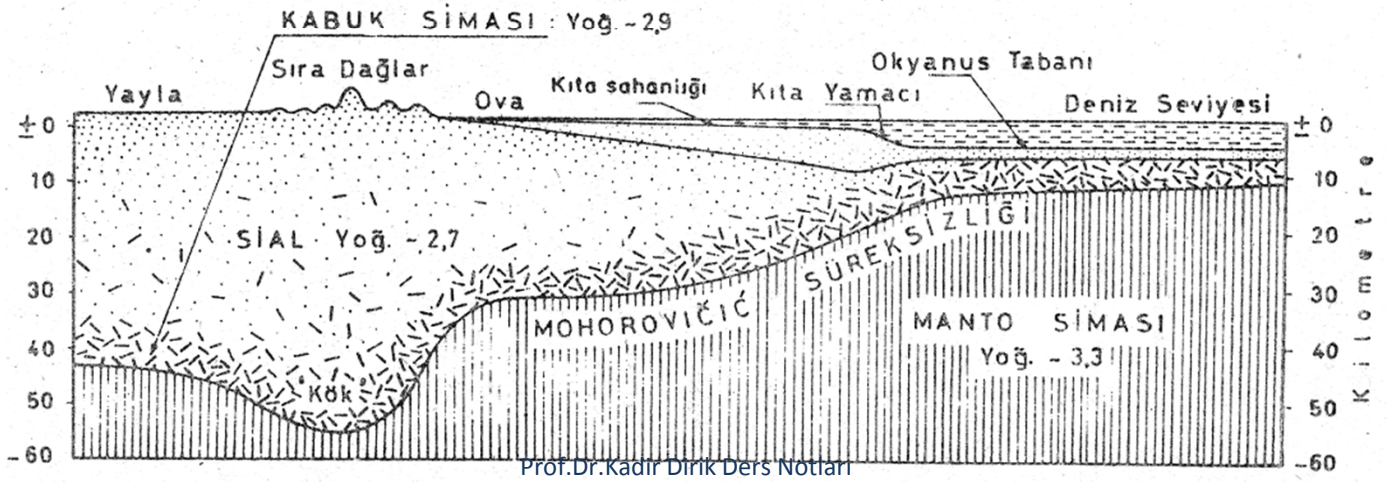
Şekil 1.10

Yeryuvarı'nın çekirdek, manto ve kabuğunu gösteren bir kesit. Büyütülmüş kısım, litosfer (kıtasal kabuk, okyanusal kabuk ve katı üst mantodan oluşur) ile altında bulunan astenosfer ve alt manto arasındaki ilişkiyi gösteriyor.

Kabuk

Kabuğun, Kıtasal kabuk (continental crust) ve Okyanusal kabuk (oceanic crust) olmak üzere iki çeşidi vardır. Kıtasal kabuğun ortalama yoğunluğu-nun 2.7 gr/cm^3, kalınlığının ise ortalama 35-40 km (yüksek dağ zincirlerinin altında 60-70 km) olmasına karşın, okyanusal kabuğun yoğunluğu 3.0 gr/cm^3, ortalama kalınlığı ise 6 km dir. Ayrıca kıtasal kabuk daha yaşlı kayaçları kapsamaktadır. Kıtasal kabuğun yaşı 1500-3500 milyon yıla çıkabilirken okyanusal kabuk hiçbir yerde 200 milyon yıldan daha büyük yaş vermemektedir. Diğer yandan kıtasal kabuğun çok karmaşık yapısı ve bileşimine karşılık okyanusal kabuk basit yapısı ve homojen/uniform bileşimi ile karakteristiktir.





Manto

Kabuk ile manto arasındaki sınır, bir süreksizlik yüzeyi olup, 1909 da Yugoslav jeofizikçi Andrija Mohorovicic tarafından saptanmıştır. Bu süreksizlik **Mohorovicic süreksizliği** yada **MOHO (M) süreksizliği** olarak bilinmektedir . Bu sınır P ve S dalgalarının hızlarındaki değişmeyi, dolayısı ile farklı kayaçların varlığına işaret etmektedir. Mantonun en üst kesimi sağlam, kırılgan kayaçlardan oluşmakta ve 70-100 km derinliğe kadar uzanmaktadır. Kabukla beraber mantonun bu en üst bölümüne **Litosfer** denir. Litosferin altında ise **Astenosfer** yer almaktadır. Astenosfer okyanuslar altında 70-100 km, kıtalarda ise 700 km derinliğe kadar uzanmaktadır. Astenosfer litosfere nazaran daha az rijid ve zayıf, kolaylıkla plastik deformasyona uğrayabilen bir malzemeden oluşmaktadır.

Yerkürenin 700-2900 km derinlikleri arasında kalan bölgesine **alt manto** adı verilmektedir. Bu bölgede yer alan kayaçlar daha yoğun ve elastiktir.

Genel olarak manto, yerkabuğunda gelişen olayların oluşumuna neden olan kuvvetlerin ve enerjinin kaynağı durumundadır.

Çekirdek

Kabuktan mantoya geçişte olduğu gibi mantodan çekirdeğe geçişte bir süreksizlik zonu ile belirlenmektedir. Yeryüzünden 2900 km derinlikte yer alan bu süreksizlik zonuna Wiechert-Gutenberg zonu adı verilmektedir. Yer içinde önemli bir geçiş zonu olan bu zonda cisimlerin fiziksel özelliklerinde büyük değişiklikler olmaktadır. Mantodan çekirdeğe geçerken cisimlerin yoğunluğu artmakta, P-dalgalarının hızı düşmekte, S-dalgaları sınır bölgesini geçememektedir. Çekirdek levhaların hareketlerinde rol oynamakta ve yerin manyetik kaynağını oluşturmaktadır. Çekirdeğin asıl maddesini Fe/Ni oluşturmakta olup dış çekirdek **sıvı** iç çekirdek ise **katı** haldedir.

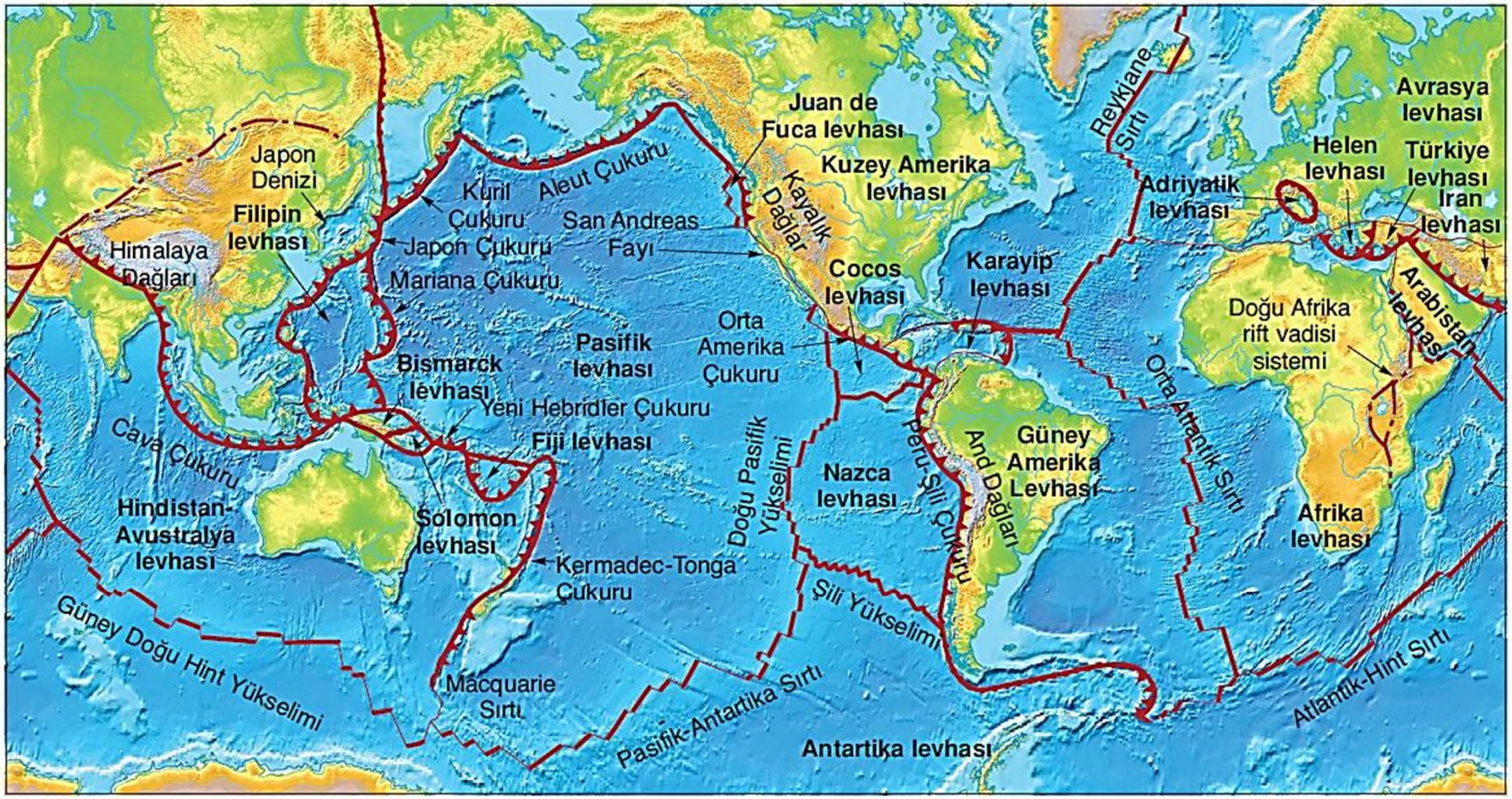
LEVHA TEKTONİĞİ KURAMI

Litosferin astenosfer üzerinde hareket eden rijid levhalara ayrıldığı tanımı *levha tektoniği kuramının* temelini oluşturur.

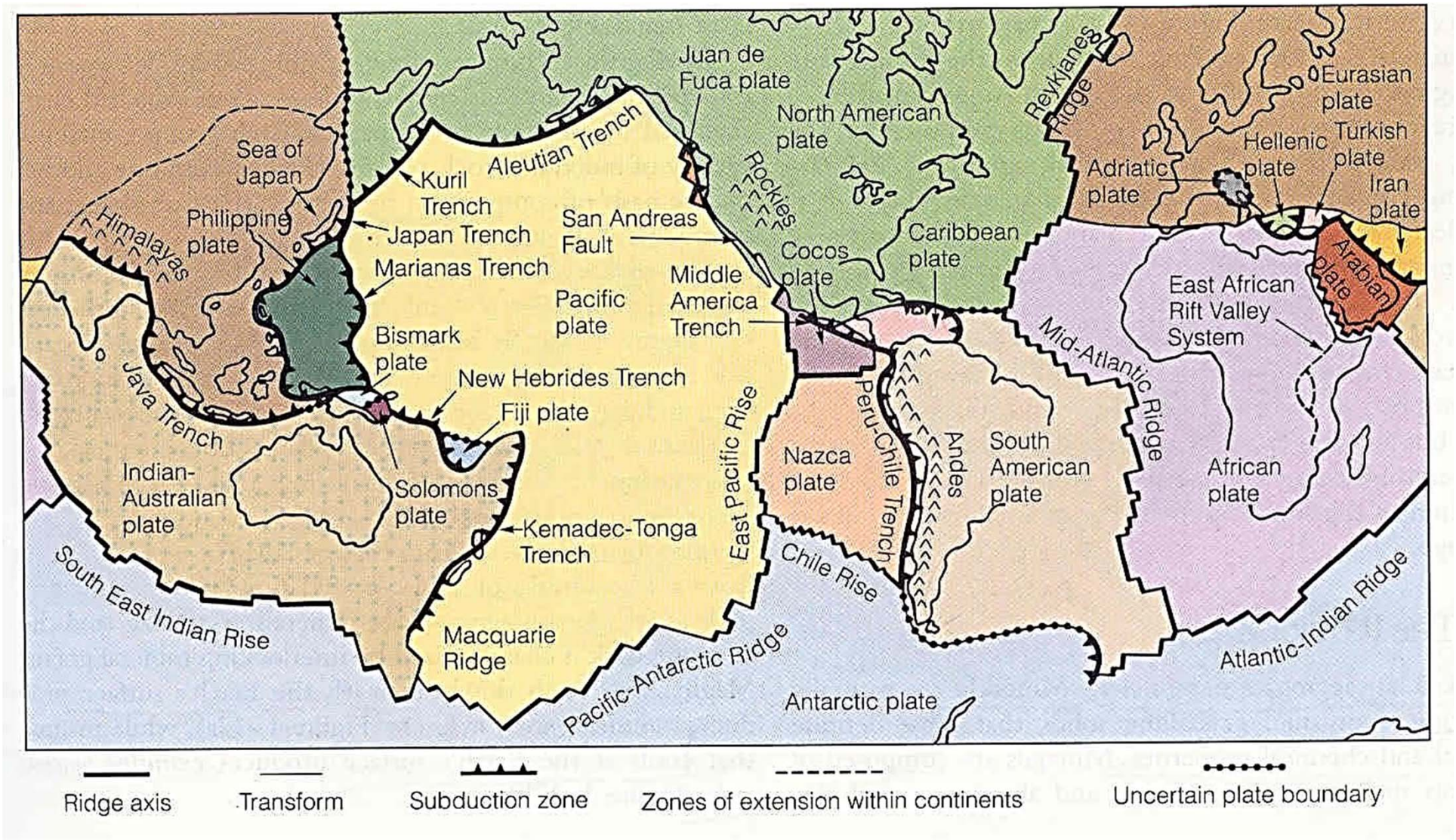
Volkanik etkinlik kuşakları, depremler ya da her ikisi birlikte levha sınırlarının bulunduğu yerlerdir. Bu sınırlar boyunca levhalar birbirinden uzaklaşır, birbirine yaklaşır ya da yanal yönde hareket ederek birbirini geçerler.

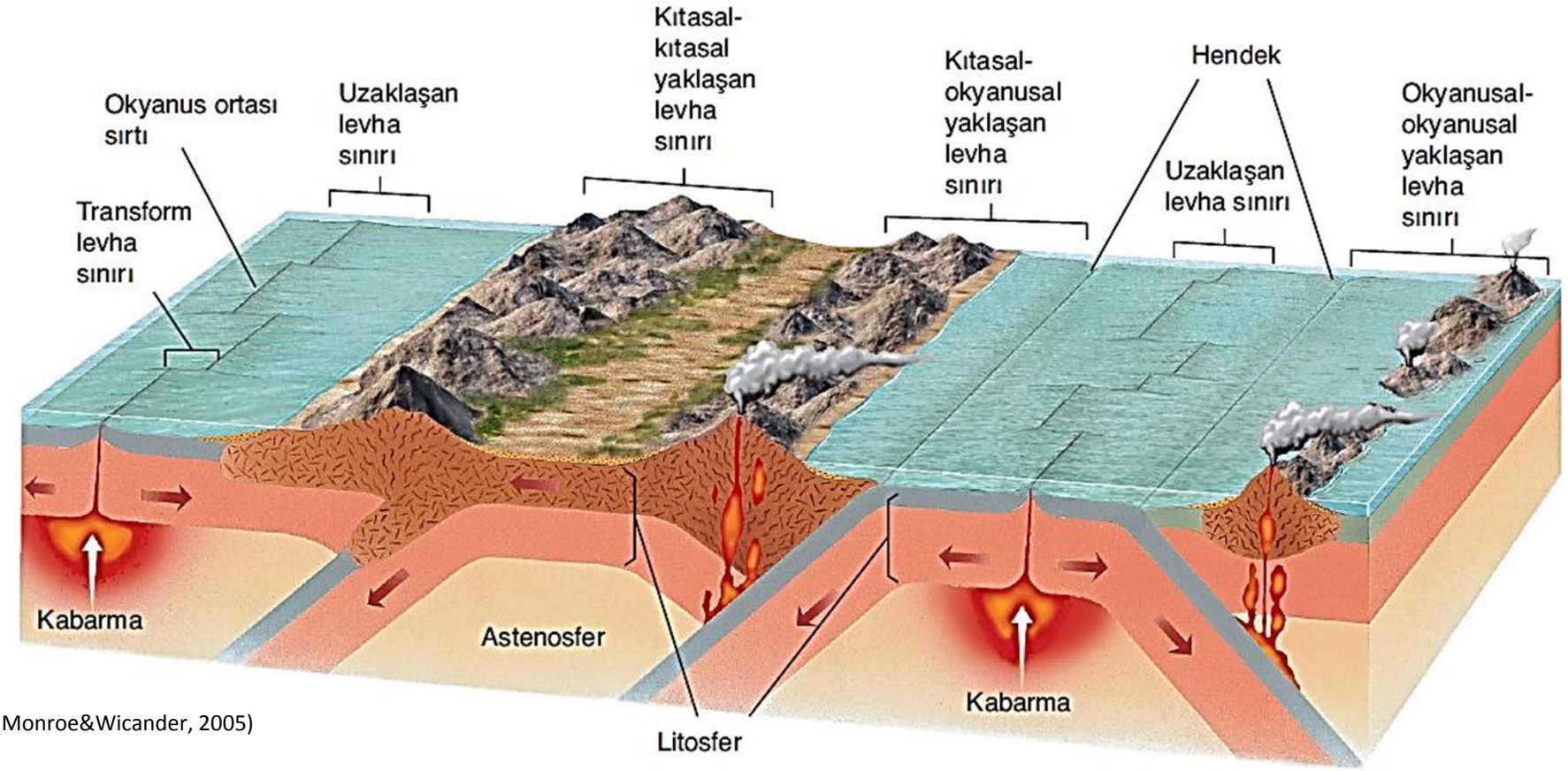
Biyolojide Darwin'in evrim kuramının neden olduğu devrimle kıyaslanabilir olan levha tektoniği kuramı- nın kabulü yer bilimlerinin önemli kilometre taşlarından birisi olarak bilinir. Levha tektoniği kuramı yeryuvarının bileşimini, yapısını ve iç süreçlerini küresel boyutta yorumlamaya bir pencere açar. Bu kuram, kıtalar ve okyanus havzalarının Yer'in içiyle birlikte gelişen litosfer – atmosfer - hidrosfer sisteminin parçası olduğu gerçeğine yol açmıştır. Jeolojide bir çığır açan levha tektoniği kuramı 1960'larda önerildiğinde, birbirleriyle ilgisiz gibi görünen birçok jeoloji olayının aslında birbirleriyle ilişkili olduğuna yönelik temel verileri sağlayabildiği için, jeolojinin tüm alanlarında önemli ve köklü gelişmelere neden olmuştur. Levha hareketleri yerkabuğunun temel özelliklerinden sorumlu olmasının yanında dünyada yaşayan canlıların dağılımı ve evrimi ile birlikte Yeryuvarı'nın doğal kaynaklarının oluşumunu ve varlığını da etkiler.

Levha tektoniği kuramının etkisi en çok yeryuvarı geçmişinin yorumlanmasında önem taşır. Örneğin Kuzey Amerika'nın doğusundaki Apalaş Dağları ile Grönland, İskoçya, Norveç ve İsveç'in sıradağları birbirlerinden bağımsız dağoluşum hareketlerinin sonucunda olmayıp, bunun yerine, tümü yaklaşık 245 milyon yıl önce eski "Atlas Okyanusu"nun kapanmasına ve Pangaea süper kıtasının oluşmasına bağlı olarak gelişen daha büyük bir dağoluşum hareketinin ürünüdür.



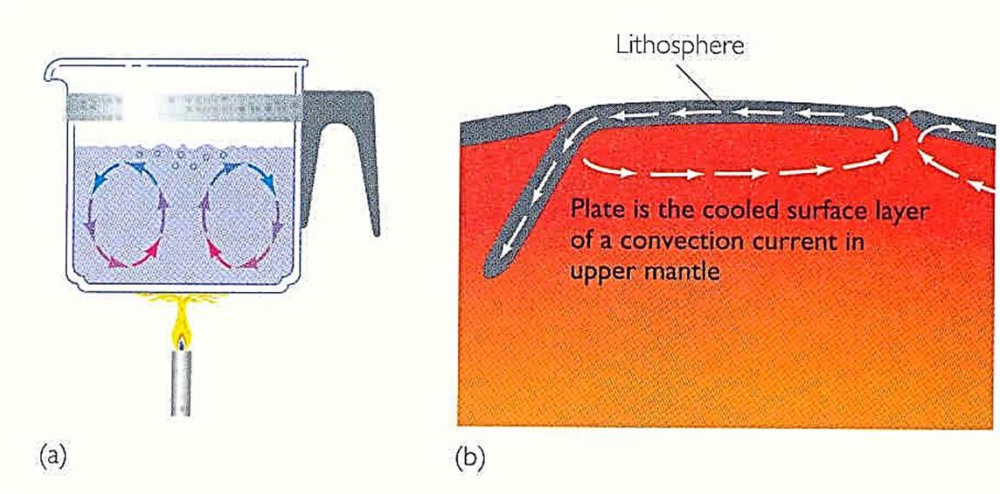
(Monroe&Wicander, 2005)

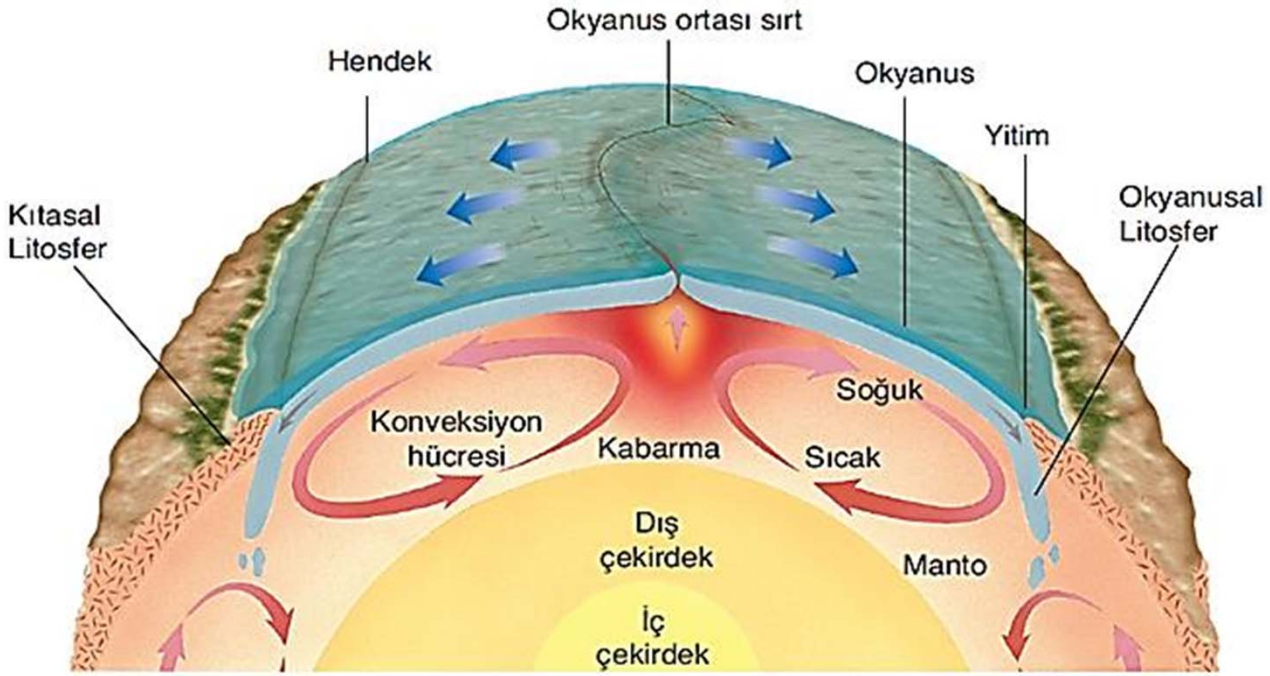

Juan de Fuca plate
North American plate
Reykjanes Ridge
Eurasian plate
Aleutian Trench
Kuril Trench
Sea of Japan
Rockies
Hellenic plate
Turkish plate
Adriatic plate
Iran plate
Himalayas
Philippine plate
Japan Trench
San Andreas Fault
Caribbean plate
Cocos plate
Arabian plate
Marianas Trench
Middle America Trench
Pacific plate
East African Rift Valley System
Bismark plate
Mid-Atlantic Ridge
New Hebrides Trench
Fiji plate
Java Trench
East Pacific Rise
Peru-Chile Trench
Andes
South American plate
Nazca plate
Indian-Australian plate
Solomons plate
African plate
Kemadec-Tonga Trench
Chile Rise
South East Indian Rise
Macquarie Ridge
Atlantic-Indian Ridge
Pacific-Antarctic Ridge
Antarctic plate
Ridge axis
Transform
Subduction zone
Zones of extension within continents
Uncertain plate boundary



(Monroe&Wicander, 2005)

Litosfer ve altındaki astenosfer ile üç ana levha sınır tipi (yakınlaşan, uzaklaşan ve transform) arasındaki ilişkiyi gösteren idealleştirilmiş bir kesit.





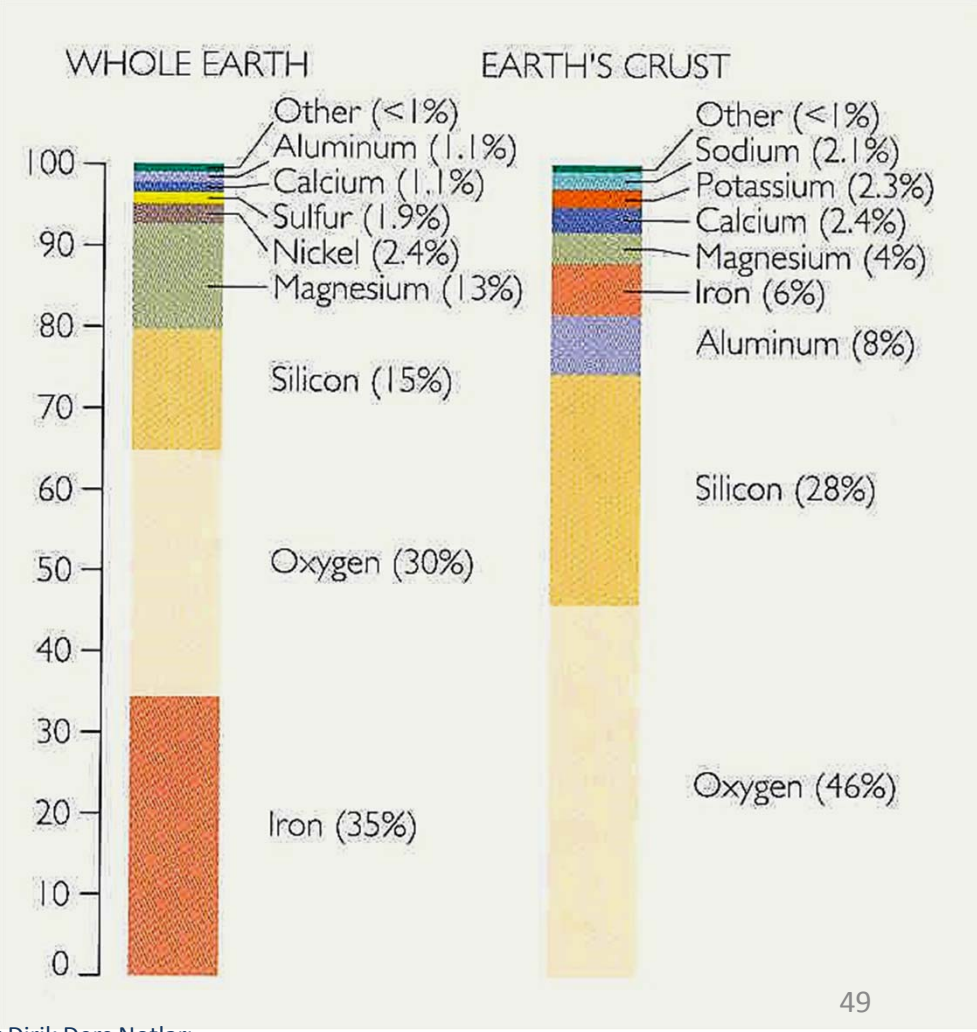
(Monroe&Wicander, 2005)

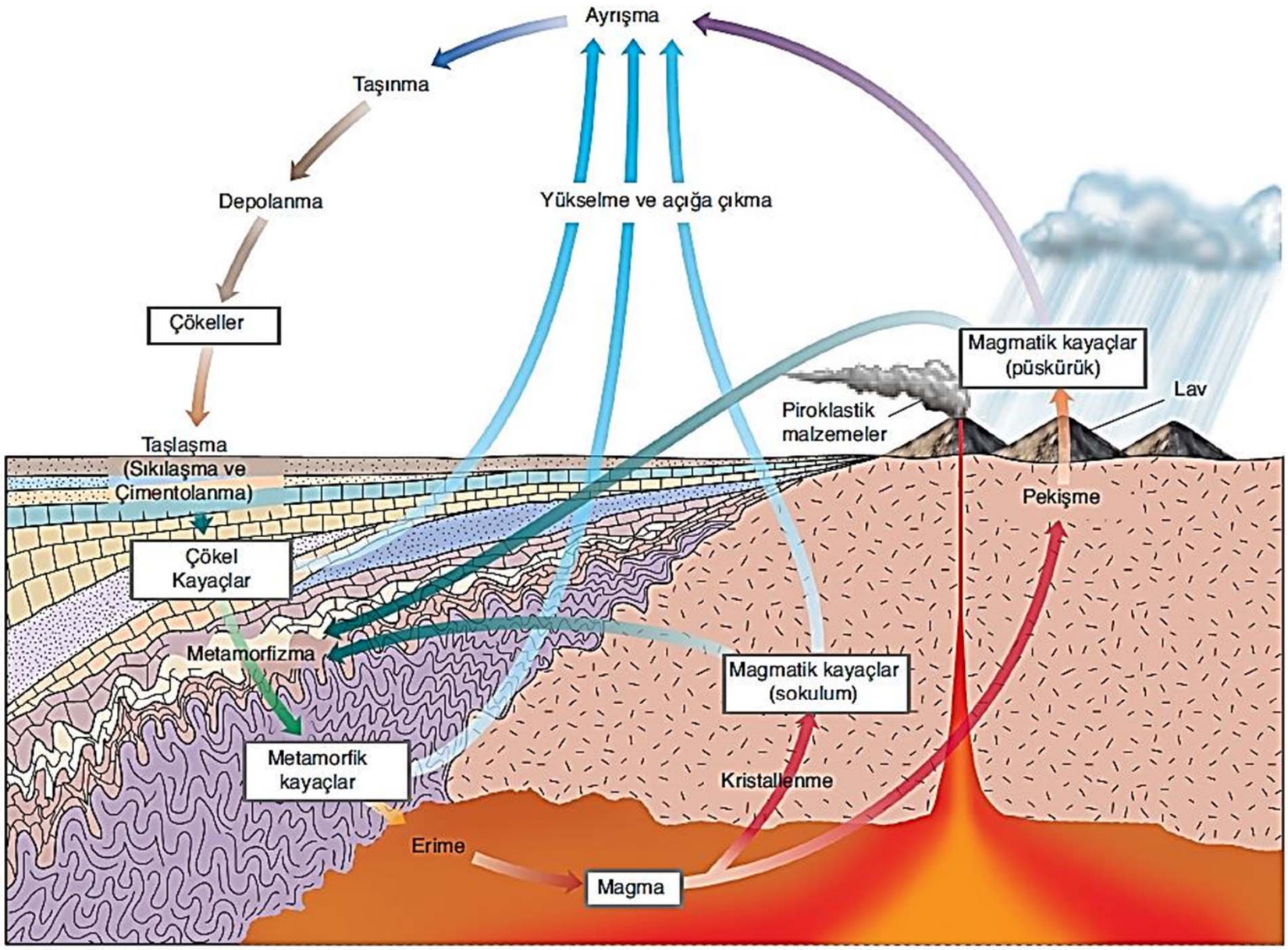
Şekil 1.11
Yeryuvarı levhalarının Yer'in içinde derinlerden gelen sıcak malzemenin yüzeye doğru çıkıp soğuması, sonra da ısı kaybı yüzünden yeniden yeryuvarının derinlerine geri döndüğü alttaki manto konveksiyon hücrelerinin sonucunda hareket ettiği düşünülür. Bu şematik kesitte gösterildiği gibi yeryuvarı levhalarının hareket mekanizmasının konveksiyon hücrelerinin hareketi olduğu düşünülmektedir.

KAYAÇ DÖNGÜSÜ

Kayaç*, belli fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip doğal olarak oluşan, inorganik, kristal katılar olan minerallerin bir yığışımıdır.** Mineraller oksijen, silisyum ve alüminyum gibi elementlerden oluşurken elementler en küçük parçacıklarında elementin tüm özelliklerini taşıyan atomlardan meydana gelir. 3500'den çok mineral belirlenip tanınmakla birlikte bunlardan yalnızca bir düzine kadarı Yerkabuğundaki kayaçları oluşturur. Her biri kendi oluşum şekliyle bilinen başlıca üç kayaç grubu vardır: ***magmatik, çökel (sedimanter) ve metamorfik. *Her grupta biri diğerinden bileşim ya da* doku (büyüklük, biçim ve mineral tanelerinin dizilimi) yönüyle farklı olan kayaç tipleri bulunur.

Kayaç döngüsü **Yeryuvarı'nın iç ve dış süreçleri arasındaki ilişkileri inceleme yöntemidir** (şekil 1.14). Kayaç döngüsü üç kayaç grubunu birbiriyle ilişkilendirir. Bu ilişkiler **ayrışma, taşınma** ve **birikme (çökelme)** gibi yeryüzü süreçleri ile **magma oluşumu (ergime)** ve **metamorfizma** gibi Yer içinde olan süreçlerdir. Levha hareketi kayaç malzemelerinin döngüsüne yol açıp kayaç döngüsünü harekete geçiren mekanizmadır.





(Monroe&Wicander, 2005)

■ **Şekil 1.14**

Yeryuvarı'nın iç ve dış süreçleri arasındaki ilişkileri ve üç ana kayaç grubunun birbiriyle ilişkisini gösteren kayaç döngüsü.

Magmatik kayaçlar, magma kristallenmesi ya da kül gibi volkanik malzemelerin birikip katılaşması ile oluşur. Magmanın soğuması ile mineraller kristallenir ve sonuçta mineralleri birbirleriyle girift özellikte bir kayaç oluşur. Magmanın Yer yüzeyinin altında yavaş soğuması sonucu ***sokulum magmatik kayaçlar*** *oluşur* (şekil 1.15a); magmanın yüzeyde soğuması durumunda ise ***püskürük magmatik kayaçlar*** oluşur *(*şekil 1.15b).

Yer yüzeyinde bulunan kayaçlar çeşitli ayrışma süreçleriyle ufalanır ve çözünürler. Ufalanan ve çözünen kayaç parçaları rüzgar, su ya da buzul gibi dış etmenlerle taşınarak sonunda ***çökel*** olarak biriktirilir. Bu çökelen malzemeler daha sonra sıkışıp çimentolanarak çökel kayaçları haline gelir.

Çökel kayaçlar üç şekilde oluşur: **i)** ufalanmış kayaç parçacıklarının katılaşması, **ii)** eriyikte çözünmüş halde bulunan mineral malzemelerinin çökelmesi, **iii)** bitki ya da hayvan kalıntılarının çökelmesi (şekil 1.15c, d). Çökel kayaçlar Yeryuvarı'nın yüzeyinde ya da yüzeye çok yakın bir derinlikte oluştuğundan, bunların oluşum ortamları, bulundukları yere neyin taşıdığı ve hatta çökellerin geldiği kaynağın üzerine çıkarımlar yapılabilir. Bu nedenle çökel kayaçlar özellikle Yeryuvarı'nın geçmişinin açığa kavuşmasında oldukça yararlıdır.

Metamorfik kayaçlar çoğunlukla Yer yüzeyinin altında ısı, basınç ve akışlkanların kimyasal etkinliği sonucu diğer kayaçlar›n değişimi ile oluşur. Örneğin mermer, çökel bir kayaç olan kireçtaşı ya da dolotaşının metamorfizma yapıcı etkiler altında kalması sonucu oluşan metamorfik bir kayaçtır. Metamorfik kayaçlar ya ***foliasyonlu*** (şekil 1.15e) ya da ***foliasyonsuz****dur* (şekil 1.15f). ***Foliasyon*** basınçtan dolayı minerallerin paralel dizilimi olup kayaca katmanlı ya da bantlı bir görünüm kazandırır.

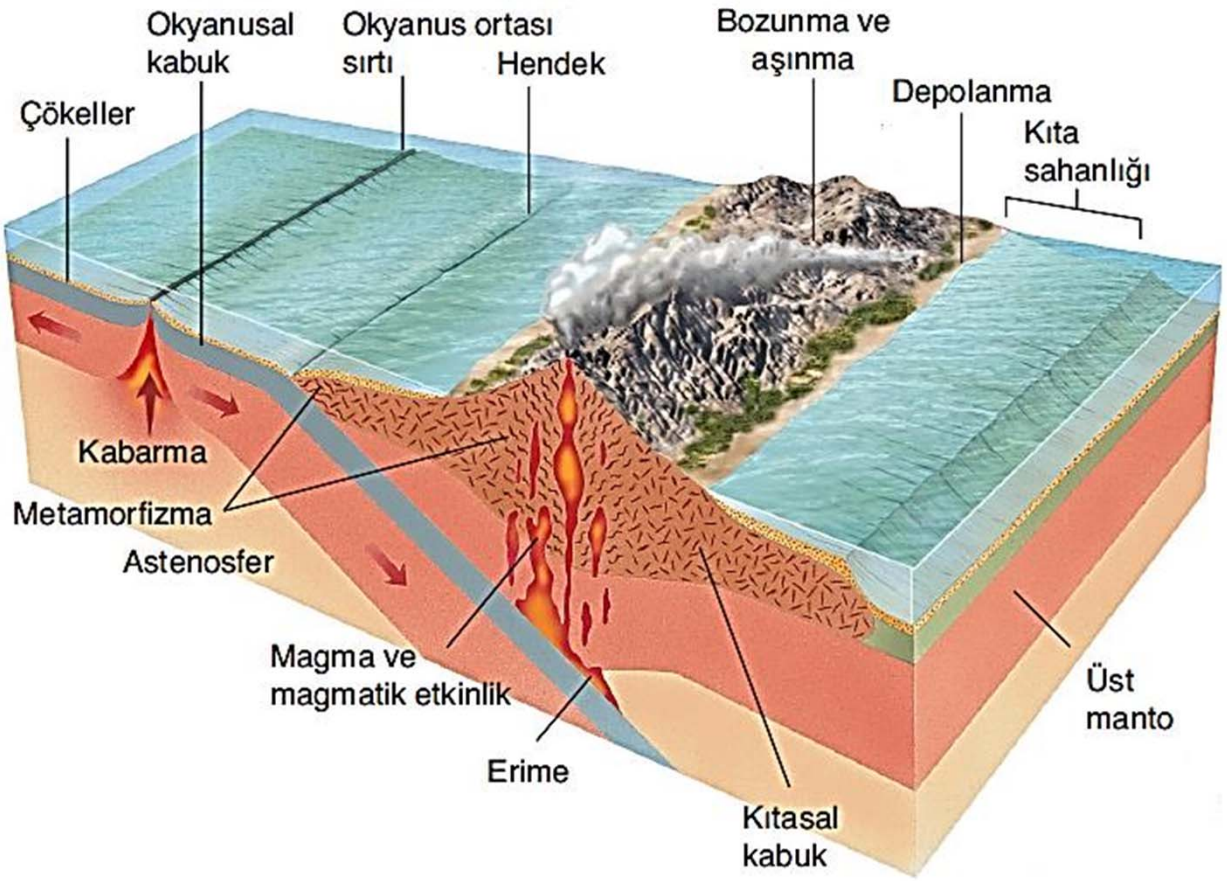


■ **Şekil 1.15**

Yaygın magmatik (a, b), çökel (c, d) ve metamorfik (e, f) kayaçların el örnekleri. (a) Granit, bir magmatik sokulum kayacı. (b) Bazalt, bir magmatik püskürük kayaç. (c) Konglomera, kayaç parçalarının katılaşıp pekişmesiyle oluşan çökel bir kayaç. (d) Kireçtaşı, mineral malzemelerin deniz suyundan organizmalarla çekilmesi ya da inorganik olarak deniz suyundan kalsit mineralinin çökelmesi ile meydana gelir. (e) Gnays, foliasyonlu bir metamorfik kayaç. (f) Kuvarsit, foliasyonsuz bir metamorfik kayaç.

(Monroe&Wicander, 2005)

LEVHA TEKTONİĞİ VE KAYAÇ DÖNGÜSÜ



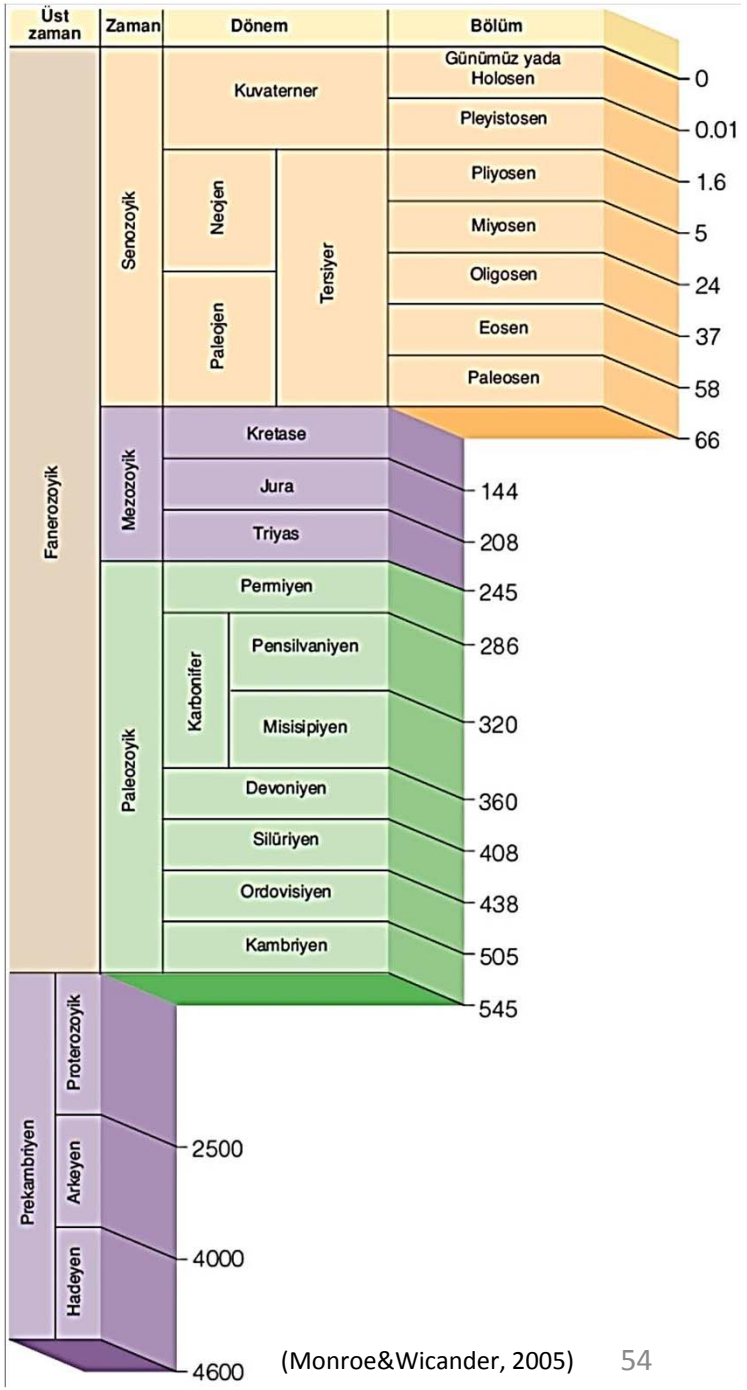
Şekil 1.16

Levha tektoniği ve kayaç döngüsü. Kesit magmatik, metamorfik ve çökel olarak sınıflanan üç ana kayaç grubunun kıta ve okyanus bölgelerinde nasıl bir döngü içinde bulunduğunu gösteriyor.

(Monroe&Wicander, 2005)

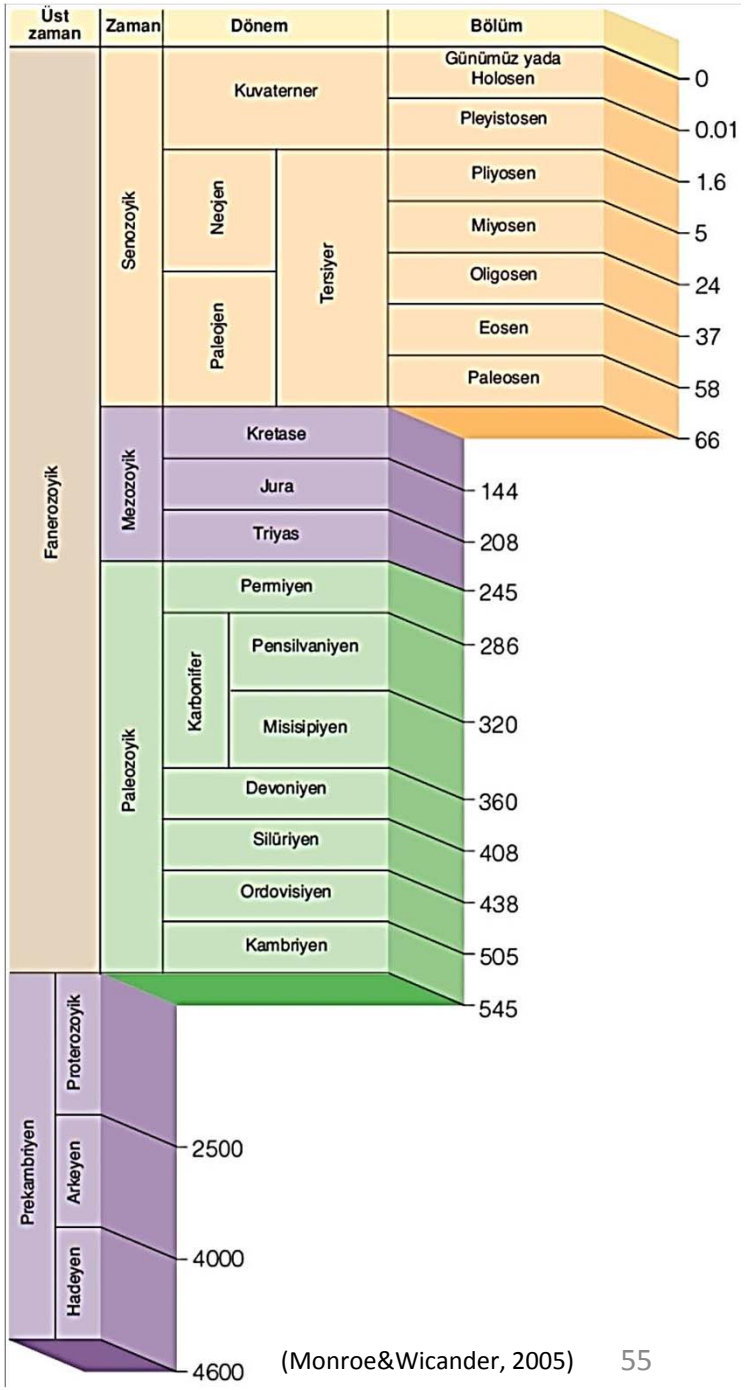
JEOLOJİK ZAMAN

Jeolojik zamanın büyüklüğünün farkına varılması Yeryuvarı' nın ve canlıların evriminin anlaşılmasının temelini oluşturur. Zaman gerçekten de jeolojiyi, astronomi dışında öteki bilim dallarından ayrı kılan en önemli yanlardan biridir. Çoğu kimse olaylara saniye, saat, gün ve hatta yıl gibi insan bakış açısıyla baktığından jeolojik zamanı kavramakta güçlük çeker. Eski tarih denince insanların aklına genelde yüzlerce hatta binlerce yıl önce olan olaylar gelir. Ama biz eski jeolojik geçmişten söz ettiğimizde yüzlerce milyon hatta milyarlarca yıl önce olmuş olaylardan bahsederiz. Bize göre yakın geçmiş son bir milyon sene içindeki jeolojik olayları kapsar. Yeryuvarı'nın, insan ömründen çok daha uzun süreli döngüler yoluyla ilerlediğini hatırda tutmak da önemlidir. İnsan türü üzerinde afet niteliğinde etkilere sahip olmasına karşın küresel ısınma ve soğuma, son 1.6 milyon yılda sayısız buzul ilerlemesi ve çekilmesiyle sonuçlanan daha büyük bir döngünün parçasıdır.



(Monroe&Wicander, 2005)

Jeolojik zaman cetveli 19. Yüzyılda Jeologların çok sayıda kayaç yüzleğinden aldıkları bilgileri derleyip zaman içinde Yeryüzü canlılarındaki değişimlere göre oluşturdukları sıralı bir kronoloji çalışmasıdır. Ardından 1895 yılında radyoaktivitenin keşfi ve çeşitli radyometrik yaşlandırma yöntemlerinin geliştirilmesiyle Jeologlar jeolojik zamanın alt bölümlerini yıl mertebesinde olacak şekilde mutlak yaş verebilecek duruma gelmiştir.



(Monroe&Wicander, 2005)

KATASTROFİZM

17. ve 18. yüzyıllarda kıyamet kurgusu (katastrofizm) insanların Dünya ile ilgili düşüncelerini derinden etkilemiştir. Katastrofistler Dünya'nın yüzey şekillerinin başlıca büyük felaketler sonucunda ve çok kısa zaman aralığında oluştuğuna inanıyorlardı.

UNİFORMİTARYANİZM

James Hutton adında İskoçyalı bir hekim ve zengin bir çiftçi, 1795'te Dünya'nın teorisi adlı eseri (Theory of the Earth) yayımladı. Bu çalışmasında Hutton günümüzde jeolojinin temel dayanağı olan bir ana ilkeyi ortaya koydu: **üniformitaryanizm (birörneklilik)**. Bu ilke ***günümüzde işleyen fizik, kimya ve biyoloji kanunları jeolojik geçmişte de işlemiştir*** demektir. (***günümüz süreçlerinin jeolojik zaman süresince de işler / GÜNÜMÜZ GEÇMİŞİN ANAHTARIDIR*).** Bu yüzden geçmişe ait jeoloji verilerini anlamak ve bunları doğru yorumlayabilmek için günümüz olaylarının ve bunların sonuçlarının doğru anlaşılıp değerlendirilmesi gerekir. Gerçekte, üniformitaryanizm Yer'i incelemek için izlediğimiz sistem yaklaşımına tam olarak uyar. Üniformitaryanizm geçmişi yorumlama ve gelecekteki potansiyel olayları öngörmede günümüz süreçlerini kullanmamızı mümkün kılan güçlü bir ilkedir.

Bununla birlikte üniformitaryanizm volkanik püskürmeler, depremler, heyelanlar ya da taşkınlar gibi ani ya da afet niteliğindeki yıkıcı olayları dışlamaz. Bunlar günümüz dünyasını şekillendiren süreçler olup bazı Jeologlar Yeryuvarı'nın geçmişini bu tür kısa dönemli ya da kesikli bir olaylar dizisi olarak görür. Bu yaklaşım kesinlikle çağdaş üniformitaryanizm ilkesiyle uyum içindedir. Bunun ötesinde üniformitaryanizm jeolojik süreçlerin şiddetinin ve sıklığının tüm jeolojik zamanlar süresince aynı olmasını gerektirmez. Volkanik etkinliklerin 5-10 milyon yıl öncesinde Kuzey Amerika'da günümüzden daha şiddetli olduğunu ve buzullaşmanın son birkaç milyon yılda daha önceki 300 milyon yıla göre daha yaygın olduğunu biliyoruz. Üniformitaryanizm her ne kadar jeolojik süreçlerin sıklığı ve şiddeti geçmişte farklılıklar göstermişse de doğanın fiziksel ve kimyasal yasalarının aynı kaldığı anlamındadır. Dünya bugün ve oluştuğundan bu yana hareketli bir değişim halinde ise de Yer'i geçmişte biçimlendiren süreçler bugünkü süreçlerle aynıdır.